



## **PRONY RESOURCES NEW CALEDONIA**

### **PORTER A CONNAISSANCE - PROJET LUCY 2.0**

Octobre 2023



## **PORTER A CONNAISSANCE - PROJET LUCY 2.0**

**Commune de Yaté**

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIF .....</b>	<b>1</b>
1.1.	Rappel du projet Lucy 1.0 : Ancien design de HATCH .....	1
1.2.	Présentation succincte du projet Lucy 2.0 : Nouveau design de MECATER .....	6
1.3.	Historique des modifications .....	8
1.4.	Objectif du Porter à connaissance du projet Lucy 2.0 .....	18
<b>2</b>	<b>IDENTITE DU DEMANDEUR.....</b>	<b>19</b>
2.1.	Dénomination et raison sociale .....	19
2.2.	Représentant légal .....	19
2.3.	Contacts .....	19
<b>3</b>	<b>CADRE REGLEMENTAIRE .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>PLAN DE PRODUCTION ET ESTIMATION DE LA DUREE DE VIE DU PARC A RESIDUS KO2 .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>JUSTIFICATION DU CHOIX DU PROJET LUCY 2.0 .....</b>	<b>24</b>
5.1.	Rappel historique du projet LUCY et statut à fin juin 2020.....	24
5.2.	Capacité actuelle du parc à résidus KO2 .....	24
5.3.	Nouveaux besoins opérationnels.....	25
5.4.	Etude LUCY 2.0 - Phase 1 .....	26
5.4.1.	Localisation des épaisseurs et capacités de stockage révisées .....	26
5.4.2.	Nouvelle stratégie de déposition.....	27
5.4.3.	Confortement du barrage KO2 .....	28
5.5.	Etude du projet LUCY 2.0 - Phase 2.....	30
5.6.	Calendrier d'exécution de la phase 1 et enjeux pour PRNC .....	30
<b>6</b>	<b>PRESENTATION DETAILLEE DE LA VERSE LUCY 2.0 .....</b>	<b>31</b>
6.1.	Principes de dimensionnement de la verse Lucy 2.0 .....	31
6.1.1.	Production des résidus asséchés .....	31
6.1.2.	Caractéristiques géométriques .....	31
6.2.	Etapas de construction de la verse Lucy 2.0 .....	32
6.3.	Phase de stockage provisoire .....	34
6.3.1.	Historique et position actuelle de la verse DWP1 .....	34
6.3.2.	Construction de la verse DWP1 « Phase 2 ».....	35
6.4.	Description de la zone aval du barrage KO2 (emprise de la verse Lucy 2.0 et des infrastructures associées).....	37
6.5.	Description des travaux préparatoires de la zone aval du barrage KO2 .....	38
6.5.1.	Traitement des infrastructures existantes et des zones marécageuses .....	39
6.5.2.	Extension des réseaux existants du barrage KO2 .....	42
6.5.3.	Construction des systèmes de drainage de la verse Lucy 2.0.....	48
6.6.	Méthode de construction de la verse Lucy 2.0 .....	56

6.6.1. Principes généraux .....	56
6.6.2. Zones de stockage .....	56
6.6.3. Méthode de stockage dans les casiers .....	58
6.6.4. Gestion des eaux de la verse .....	60
6.7. Travaux de fermeture et de réhabilitation de la verse Lucy 2.0 .....	62
6.7.1. Fermeture et réhabilitation de la verse .....	62
6.7.2. Fermeture et réhabilitation des bassins des eaux de contact .....	63
6.8. Matériaux constitutifs des ouvrages .....	63
6.9. Justifications géotechniques de la verse Lucy 2.0 .....	64
6.9.1. Démarche de calcul et critères de stabilité .....	64
6.9.2. Synthèse des résultats des calculs de la stabilité au grand glissement de la verse Lucy 2.0 .....	66
6.10. Justifications hydrodynamiques .....	67
6.10.1. Critères de design hydrodynamique .....	67
6.10.2. Présentation des résultats .....	71
6.11. Description et justifications du dispositif d'auscultation .....	73
6.11.1. Réseau d'auscultation .....	73
6.11.2. Localisation des instruments .....	75
6.11.3. Les éléments déclencheurs et les seuils définis par le TARP de la verse Lucy 2.0 .....	75
<b>7 FONCTIONNEMENT DU PARC A RESIDUS KO2 PENDANT LA CONSTRUCTION DE LA VERSE LUCY 2.0 .....</b>	<b>77</b>
7.1. Difficultés techniques liées à la fermeture du parc à résidus KO2 .....	77
7.2. Bilan Hydrique : Etude MECATER .....	77
7.2.1. Bilan hydrique du parc à résidus KO2 .....	78
7.2.2. Vérification des seuils d'alerte et des plans d'action associés .....	84
7.3. Bilan hydrique du parc à résidus KO2 réalisé par PRNC .....	85
7.4. Fermeture du parc à résidus KO2 réalisé par PRNC .....	90
<b>8 PRESENTATION DES MODIFICATIONS APORTEES AU NIVEAU DE L'USINE .....</b>	<b>92</b>
8.1. Justification des modifications .....	92
8.2. Plan de localisation du stockage .....	93
8.3. Description de l'installation .....	93
8.3.1. Déchargement et stockage temporaire des résidus asséchés .....	93
8.3.2. Reprise des résidus .....	96
8.4. Gestion des eaux de la plateforme .....	96
<b>9 IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET .....</b>	<b>97</b>
9.1. Introduction et objet .....	97
9.2. Méthodologie proposée pour l'évaluation des impacts .....	98
9.2.1. Définition des aires d'étude .....	98
9.2.2. Définition des niveaux d'enjeux des composantes environnementales .....	98
9.2.3. Identification et évaluation des impacts environnementaux .....	99
9.2.4. Propositions de mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) .....	101
9.3. Etat initial des eaux de surface et des eaux souterraines de la zone d'étude .....	102
9.3.1. Rappel du contexte hydrologique de la zone d'étude .....	102
9.3.2. Rappel du contexte hydrogéologique de la zone d'étude .....	103



9.3.3. Relations nappe/cours d'eau .....	103
9.3.4. Limites environnementales retenues pour l'évaluation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines.....	104
9.3.5. Qualité des eaux souterraines .....	105
9.3.6. Extension actuelle du panache de polluant issu du parc à résidus KO2 (sans projet Lucy) 112	
9.3.7. Composition actuelle du panache de polluant issu du parc à résidus KO2.....	114
9.3.8. Qualité des eaux de surface .....	114
9.3.9. Analyse de l'état écotoxicologique actuel des eaux de surface .....	118
9.3.10. Synthèse des enjeux liés aux eaux de surface et aux eaux souterraines .....	119
9.4. Impact du projet de construction de la verse Lucy 2.0 sur les eaux souterraines et les eaux de surface et les mesures proposées : .....	119
9.4.1. Identification des impacts et des sources d'impacts.....	119
9.4.2. Description détaillée des impacts en phase exploitation de la verse Lucy 2.0 .....	121
9.4.3. Mesures envisagées.....	129
9.4.4. Evaluation des impacts résiduels pendant la phase d'exploitation .....	129
9.5. Impacts cumulatifs du projet Lucy 2.0 sur la rivière Kwé Ouest et Kwé principale .....	131
9.5.1. Impact cumulatif du projet Lucy 2.0 sans tenir compte du parc à résidus KO2 .....	131
9.5.2. Impact cumulatif du projet Lucy 2.0 en tenant compte du parc à résidus KO2 .....	132
9.6. Comparaison de la performance des projets Lucy 1.0 et Lucy 2.0.....	135
9.7. Résumé et conclusion .....	136

## **10 ANALYSE DES DANGERS DU PROJET .....138**

10.1. Introduction .....	138
10.2. Phasage considéré dans l'analyse des risques .....	139
10.3. Méthodologie adoptée pour l'analyse des risques.....	139
10.3.1. Etapes de l'analyse des risques.....	139
10.3.2. Mesures de Maitrises des Risques (MMR).....	140
10.3.3. Evaluation de la probabilité d'occurrence d'un scénario.....	143
10.3.4. Evaluation de la gravité des conséquences humaines et environnementales d'un scénario 144	
10.3.5. Evaluation de la cinétique d'un scénario.....	145
10.3.6. Matrice des risques.....	146
10.4. Identification des potentiels de dangers .....	146
10.5. Modélisation de rupture du barrage KO2 et de la verse Lucy .....	147
10.6. Synthèse de l'analyse des risques .....	147
10.6.1. Analyse préliminaire des risques .....	147
10.6.2. Analyse détaillée des risques .....	155
10.6.3. Etude de réduction des risques .....	156
10.7. Résumé et conclusion .....	158

## FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet Lucy (Mecater ; 2022).....	1
Figure 2 : Schéma de principe des produits traités à l'usine DWP2 [1] .....	2
Figure 3 : Vue 3D du parc à résidus KO2 en fin d'exploitation _ Projet Lucy 1.0 présenté en 2016 [2].....	2
Figure 4 : Vue en plan et coupe du futur parc à résidus englobant la berme actuelle [1].....	3
Figure 5 : Principe de la couche de transition drainante [1].....	4
Figure 6 : Mise en place du système de drainage [1].....	4
Figure 7 : Vue en plan & Coupe des bassins des eaux de contact _ Projet Lucy 1.0 [1].....	5
Figure 8 : Vue 3D de l'aménagement général de la verse Lucy 2.0 [3] .....	6
Figure 9 : Coupe de la verse Lucy 2.0 [3].....	7
Figure 10 : Détail de la géométrie du talus de la verse 2.0 [3].....	7
Figure 11 : Vue en plan des ouvrages projetés en zone aval dans le cadre des travaux préparatoires préalables à la mise en verse .....	17
Figure 12 : Calendrier d'exécution de la phase 1.....	30
Figure 13 : Vue 3D du design de la verse DWP1.....	34
Figure 14 : Photo aérienne de la verse DWP1 à l'état actuel.....	35
Figure 15 : Verse à résidus DWP1 _ Phase 2.....	35
Figure 16 : Coupe type de la verse DWP1 « Phase 2 » - Coupe A-A'.....	36
Figure 17 : Infrastructures et installations existantes dans la zone aval du barrage KO2 (Mecater 2022).....	37
Figure 18 : Vue en plan du traitement du creek KO2.....	39
Figure 19 : Vue en plan des travaux de comblement de la carrière Audemard .....	41
Figure 20 : Coupes Types des drains de la carrière Audemard.....	41
Figure 21 : Schéma de localisation des ouvrages de drainage.....	43
Figure 22 : Coupe type de l'ouvrage d'extension des drains de pied et des conduites du réseau de sous drainage de KO2...	44
Figure 23 : Coupe longitudinale du nouveau puits de pompage .....	45
Figure 24 : Coupe type du drain horizontal 220N.....	46
Figure 25 : Coupe type de la tranchée du drain 206 S.....	46
Figure 26 : Vue en plan de la dérivation Sud permanente au droit de la verse Lucy 2.0 .....	47
Figure 27 : Coupe type du canal trapézoïdal.....	48
Figure 28 : Coupe type de la piste drainante.....	48
Figure 29 : Système de collecte des eaux de percolation (lixiviats)_ Solution alternative : Utilisation du géocomposite de drainage.....	51
Figure 30 : Vue 3D de l'aménagement général des bassins d'eaux de contact (Mecater 2022).....	51
Figure 31 : Vue en plan des bassins d'eaux de contact (Mecater 2022).....	52
Figure 32 : Photos d'un exemple de système de vidange des bassins par clarinette.....	52
Figure 33 : Trappes métalliques.....	53
Figure 34 : Systèmes de détection des fuites et d'étanchéité aménagés au niveau des bassins d'eaux de contact .....	54
Figure 35 : Coupe type de la piste d'accès au bassin Nord.....	55
Figure 36 : Implantation des ouvrages de drainage de la piste NCWP .....	55
Figure 37 : Coupe type de la verse.....	56
Figure 38 : Zones de stockage .....	57
Figure 39 : Renfort externe .....	58
Figure 40 : Renfort interne- zone de stockage période pluvieuse.....	58
Figure 41 : Renfort interne- zone de stockage période sèche.....	58

Figure 42: Méthode de stockage des résidus asséchés.....	59
Figure 43: Sens de poussage des résidus .....	60
Figure 44 : Principe de gestion des eaux au niveau des casiers de stockage.....	61
Figure 45 : Gestion des eaux à l'intérieur des casiers.....	61
Figure 46 : Travaux de réhabilitation de la verse.....	62
Figure 47 : Dispositif d'auscultation de la verse Lucy 2.0 et de sa fondation.....	76
Figure 48 : Schéma conceptuel des flux d'eau des différentes installations - Structure du bloc « Bilan hydrique » [14].....	79
Figure 49 : Evolution prévisionnelle du niveau d'eau dans le parc à résidus KO2 avec bypass 10 % (pompage 1700 m <sup>3</sup> /h à raison de 24h par jour) [14].....	81
Figure 50 : Evolution prévisionnelle du niveau d'eau dans le parc KO2 avec bypass 10% (pompage 2000 m <sup>3</sup> /h à raison de 24h par jour) [14].....	82
Figure 51 : Variation du volume d'eau dans le parc et du Delta Kwé calculé .....	85
Figure 52 : Bilan d'eau sans Lucy _ PRNC (Décembre 2022).....	87
Figure 53 : Bilan d'eau avec le projet Lucy et une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 2500 m <sup>3</sup> /h_ PRNC (Décembre 2022).....	88
Figure 54 : Bilan d'eau avec le projet Lucy et une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 3000 m <sup>3</sup> /h_ PRNC (Décembre 2022).....	89
Figure 55 : Principe de fermeture du parc à résidus KO2.....	91
Figure 56 : Plan de masse de l'aire de stockage temporaire des résidus asséchés : Lucy 2.0 .....	93
Figure 57 : Plan de masse de l'aire de stockage temporaire des résidus asséchés : Lucy 1.0 .....	93
Figure 58 : Vue isométrique du stockage temporaire de résidus asséchés.....	94
Figure 59 : Extrait du PFD.....	95
Figure 60 : Chargeuse frontale de type CAT-988.....	96
Figure 61 : Emprise du projet Lucy et délimitation des sous-bassins versants [25].....	102
Figure 62 : carte de localisation des piézomètres de suivi.....	107
Figure 63 : carte de localisation des piézomètres de suivi complémentaires.....	108
Figure 64 : Carte de localisation des stations de suivi de la qualité des eaux souterraines en aval du parc à résidus KO2 .....	109
Figure 65 : Visualisation du nuage de sulfates en provenance du parc à résidus KO2 (PRNC 2016).....	113
Figure 66 : Stations de suivi physicochimique des eaux de surface de la kwé ouest (3D, 3B, 3 E, KOL, 4N), Kwé nord (4M), Kwé est (KE05) et Kwé principale (1A et 1 E) .....	115
Figure 67 : Comparaison des chimies élémentaires entre la phase liquide des résidus (humides et asséchés) et les eaux naturelles dans le secteur de Goro .....	120
Figure 68 : Variation du volume d'eau dans le bassin des eaux de contact Central (Série standard : série de pluies probabilistes générées sur 100 ans)[14].....	125
Figure 69: Volumes de débordement non contrôlé du bassin des eaux de contact Central vers l'environnement - Série standard (série de pluies probabilistes générées sur 100 ans) [14].....	125
Figure 70 : Localisation des stations KOL et KAL, utilisées pour l'évaluation de l'impact du projet LUCY sur la qualité des eaux de surface .....	127
Figure 71 : Nœud papillon.....	140

## TABLEAUX

Tableau 1 : Modifications entre le projet Lucy 1.0 et le projet Lucy 2.0.....	9
Tableau 2 : Classement des activités et produits du projet selon la nomenclature ICPE.....	20
Tableau 3 : Plan de production : Novembre 2022 .....	23
Tableau 4 : Mise à jour des paramètres entrants du design du projet LUCY 2.0.....	24
Tableau 5 : Paramètres retenus pour l'estimation de la capacité actuelle du parc à résidus KO2 .....	25
Tableau 6 : Coefficients de sécurité recommandé pour divers scénarii .....	28
Tableau 7 : Synthèse des caractéristiques géométriques de la verse Lucy 2.0 .....	31
Tableau 8 : Etapes de construction de la verse Lucy 2.0.....	32
Tableau 9 : Volume des matériaux stockés dans la verse Lucy 2.0 .....	33
Tableau 10 : Installations existantes dans la zone aval du barrage KO2 et leur devenir durant la phase préparatoire.....	37
Tableau 11 : Description des travaux préparatoires .....	39
Tableau 12 : Caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage d'extension du réseau de sous drainage existant et des drains de pied KO2.....	44
Tableau 13 : Caractéristiques hydrauliques de l'extension des drains horizontaux 220N et 206S.....	46
Tableau 14 : Débits intercepté par chaque drain & Système de drainage retenu.....	49
Tableau 15 : Caractéristiques des bassins d'eaux de contact .....	54
Tableau 16 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents renforts internes et externes .....	58
Tableau 17 : Besoins en matériaux .....	63
Tableau 18 : Démarche de l'analyse de stabilité de la verse Lucy 2.0 selon les recommandations de l'ANCOLD 2019 .....	65
Tableau 19 : Synthèse des résultats des calculs de stabilité de la verse Lucy 2.0 .....	66
Tableau 20 : Caractéristiques hydrauliques et hydrodynamiques des différents matériaux .....	67
Tableau 21 : Caractéristiques des modèles hydrodynamiques étudiés .....	69
Tableau 22 : Synthèse des résultats de modélisation .....	71
Tableau 23 : Présentation du réseau d'auscultation .....	74
Tableau 24 : Volumes entrants et sortants du parc à résidus KO2 [14].....	78
Tableau 25 : Paramètres introduits - Parc à résidus KO2 [14].....	80
Tableau 26 : Paramètres introduits - Parc à résidus KO2 [14].....	92
Tableau 27 : Matrice pour la détermination du niveau d'enjeu de chaque composante environnementale .....	98
Tableau 28 : Grille d'évaluation de l'intensité d'un impact résiduel .....	100
Tableau 29 : Grille d'évaluation de l'importance de l'impact résiduel .....	101
Tableau 30 : Fond géochimique en fonction de la géologie et pour les eaux superficielles .....	105
Tableau 31 : Répartition des piézomètres .....	106
Tableau 32 : Paramètres et périodicité de l'autosurveillance des piézomètres.....	110
Tableau 33 : Paramètres et périodicité de l'autosurveillance des sources .....	110
Tableau 34 : Paramètres et périodicité de l'autosurveillance des eaux de surface.....	116
Tableau 35 : Seuil écotoxicologiques des effluents étudiés.....	118
Tableau 36 : Synthèse des enjeux liés aux eaux souterraines et eaux de surface .....	119
Tableau 37 : Fond hydrochimiques et seuil écotoxicologiques des effluents étudiés .....	121
Tableau 38 : Ratio L/S relatif à la verse Lucy 2.0 [11]. .....	123
Tableau 39 : Concentrations en effluents calculés sur les résidus asséchés (verse Lucy 2.0)[11].....	123
Tableau 40 : Débits de fuite à travers les deux géomembranes des bassins d'eaux de contact [11] .....	124

Tableau 41 : Concentrations en effluents majeurs dissouts (Ca, Mg et SO <sub>4</sub> ) et en métaux (CrVI) retenues pour les CWP [11]	124
Tableau 42 : Taux de débordement Lucy 1.0 et Lucy 2.0	126
Tableau 43 : Fréquence de dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (Verse Lucy 2.0 avec absence du système de collecte des eaux de percolation)	128
Tableau 44 : Fréquence des dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (Verse Lucy 2.0 en fonctionnement optimale)	128
Tableau 45 : Fréquence de dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (Fuite au niveau des bassins des eaux de contact)	128
Tableau 46 : Evaluation des impacts résiduels sur les eaux souterraines en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0	130
Tableau 47 : Evaluation des impacts bruts potentiels sur les eaux de surface en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0	130
Tableau 48 : Fréquence des dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (fonctionnement optimal) - Projet Lucy 2.0 sans parc KO2	132
Tableau 49 : Fréquence de dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (dysfonctionnement ou absence du système de collecte des eaux de percolation) - Projet Lucy 2.0 sans parc KO2	132
Tableau 50 : Evaluation des impacts cumulatifs résiduels sur les eaux de surface en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0 (sans parc à résidus KO2)	132
Tableau 51 : Modalités simulées	133
Tableau 52 : Fréquence des dépassements des seuil au niveau de la station KOL (Verse Lucy 2.0 et parc à résidus KO2)	133
Tableau 53 : Fréquence des dépassements des seuil au niveau de la station KAL (Verse Lucy 2.0 et parc à résidus KO2)	134
Tableau 54 : Evaluation des impacts cumulatifs résiduels sur les eaux de surface en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0 (avec parc à résidus KO2)	135
Tableau 55 : Paramètres utilisés du modèle Lucy 1.0	135
Tableau 56 : Comparaison des fréquences des dépassement des seuils au niveau de la station KOL	136
Tableau 57 : Tableau de référence des MMR existantes, de leur fonction et de leur décote	141
Tableau 58 : Echelle de probabilité (arrêté du 29 septembre 2005)	144
Tableau 59 : Grille d'évaluation du niveau de gravité des conséquences humaines utilisé dans l'étude de dangers	145
Tableau 60 : Grille d'évaluation du niveau de gravité des conséquences environnementales utilisé dans l'étude de dangers	145
Tableau 61 : Grille d'évaluation du niveau de gravité des conséquences humaines utilisé dans l'étude de dangers	146
Tableau 62 : Evènements redoutés identifiés pendant la phase des travaux préparatoires	148
Tableau 63 : Evènements redoutés identifiés (phase de confortement)	149
Tableau 64 : Evènements redoutés identifiés pendant la phase finale	151
Tableau 65 : Evènements redoutés identifiés pendant la phase de fermeture	153
Tableau 66 : Tableau de synthèse des scénarios de l'ADR	155
Tableau 67 : Positionnement des 18 scénarios de l'ADR sur la matrice des risques humains	156
Tableau 68 : Positionnement des 18 scénarios de l'ADR sur la matrice des risques environnementaux	157

## Liste des références

Les documents de référence consultés pour la rédaction du dossier sont les suivants :

- [1] Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées -Projet Lucy – Livret B- Description du projet-Octobre 2016
- [2] Porter à connaissance : Projet de modification des bassins des eaux de contact – PRNC- Novembre 2018
- [3] Rapport de design de la verse Lucy-Mecater (MC-21-301-PRNC-01-R403) -2022
- [4] Note de calcul hydraulique de l'Ouvrage d'extension du réseau de sous drainage existant et des drains de pied KO2-Mecater (EXT-140-8315-RP-0021)-2022
- [5] Note Génie civil des dalots du Pump-pit (EXT-140-8315-RP-0020).
- [6] Note de calcul génie civil d'extension et puisard du Pump pit (EXT-140-8315-01-0162).
- [7] Note hydraulique de l'extension des drains horizontaux (Réf. EXT-140-8315-01-0258)- Mecater 2022
- [8] Note de calcul génie civil des exutoires (EXT-140-8315-01-0184)
- [9] Justification hydraulique de la dérivation Sud permanente (EXT-140-8315-01-0290)
- [10] La note technique pour l'optimisation des cailloux de drainage de référence EXT-140-8315-RP-0021
- [11] Modélisations hydrodynamiques de la verse Lucy (Réf. EXT-140-8315-01-0201) – Mecater 2022
- [12] Note de justification de la mise en place d'un réseau de collecte des eaux d'infiltration à la base de la verse Lucy (Réf.EXT-140-8315-01-0263) -Mecater 2022
- [13] Note de calcul génie civil des regards (EXT-140-8315-01-0264)
- [14] Rapport du bilan hydrique global du projet (EXT-140-8315-01-0300) - Mecater 2022
- [15] Justification hydraulique des ouvrages de gestion des eaux de la verse » de référence EXT-140-8315-01-0301.
- [16] Etude d'aménagement de la plateforme du bypass (Réf : MC-21-301-PRNC-01-R1161) – Mecater 2022
- [17] Rapport de la carrière Spillway Sud (Réf : MC-21-301-PRNC-01-R1162) – Mecater 2022
- [18] Critères de design géotechnique du projet Lucy (EXT-140-8315-01-0057) - Mecater 2022
- [19] Rapport des justifications géotechniques de la verse Lucy (EXT-140-8315-01-0091) - Mecater 2022
- [20] Rapport d'interprétation géotechnique des matériaux (MC-21-301-PRNC-01-R101) -Mecater 2022
- [21] Rapport de critères de design hydrodynamiques (Réf. EXT-140-8315-01-0200) - Mecater 2022
- [22] Rapport plan d'action en cas d'éléments déclencheur « TARP » (Réf. MC-21-301-PRNC-01-R112) - Mecater 2022

- [23] Estimation de la capacité résiduelle du parc KO2 (MC-21-301-PRNC-01-R601) Mecater- Octobre 2021
- [24] Note de Justifications du système de collecte des eaux de percolation et de dissipation des pressions interstitielles à la base de la verse (EXT-140-8315-01-0263-O3)
- [25] Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées -Projet Lucy – Livret C- Etude d'impact-Octobre 2016
- [26] Manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance de l'aire de stockage des résidus de la Kwé Ouest (septembre 2017)
- [27] Parc à résidus de la Kwé Ouest – Rapport d'opération 2ème semestre 2020, Prony Resources, Janvier 2021
- [28] Expertise du risque de pollution par infiltration des eaux issues du parc KO2- BRGM - 2022
- [29] Expertise ayant pour objet l'impact sanitaire et écotoxique lié à l'évolution d'une source de contaminants provenant du parc à résidus – INERIS-2022
- [30] Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées -Projet Lucy – Livret D- Etude de dangers-Octobre 2016\_ Rapport final
- [31] Mise à jour de l'étude de dangers – Parc à résidus KO2 (19125805\_V4), Golder, Avril 2022
- [32] Etude de dangers du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy 2.0 -Mecater-juillet 2022

## **ABREVIATIONS et ACRONYMES**

ADR : Analyse détaillée des risques

ANCOLD : Australian National Committee on Large Dams

APR : Analyse préliminaire des risques

CTPBOH : Comité Technique Permanent des Barrages et Ouvrages Hydrauliques

DIMENC : Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de la Nouvelle-Calédonie

DWP1 : Dewatering Plant 1 – Usine de démonstration

DWP2 : Dewatering Plant 2 - Unité d'assèchement des résidus 2

EVC : Evacuateur de crues

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

KO2 : Kwé Ouest 2 (Bassin versant amont N°2 de la rivière Kwé Ouest)

KWRSF : Kwe West Residue Storage Facility (Parc à résidus KO2)

MEES : Manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance de l'aire de stockage des résidus de la Kwé ouest

PEBDL : Polyéthylène Basse Densité Linéaire

PRNC : Prony Resources New Caledonia

TARP : Trigger Action Response Plan (Plan d'Action en cas d'Elément Déclencheur)

UPM : Unité de Préparation du Minerai



# 1 Contexte et objectif

PRNC exploite la mine de nickel et de cobalt de Goro, située en province Sud de la Nouvelle-Calédonie. Le procédé hydro-métallurgique de l'usine permet d'extraire le nickel et le cobalt contenus dans les minerais de latérites. Les résidus sont actuellement pompés sous forme de pulpe vers le parc à résidus KO2 pour y être stockés.

Le « projet Lucy » consiste en la création d'une installation d'assèchement par filtres presses de cette pulpe de résidus, nommée usine DWP2, et d'une verse de stockage des résidus asséchés issus de cette usine, nommée verse Lucy.

Le projet a fait l'objet d'un dossier de demande d'autorisation d'exploiter des installations classées en 2016.

L'autorisation d'exploiter a été accordée le 29 novembre 2017 conformément à l'arrêté n°3690-2017/ARR/DIMENC du 29 novembre 2017.

Le premier design de la verse, nommé verse Lucy 1.0, est actuellement autorisé par cet arrêté.

Aujourd'hui des modifications ont été apportées sur le design de la verse. La verse est actuellement nommée verse Lucy 2.0.

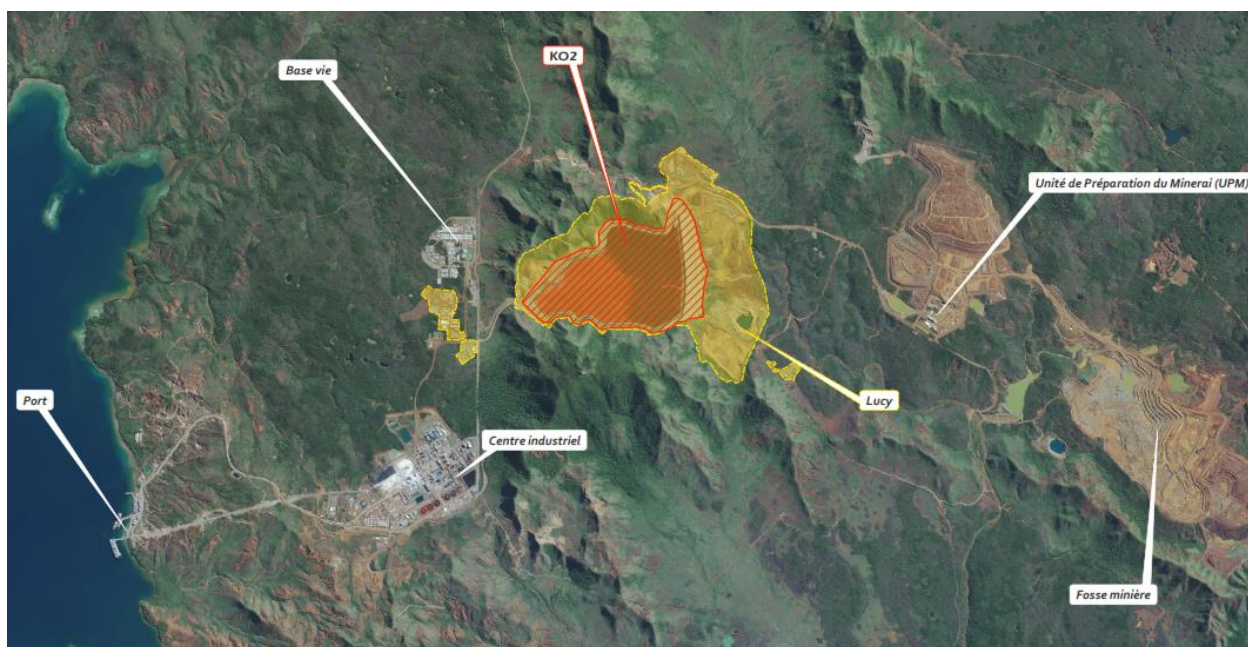


Figure 1 : Localisation du projet Lucy (Mecater ; 2022)

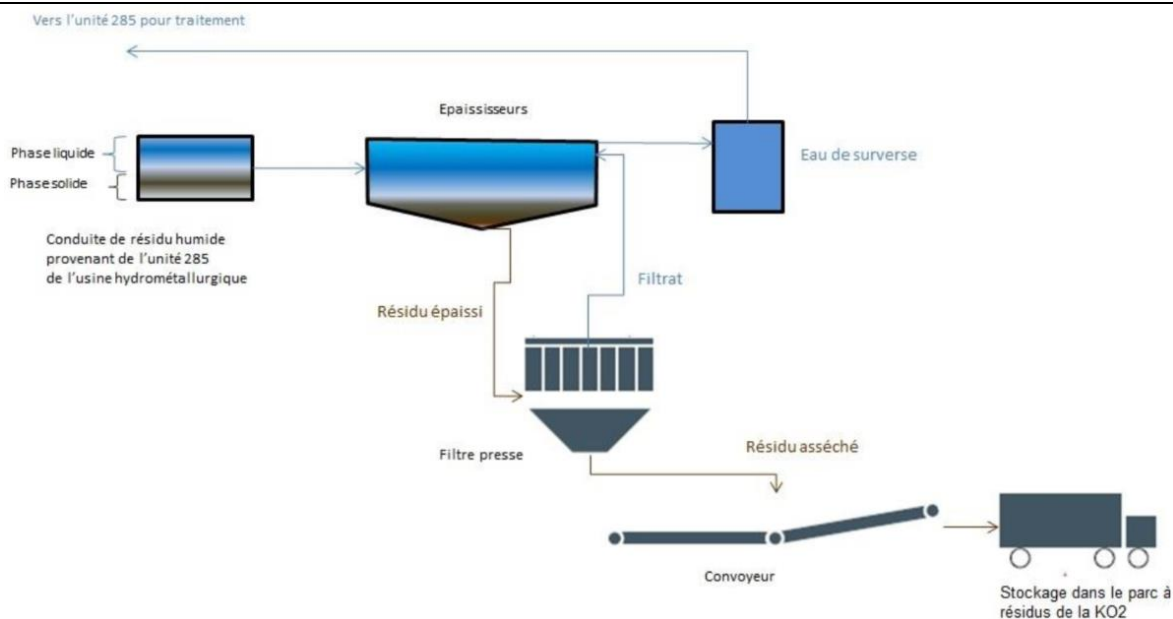
## 1.1. Rappel du projet Lucy 1.0 : Ancien design de HATCH

Le projet Lucy implique la construction d'une unité d'assèchement des résidus humides (dénommée DWP2) à proximité du parc à résidus KO2.

Elle est constituée par des épaisseurs et des filtres-presses placés en série dont l'objectif est de réaliser une meilleure séparation solide-liquide afin d'obtenir un résidu asséché dont la teneur solide est de 73% (% massique) pouvant être placé et compacté pour former d'une structure autoportante.

Ces résidus issus de l'unité DWP2 seront stockés au niveau du parc à résidus KO2.

La figure 2 illustre le devenir des différents produits traités au niveau de l'unité DWP2.

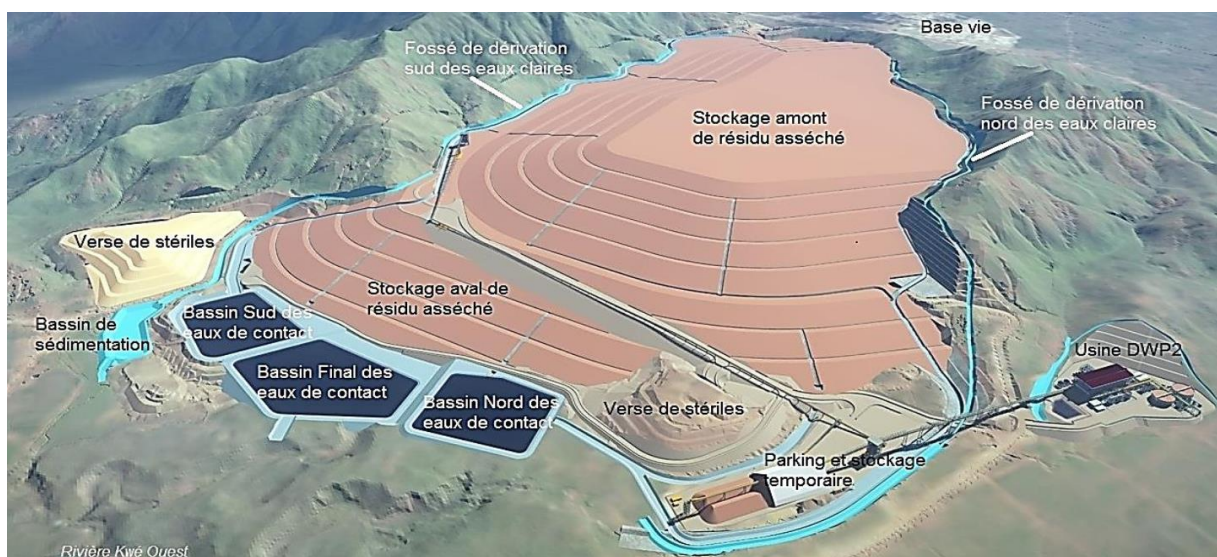


**Figure 2 : Schéma de principe des produits traités à l'usine DWP2 [1]**

Le projet Lucy 1.0 devait permettre l'augmentation de la capacité de stockage du parc à résidus KO2 de 45 millions de m<sup>3</sup> (capacité autorisée en 2008 par l'arrêt n° 1466-2008/PS du 09 octobre 2008) à environ 130,2 millions de m<sup>3</sup>, et ce par le stockage d'environ 84,9 Mm<sup>3</sup> sur la zone du parc à résidus KO2 et le prolongement de la zone de stockage à l'aval de la berme d'une capacité d'environ 12,3 Mm<sup>3</sup>.

La surface totale de l'aire de stockage de résidus est ainsi portée à environ 235 ha, soit une augmentation d'environ 107 ha afin d'étendre sa durée de vie et couvrir l'ensemble de celle de la mine jusqu'en 2044.

La zone de stockage de résidus asséchés en aval du barrage s'appuiera sur sa face aval. Pour la zone amont, ayant déjà accueilli des résidus humides, une couche de transition à capacité drainante sera aménagée entre la couche de résidus humides et la couche de résidus asséchés afin d'assurer le drainage progressif des eaux interstitielles et de faciliter dans le même temps le dépôt des résidus asséchés. La zone amont de stockage atteindra en son sommet la cote de 310 m NGNC, soit 70 m environ au-dessus de l'élévation du barrage [1].



**Figure 3 : Vue 3D du parc à résidus KO2 en fin d'exploitation \_ Projet Lucy 1.0 présenté en 2016 [2]**



Le stockage des résidus asséchés sera divisé en deux phases principales :

- ✓ La phase 1 (8 ans) : les résidus asséchés seront déposés au sein du parc à résidus KO2 jusqu'au niveau du barrage existant ainsi qu'à son aval immédiat ;
- ✓ La phase 2 (18 ans) : les résidus seront déposés au sein du parc à résidus KO2, au-dessus du niveau initialement autorisé.

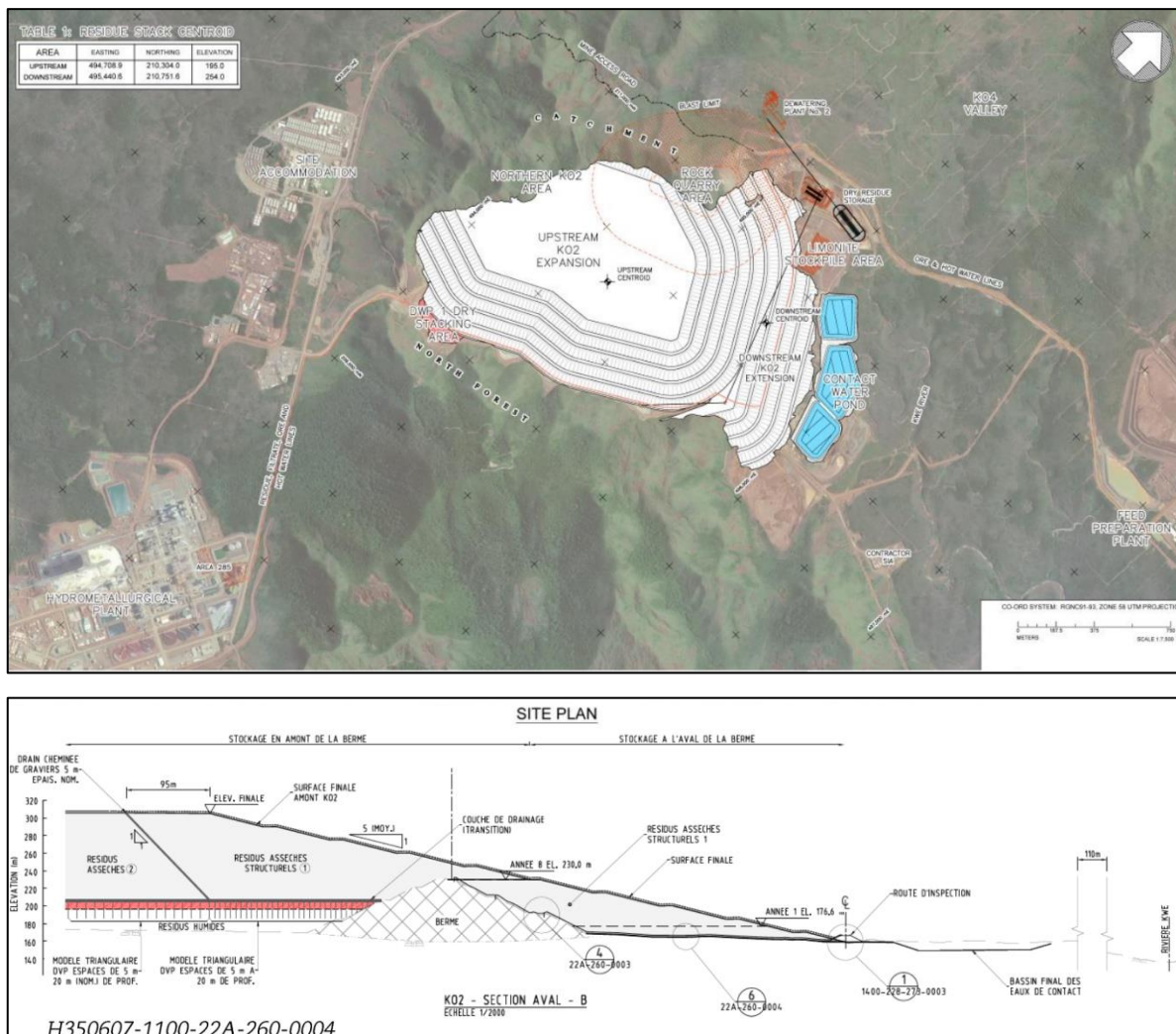


Figure 4 : Vue en plan et coupe du futur parc à résidus englobant la berme actuelle [1]

La mise en place des résidus sera effectuée à partir des camions de transport articulés de 40t de type CAT 740.

Les résidus seront étalés sur la zone active par couche d'une épaisseur adaptée pour permettre une bonne dissipation des pressions interstitielles.

Deux zones de dépôt distinctes sont définies en fonction des niveaux de compaction mis en œuvre :

- ✓ Zone extérieure du stockage (située en partie Sud et Est) incluant également la zone aval du barrage, : stockage par couche de 25 cm d'épaisseur ;
- ✓ Zone intérieure du stockage (située en partie Nord et Ouest) : stockage par couche de 50 cm.

Les deux zones de stockage seront séparées par deux drains inclinés en enrochement de 5 m de largeur. Ils seront équipés de canalisations perforées à leurs extrémités et remplies de matériau drainant destinés à collecter et évacuer les eaux résiduelles lorsque le barrage sera recouvert à terme par le stock de résidus miniers.

Globalement, la pente générale de la plateforme sommitale sera comprise entre 1 et 1,5% pour permettre un drainage suffisant des eaux de pluie. En bordure du stockage, les talus de l'ouvrage auront une pente intégratrice de 1V : 5H afin de garantir un haut niveau de stabilité (Cf. la coupe de la Figure 4).

Avant la mise en place des résidus en aval du barrage KO2, la zone de stockage aval sera munie d'une barrière passive constituée d'une couche de limonite compactée de faible perméabilité et d'une épaisseur minimale de 50 cm.

Avant le dépôt des résidus asséchés au sein du parc à résidus (stockage amont), comme indiqué ci-avant, les résidus humides seront recouverts par une couche de transition à capacité drainante, composée du géotextile, puis deux couches de géogrille déposées perpendiculairement, d'une couche de graviers compactés de 60 cm d'épaisseur et d'une dernière couche de géotextile, et ce, afin de permettre l'évacuation de la pression interstitielle générée au sein des résidus humides consolidés, d'augmenter la portance et d'assurer un bon ancrage de stabilisation de la couche suivante (Cf. Figure 5).

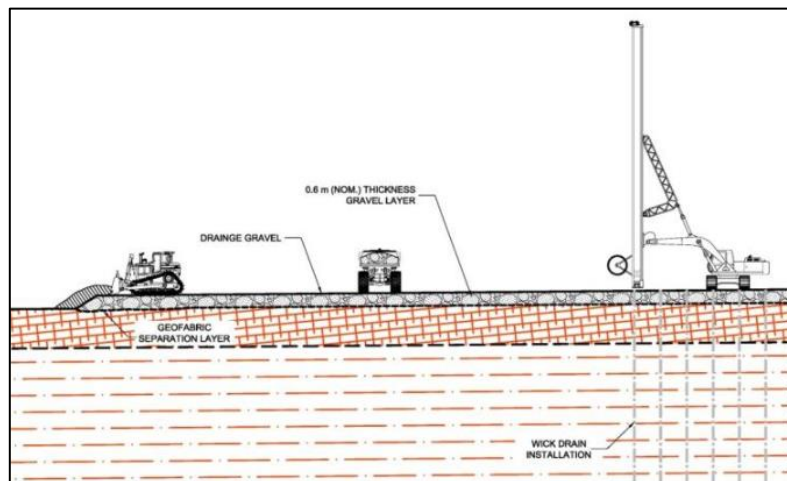


Figure 5 : Principe de la couche de transition drainante [1]

Ce dispositif sera complété par la mise en place des drains verticaux qui seront implantés au sein de l'épaisseur de résidus humides déjà en place. Ils auront une profondeur maximale de 20 m, ils seront placés tous les 3 m au sein de la zone extérieure de stockage (sur une zone de 200 m de large depuis le nord extérieur du parc à résidus), et tous les 5 m sur le reste de la zone de dépôt. Ces drains ont pour but de faciliter la collecte et l'évacuation des eaux interstitielles lors du compactage progressif par dépôt des résidus asséchés.

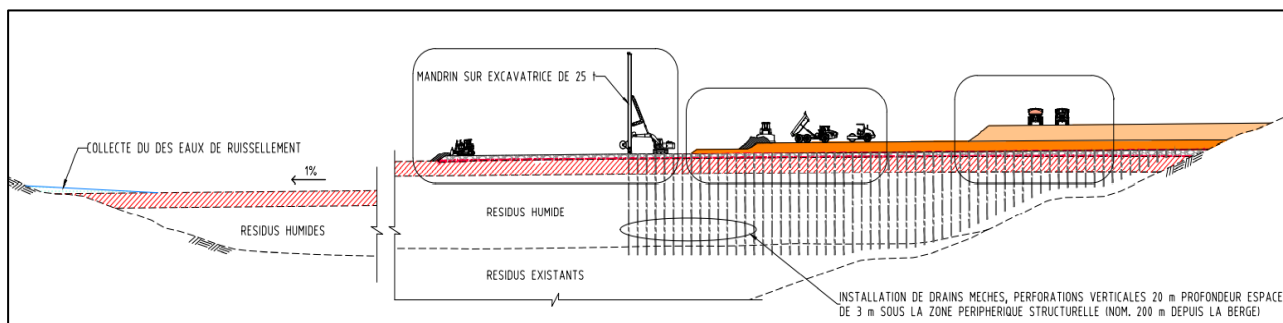


Figure 6 : Mise en place du système de drainage [1]

Ces eaux interstitielles seront évacuées par un drain extérieur de 600 mm HDPE en amont du déversoir actuel, dans l'angle nord de la zone de stockage. Ce drain sera encastré dans la roche et renforcé dans un casier bétonné externe pour éviter tout risque d'écrasement et il sera creusé au niveau de l'évacuateur de crues actuel.

#### Principe de gestion des eaux souterraines :

Pour les écoulements souterrains des zones nouvellement aménagées, ils rejoindront le système de sous-drainage existant qui possède une capacité suffisante pour prendre ces écoulements en charge. Les exutoires actuels de ce système seront prolongés jusqu'à l'aval du stockage étendu.

De même, les eaux en provenance du système de drainage interne du barrage seront également collectées et canalisées au sein du même fuseau que les eaux de sous-drainage et ce, jusqu'à l'aval du stockage étendu. Ces eaux souterraines, transitant sous le parc à résidus, seront analysées et dirigées vers l'unité de traitement des eaux de site (unité 285).

Dans la zone de stockage aval, une série de drains en enrochements sera construite par-dessus de la barrière de limonite compactée dans le but de minimiser toute remontée du niveau de la nappe phréatique dans le corps du remblai de résidu asséché. Ces drains en graviers sont disposés tous les 20 mètres et sont connectés à un drain principal. Le drain principal traverse la base du stockage et se rejette dans un puisard situé entre la base du stockage et les bassins de collecte des eaux de contact. Les eaux ainsi collectées sont envoyées à l'unité 285 pour traitement.

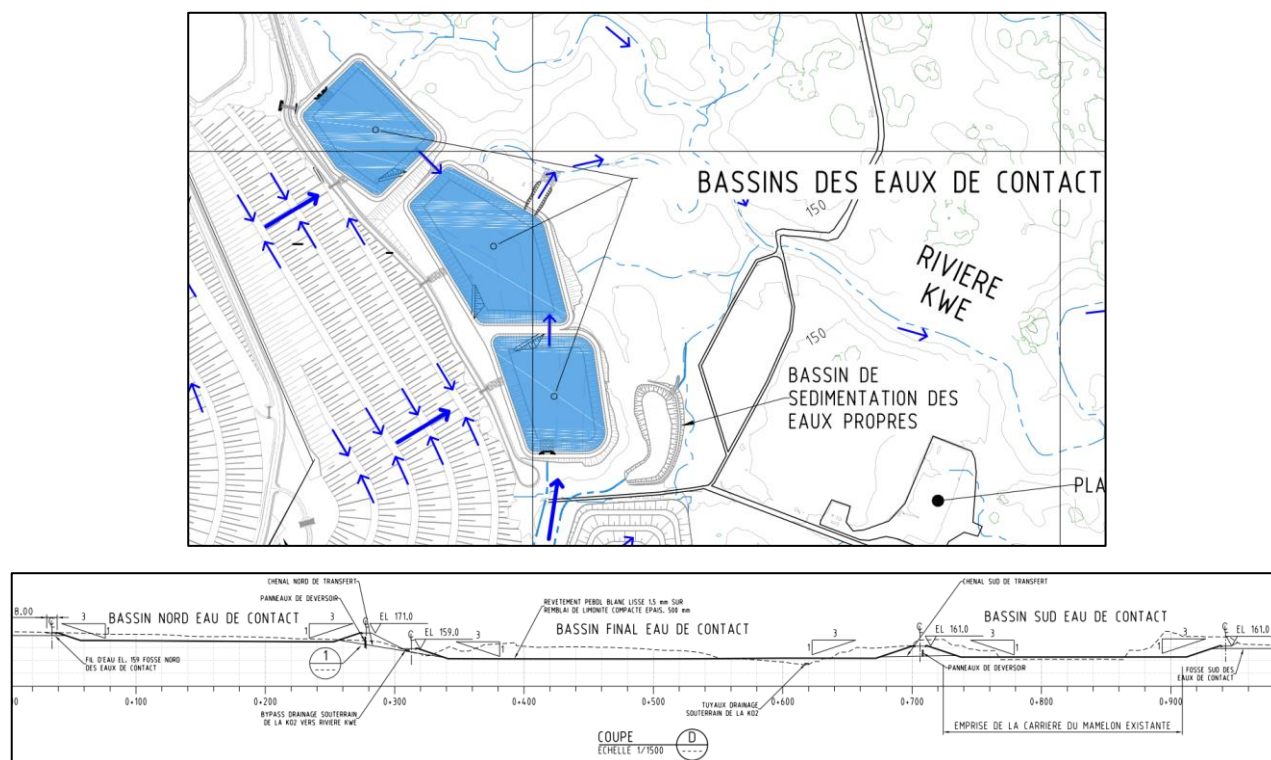
#### Principe de gestion des eaux de surface :

Concernant la gestion des eaux de surface, on distingue deux types d'ouvrages /d'eaux gérées :

- ✓ Pour les eaux claires ou périphériques, c'est-à-dire des eaux de surface n'étant pas rentrées en contact avec les résidus, elles seront captées par les tranchées de dérivation situées sur le pourtour du parc pour être rejetées au sein des cours d'eau en aval.
- ✓ Par contre, les eaux de surface écoulées sur les résidus asséchés, appelées les eaux de contact, seront interceptées par le système de gestion des eaux de surface et les drains présents au sein du parc et seront dirigées vers les bassins des eaux de contact où elles seront regroupées. Ces eaux seront envoyées vers l'unité de traitement des eaux de site (unité 285).

Pour cela, trois bassins de collecte et de traitement des eaux de contact seront construits permettant de stocker un volume d'eau égal à 656 050 m<sup>3</sup>, qui est supérieur au volume nécessaire pour retenir un événement pluvieux d'une durée de 24 heures et d'une période de retour de 2 ans.

Les eaux de contact avec les résidus seront stockées dans les bassins nord et sud où se déroule une première sédimentation des particules en suspension. La surface du plan d'eau est petit à petit drainée vers le bassin final via des batardeaux (Cf. Figure 7). Ce bassin final permet une seconde étape de sédimentation, puis un dispositif de pompage reprend les eaux collectées à raison de 300 m<sup>3</sup>/h pour traitement au sein de l'unité de traitement (unité 285).



**Figure 7 : Vue en plan & Coupe des bassins des eaux de contact \_ Projet Lucy 1.0 [1]**

La capacité de rétention des bassins proposés permet de retenir la majorité des événements pluvieux les plus fréquents. De plus, pour une période de retour de 10 ans, les bassins proposés peuvent retenir tous les événements pluvieux dont la durée n'excède pas 6 heures et plus de 60% des volumes générés par des événements dont la durée n'excède pas 48 heures.



En cas de dépassement de la capacité de rétention des bassins, un déversoir d'urgence en aval du bassin final assure l'évacuation du débit de pointe centennal sans mettre en péril l'intégrité des ouvrages.

Une géomembrane recouvre l'ensemble de la surface des bassins des eaux de contact.

Des réseaux de sous drainage seront installés sous les bassins. Les eaux en provenance de ces réseaux sont regroupées au sein de fosses de collecte. Elles sont réinjectées au sein des bassins d'eau de contact via un dispositif de pompage.

## 1.2. Présentation succincte du projet Lucy 2.0 : Nouveau design de MECATER

La verse Lucy 2.0 est située à l'aval immédiat du parc à résidus KO2 en appui sur la face aval du barrage KO2 sur une superficie de 80 Ha (hors ouvrages de gestion des eaux de contact et des accès) (Cf. Figure 8).

La verse Lucy 2.0 assure à la fois le stockage des résidus asséchés produits par l'usine de filtration DWP2 et le confortement du barrage KO2 pour répondre à une problématique d'évolution des facteurs de sécurité recommandés par l'ANCOLD vis-à-vis de la stabilité de l'ouvrage en conditions non drainées et en conditions post sismiques.

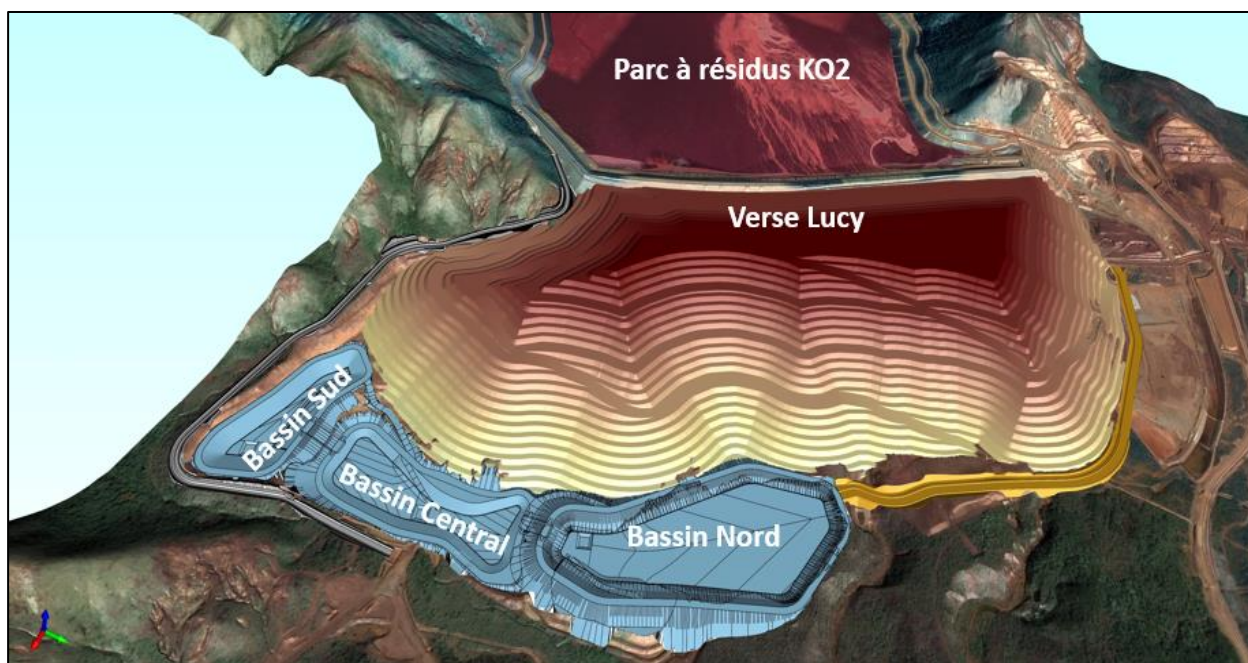


Figure 8 : Vue 3D de l'aménagement général de la verse Lucy 2.0 [3]

Le volume total de la verse Lucy 2.0 est de l'ordre de **31,9 Mm<sup>3</sup>**. Ce volume est réparti comme suit :

- **29,4 Mm<sup>3</sup> de résidus asséchés ;**
- 1,6 Mm<sup>3</sup> d'envasements ;
- 0,9 Mm<sup>3</sup> de déblais excédentaires générés durant les travaux préparatoires.

La construction de la verse Lucy 2.0 se fait en 4 étapes :

- **Etape 1 :** La première étape concerne la réalisation des travaux préparatoires de la zone aval ;
- **Etape 2 :** Cette deuxième étape permet de stocker un volume total de **14,7 Mm<sup>3</sup>** réparti comme suit :
  - **13,1 Mm<sup>3</sup> de résidus asséchés ;**
  - 0,7 Mm<sup>3</sup> d'envasements ;
  - 0,9 Mm<sup>3</sup> de déblais excédentaires générés durant les travaux préparatoires.

A la fin de l'étape 2, la verse présente une seule plateforme sommitale située à la cote 200 m.

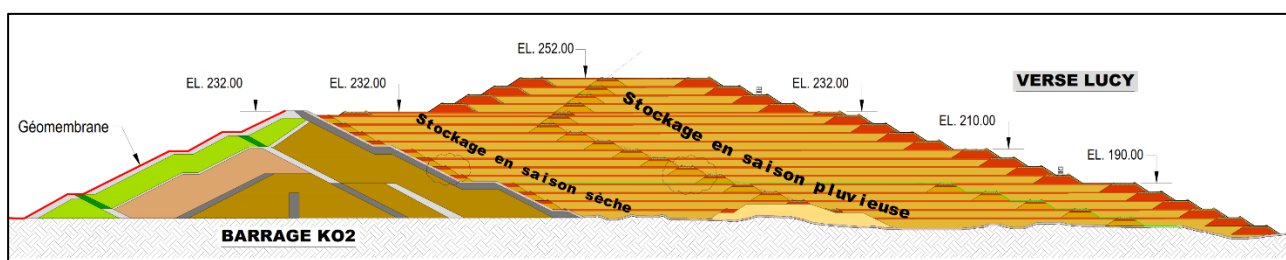
- **Etape 3** : La troisième étape correspond à une rehausse de la verse jusqu'à la cote 252 m. Cette rehausse permet d'apporter un volume de stockage supplémentaire de 17.2 Mm<sup>3</sup> réparti comme suit :
  - 16,3 Mm<sup>3</sup> de résidus asséchés ;
  - 0,9 Mm<sup>3</sup> d'enrochements.
- **Etape 4** : Il s'agit de la dernière étape qui concerne la fermeture et la réhabilitation de la verse.

Les détails de phasage relatifs à ces différentes étapes sont présentés dans le paragraphe 5.2.

A la fin de la construction de la verse Lucy 2.0 (fin de l'étape 3), la plateforme ultime de la verse se situe à la cote 252 m, et présente une largeur en crête de 90 à 240 m sur une longueur de 1 km (Cf. Figure 9).

La verse présente un dénivelé maximal de 104 m pour une pente intégratrice générale de l'ordre de 13°. Trois banquettes de 20 à 30 m sont projetées, aux cotes 190 m, 210 m et 232 m.

La construction de la verse commencera en 2023 et s'étalera sur environ 10 ans.

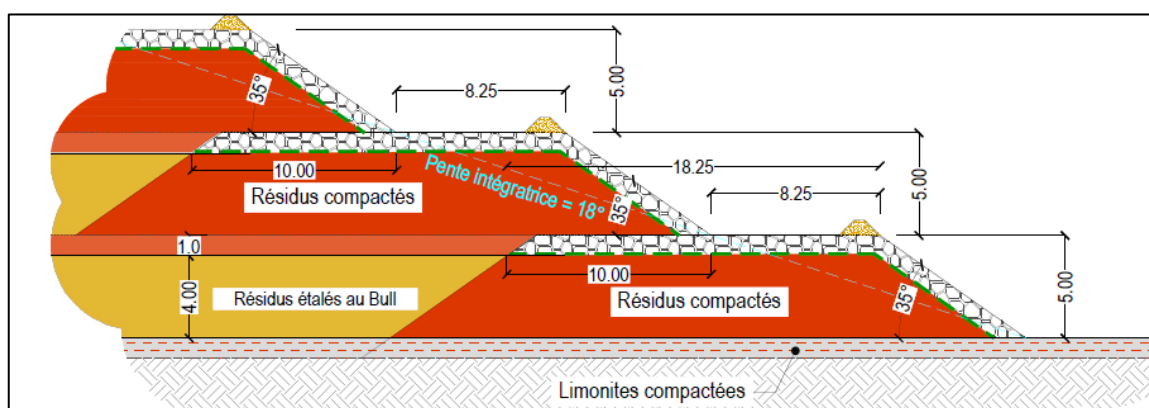


**Figure 9 : Coupe de la verse Lucy 2.0 [3]**

La verse est construite par niveaux de 5 m avec des talus présentant une pente locale de 35°. La pente de talus inter-rampe est de 18°.

Le plan d'aménagement général de la verse Lucy 2.0 est présenté en Annexe 1-1 dans le plan de référence MC-21-301-PRNC-01-P401.

Une banquette de 8,25 m est maintenue entre deux niveaux successifs (Cf. Figure 10). La mise en place des résidus asséchés se fait par tombereaux articulés de 60t de capacité. Dans ce cadre, une piste frontale de 17 m de large est prévue. Cette piste permet également aux engins de terrassement d'accéder à la plateforme sommitale de la verse.



**Figure 10 : Détail de la géométrie du talus de la verse 2.0 [3]**

La gestion des eaux de la verse est assurée par plusieurs systèmes de drainage selon la nature des eaux drainées, à savoir :

- Les eaux de sous écoulements (eaux souterraines naturelles circulant sous l'emprise de la verse) ;
- Les eaux de percolation au travers de la verse (lixiviats) ;
- Les eaux de contact correspondant aux eaux de ruissellement sur la surface des résidus stockés en verse.

Les systèmes de gestion de ces différentes eaux sont présentés ci-dessous, du bas vers le haut :

- Un système de drainage des sous écoulements (eaux naturelles) permettant de collecter les eaux souterraines les plus superficielles (écoulements dans la couche de colluvions de surface). Ce système est composé par des drains en enrochements 50/150 mm enveloppés dans un géotextile de séparation et équipées de conduites perforées. Ces drains sont placés au niveau des lignes d'écoulement naturel localisées dans l'emprise de la verse et permettent d'acheminer les eaux en dehors de l'emprise de la verse ;
- Une barrière étanche installée sur toute l'emprise de la verse Lucy afin de limiter les infiltrations des eaux de percolations vers l'assise de la verse. Cette barrière passive est constituée d'une couche continue de limonites compactées de 50 cm d'épaisseur qui repose directement sur la zone terrassée et sur le système de drainage des sous écoulements ;
- Un système de collecte des eaux de percolation (lixiviats), situé à la base de la verse au-dessus de la barrière étanche : Ce système est constitué d'un système en géocomposite de drainage couvrant toute l'emprise au sol de la verse, soit une surface de 42 ha. Ce système permet d'intercepter les eaux de percolation et les acheminer vers les 03 regards de collecte situés au pied de la verse ;
- Des renforts (bande de roulement) composés d'enrochements qui permettent, d'une part, aux engins de circuler en saison pluvieuse, et d'autre part, de drainer les eaux de pluie et de dissiper les surpressions interstitielles ;
- Un système de collecte et de gestion des eaux de contact assuré par des descentes d'eau, un chenal de collecte, et trois bassins des eaux de contact (Nord, Central et Sud). Les descentes d'eau sont conçues selon une section trapézoïdale en enrochements posés sur du géotextile. Les eaux évacuées rejoindront les bassins des eaux de contact Nord et Sud. Un système de conduites perforées « clarinette » est prévu au niveau de ces bassins afin de permettre le transfert des eaux vers le bassin Central. Un système de vidange est prévu au niveau du bassin Central, par pompage vers le parc KO2.

En complément, un drain de dérivation est prévu sur la bordure sud-est du projet (« Drain de dérivation Sud ») permettant de dévier les eaux afin de protéger l'emprise de la verse des ruissellements et réduire le besoin de traitement des eaux de contact.

La verse Lucy 2.0 est présentée en détail au paragraphe 5.

### 1.3. Historique des modifications

Cette partie a été rédigée en se référant aux rapports suivants :

- ➔ Rapport « Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées- Projet Lucy, Livret B, Description de projet, Octobre 2016 [1].
- ➔ Rapport de design de la verse Lucy 2.0 de référence : MC-21-301-PRNC-01-R403) – Mecater 2022 [3].

Une synthèse des modifications entre le projet Lucy 1.0 et le projet Lucy 2.0 est présentée dans le Tableau 1.



**Tableau 1 : Modifications entre le projet Lucy 1.0 et le projet Lucy 2.0**

Projet	Lucy 1.0	Lucy 2.0
<b>Zone de stockage des résidus asséchés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En aval du barrage KO2 ;</li> <li>- En amont du barrage KO2, sur le bassin de stockage des résidus humides.</li> </ul>	En aval du barrage KO2 uniquement
<b>Phasage</b>	<p>Ce projet est divisé en deux phases principales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase 1 (8 ans) : les résidus asséchés seront déposés au sein du parc à résidus KO2 jusqu'au niveau du barrage existant ainsi qu'à son aval immédiat (jusqu'à la cote 230 m NGNC) ;</li> <li>- Phase 2 : (18 ans) : les résidus seront déposés au sein du parc à résidus KO2, au-dessus du niveau initialement autorisé. La zone de stockage amont des résidus atteindra en son sommet la cote de 310 m NGNC.</li> </ul>	<p>Il s'agit de la première phase du projet Lucy qui dure 10 ans.</p> <p>Le stockage des résidus s'effectue uniquement en aval du barrage KO2.</p> <p>La plateforme ultime de la verse se situe à la cote 252 m NGNC, et présente une largeur en crête de 90 à 240 m sur une longueur de 1 km.</p>
<b>Capacité de stockage totale en résidus asséchés</b>	<p>84.9 Mm<sup>3</sup> résidus asséchés dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 16 Mm<sup>3</sup> dans KO2 jusqu'à la cote autorisée par l'arrêté ICPE KO2)</li> <li>- 56.6 Mm<sup>3</sup> dans KO2 au-dessus de la cote autorisée par l'arrêtée KO2</li> <li>- 12.3 Mm<sup>3</sup> en aval de la berme KO2</li> </ul>	<p><b>29.4 Mm<sup>3</sup></b> résidus asséchés exclusivement en aval de la berme KO2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13,1 Mm<sup>3</sup> jusqu'à la cote 200 (Phases 1 à 8) ;</li> <li>- 16,3 Mm<sup>3</sup> jusqu'à la cote 252 (Phase 9).</li> </ul>
<b>Capacité de stockage en résidus humide au démarrage de l'opération de production de résidus asséchés</b>	0 Mm <sup>3</sup>	<p>Selon le plan de production de novembre 2022, au démarrage de production de résidus asséchés, le parc à résidus présente une capacité de stockage résiduelle d'environ 9 Mm<sup>3</sup> qui seront utilisés comme bypass à hauteur de 10% en cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- De difficultés à traiter correctement le résidu au niveau des épaisseurs ;</li> <li>- De dysfonctionnement de l'unité DWP2</li> <li>- D'impossibilité de placer les résidus asséchés en aval de la berme KO2 (Ex. : météo, indisponibilité des équipements de roulage et de mise en œuvre du résidu asséchés).</li> </ul>
<b>Capacité de stockage dans le parc à résidus KO2</b>	<p>72,6 Mm<sup>3</sup> résidus asséchés réparti comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 16 Mm<sup>3</sup> dans KO2 jusqu'à la cote autorisée par l'arrêté ICPE KO2)</li> </ul>	9 Mm <sup>3</sup> de résidus épaissis (10% de la production sur 10 ans)

Projet		Lucy 1.0	Lucy 2.0
		- 56.6 Mm <sup>3</sup> dans KO2 au-dessus de la cote autorisée par l'arrêtée KO2.	
Capacité de stockage en résidus asséchés dans KO2, au-dessus de la cote 229		56.6 Mm <sup>3</sup>	0 Mm <sup>3</sup>
Capacité de stockage de résidus asséchés en aval du barrage KO2		12.3 Mm <sup>3</sup>	<b>29.4 Mm<sup>3</sup></b> résidus asséchés exclusivement en aval de la berme KO2 : - 13,1 Mm <sup>3</sup> jusqu'à la cote 200 (Phases 1 à 8) ; - 16,3 Mm <sup>3</sup> jusqu'à la cote 252 (Phase 9).
Surface totale de stockage		235 ha	80 ha – dans la même emprise ICPE initial dédiée pour le stockage
Surface de stockage en aval de la berme KO2		60 ha	80 ha – dans la même emprise ICPE initial dédiée pour le stockage
<b>Installations et ouvrages</b>			
Parc à résidus KO2	Bassin de stockage des résidus	A partir de la cote 229 m, les résidus asséchés sont stockés dans le bassin de stockage des résidus humides.	Le bassin de stockage des résidus humides reste opérationnel. Il est prévu de stocker les résidus humides (10% de la production) en cas d'arrêt de l'usine DWP2 ou d'impossibilité de stocker les résidus asséchés au niveau de la verse (bypass).

Projet		Lucy 1.0	Lucy 2.0
	Réseau de sous drainage et puits de pompage aval	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un nouveau puits sera construit en aval de la verse afin de poursuivre la qualité des eaux de sous drainage du parc à résidus KO2 ;</li> <li>- Extension du réseau de sous drainage existant (04 conduites) vers l'aval de la verse selon <b><u>un tracé non rectiligne</u></b> ;</li> <li>- Canalisation des drains de pied existants,</li> <li>- Regroupement des drains 4R8 &amp; 4R9 dans une conduite en PEHD de diamètre DN355 ;</li> <li>- Extension des drains de pied du barrage KO2 à partir du puits de pompage aval existant jusqu'à l'aval de la verse ;</li> <li>- Au total, six conduites seront regroupées et prolongées vers l'aval <ul style="list-style-type: none"> <li>• 04 conduites pour le réseau de drainage des sous-écoulements du parc à résidus KO2 ;</li> <li>• 02 conduites pour les drains de pied du barrage KO2.</li> </ul> </li> </ul> <p>Le dispositif, regroupant les 6 conduites est nommé « ouvrage d'extension des conduites du réseau de sous drainage de KO2 et des drains de pied ».</p> <p>Ce dispositif sera renforcé par un sarcophage en béton armé <b><u>uniquement au niveau de la jonction au niveau du puits de pompage aval actuel.</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un nouveau puits sera construit en aval de la verse afin de poursuivre la qualité des eaux de sous drainage du parc à résidus KO2 ;</li> <li>- Extension du réseau de sous drainage existant (04 conduites) vers l'aval de la verse selon <b><u>un tracé rectiligne</u></b> afin de faciliter leur inspection ;</li> <li>- Canalisation des drains de pied existants : deux tronçons sont projetés : <b><u>Un premier tronçon à l'emplacement actuel des drains :</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place deux conduites crépinées en PEHD de diamètre DN500 mm au niveau de l'emplacement actuel des drains 4R7 et 4R8 et recouvrir par des enrochements. Ce système permet d'assurer un écoulement à ciel ouvert sur ce tronçon ;</li> <li>• Recouvrir l'emprise du drain 4R9 par un tapis drainant pour capter les eaux diffuses qui y sont interceptées et ensuite les évacuer à travers le drain 4R8.</li> </ul> </li> <li><b><u>Un deuxième tronçon d'évacuation vers l'aval :</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regrouper les drains 4R8 &amp; 4R9 dans une conduite pleine en PEHD de diamètre DN355, en amont de zone d'extension du drain 4R8 et prolonger jusqu'au nouveau puits de pompage.</li> <li>• Prolonger le drain 4R7 jusqu'au nouveau puits de pompage (pump-pit), via une conduite pleine en PEHD de diamètre DN355, en amont de zone d'extension du drain.</li> </ul> </li> <li>- Extension des drains de pied du barrage KO2 à partir du puits de pompage aval existant jusqu'à l'aval de la verse ;</li> <li>- Au total, six conduites seront regroupées et prolongées à travers <b><u>une voie rectiligne</u></b> vers l'aval et ce, pour faciliter son inspection en cours d'opération : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 04 conduites pour le réseau de drainage des sous-écoulements du parc à résidus KO2 ;</li> <li>• 02 conduites pour les drains de pied du barrage KO2.</li> </ul> </li> </ul> <p>Le dispositif, regroupant les 06 conduites est nommé « ouvrage d'extension des conduites du réseau de sous drainage de KO2 et des drains de pied ».</p> <p>Sous la verse, les 6 conduites sont placées dans des dalots en béton armé préfabriqués, <b><u>sur tout le linéaire</u></b> jusqu'au nouveau puits de pompage aval.</p>
	Système de pompage	Démantèlement du système de pompage une fois que l'intégralité des eaux surnageantes dans le parc à résidu	Le système de pompage des eaux surnageantes reste fonctionnel.

Projet		Lucy 1.0	Lucy 2.0
		actuel sera purgée pour assurer une déposition stable des résidus asséchés.	
	Drain de dérivation des eaux périphériques sud	Modification du fossé sud pour pouvoir prendre en compte des évènements pluvieux d'occurrence centennale.	Extension du drain de dérivation sud. Ce drain est un ouvrage permanent qui permet de dévier les eaux afin de réduire le volume d'eau de pluie transitant par le bassin KO2 et la verse Lucy 2.0. Les critères de dimensionnement sont identiques.
	Drain de dérivation des eaux périphériques nord	Fossé nord sera localisé au pied de la zone d'extension du parc à résidus de la KO2 sur le flanc nord. Son dimensionnement vise à prendre en compte un évènement d'occurrence centennale.	Extension du drain nord existant et prolongement vers l'évacuateur des crues. Même critères de dimensionnement.
	Les drains horizontaux 220N 206S	Extension des drains horizontaux 206S et 220N vers l'aval. Les eaux collectées par ces drains seront acheminées vers deux exutoires en béton armé, afin de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse.	
	Evacuateur des crues	Remplacement de l'évacuateur de crues par un nouveau système d'évacuation composé d'une tour de prise et d'une galerie de vidange. Avant d'atteindre la crête du barrage KO2 (phase 1 du projet), les eaux des crues seront évacuées par ce nouveau système. L'ouvrage sera par la suite réutilisé pour l'évacuation des eaux de contact vers les bassins des eaux de contact.	L'évacuateur de crues existant doit rester opérationnel.
	Canal spillway	Pas de changement au niveau de design : Les deux projets sont réalisés en considérant le design de Golder autorisé par l'arrêté : 1466-2008/PS du 9 octobre 9 octobre 2008	
	Réseau d'instrumentation	Déplacement des enregistreurs automatiques KO2-DL5-DA3 et KO2-DL6-DA4 plus en aval de la verse Lucy et extension des câbles.	
<b>Verse en aval du barrage</b>	Système de drainage des sous écoulements	Un réseau de drainage est prévu au niveau des sources WK17 et WK20 et au niveau du lit de la rivière KO2.	Un réseau de drainage est prévu au niveau des sources WK17 et WK20 et au niveau du lit de la rivière KO2. De plus, un système de drainage supplémentaire composé de : - 6 drains (DA1 à DA7) est placé au niveau des lignes d'écoulement naturel localisées dans l'emprise de la verse. Ces drains permettent d'acheminer les eaux en dehors de l'emprise de la verse - 5 Drains supplémentaires ajoutés pour drainer les nouvelles sources identifiées pendant les travaux préparatoires (LS1 à LS5).

Projet		Lucy 1.0	Lucy 2.0
	Barrière étanche	La barrière étanche est constituée d'une couche de limonites compactées de 0,5 m d'épaisseur qui fait office de barrière passive entre les résidus asséchés et les sols de fondation	La barrière étanche est constituée d'une couche de latérites compactées de 0,5 m d'épaisseur qui fait office de barrière passive entre les résidus asséchés et les sols de fondation. Cette couche de limonite est combinée au géosynthétique bentonitique « GSB » (ou « GCL » en anglais : Géosynthétique Clay Liner) et ce, afin d'avoir une perméabilité équivalente de $10^{-8}$ m/s et pallier au problème de qualité de limonite disponible.
	Système de collecte des lixiviats	Ce système est constitué d'un réseau de drains installé au-dessus de la barrière étanche. Trois niveaux de drains sont prévus : primaires, secondaires et tertiaires. Ils sont aménagés en enrochements 50/150 mm enveloppés dans du géotextile. Les eaux interceptées par les drains sont évacuées vers 03 exutoires constitués par des regards pour être acheminées par la suite vers le puits de pompage aval de la verse.	Ce système est constitué d'un réseau de géocomposite de drainage appelé « Géodrains » permettant d'intercepter les eaux de percolation et les acheminer vers les 03 regards de collecte.
<b>Bassins de stockage des eaux de contact</b>	Capacité de stockage et principe de fonctionnement	<p>Trois bassins de collecte et de traitement des eaux de contact seront construits permettant de stocker un volume d'eau égal à 626 050 m<sup>3</sup>, qui est supérieur au volume nécessaire pour retenir un événement pluvieux d'une durée de 24 heures et d'une période de retour de 2 ans (502 249 m<sup>3</sup>).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bassin Nord : 164 674 m<sup>3</sup></li> <li>• Bassin Sud : 209 644 m<sup>3</sup></li> <li>• Bassin Central : 251 732 m<sup>3</sup>.</li> <li>• Soit une capacité de stockage totale de 626 050 m<sup>3</sup>.</li> <li>• <b>Bassin versant total d'environ 263 ha.</b></li> </ul> <p>Les eaux de contact avec les résidus sont stockées dans les bassins nord et sud où se déroule une première sédimentation des particules en suspension. La surface du plan d'eau est petit à petit drainée vers le bassin final via des batardeaux. Ce bassin final permet une seconde étape</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modification par rapport à la localisation des bassins ;</li> <li>- Modification du design avec une légère réduction de la capacité de stockage (les superficies des bassins versants contrôlés par ces ouvrages sont plus faibles).</li> <li>- Capacité de stockage : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bassin Nord : 291 750 m<sup>3</sup></li> <li>• Bassin Sud : 101 050 m<sup>3</sup></li> <li>• Bassin Central : 137 000 m<sup>3</sup>.</li> <li>• Soit une capacité de stockage totale de 529 800 m<sup>3</sup>. Ce volume est largement supérieur au volume nécessaire pour retenir un événement pluvieux d'une durée de 24 heures et d'une période de retour de 2 ans qui est de 304 056 m<sup>3</sup>.</li> <li>• <b>Bassin versant total d'environ 107 ha. Des études pour optimiser les dimensions des bassins Sud et Central sont en cours.</b></li> </ul> </li> <li>- Même principe de fonctionnement : Les eaux évacuées rejoindront les bassins des eaux de contact Nord et Sud. Un système de conduites perforées « clarinette » est prévu au niveau de ces</li> </ul>

Projet		Lucy 1.0	Lucy 2.0
		de sédimentation, puis un dispositif de pompage d'une capacité de 300 m <sup>3</sup> /h reprend les eaux claires à la surface du plan d'eau pour les acheminer aux cuves de surverse des épaisseurs de DWP2 puis les envoyer vers l'unité de traitement (unité 285).	<p>bassins afin de permettre le transfert des eaux vers le bassin Central. Les transferts d'eaux de contact vers le bassin central sont organisés de façon à ce que la décantation de la matière solide soit réalisée dans les bassins Nord et Sud. Seules les eaux claires sont transférées vers le bassin Central.</p> <p>Le bassin Central est, quant à lui, muni d'un dispositif de vidange par pompage, d'une capacité de 300 m<sup>3</sup>/h, qui permet <b>d'envoyer les eaux collectées soit vers le bassin de stockage du parc à résidus KO2</b> soit vers l'Unité de Préparation du Minéral (UPM).</p>
	Système d'étanchéité	Une Géomembrane	Un système d'étanchéité constitué d'une double géomembrane à l'intérieure de laquelle est intercalée une couche de géocomposite de drainage
	Système de détection des fuites	N'est pas prévu	Système de détection de fuites connecté à la couche de géocomposite de drainage et constitué par des drains en enrochements pourvus d'une conduite crépinée. L'ensemble (enrochements et conduite) débouche dans un puisard équipé d'un système de pompage. Les eaux collectées sont alors pompées vers le bassin des eaux de contact considéré
	Système de drainage des sous écoulements	Un système de drainage des sous écoulements constitué par des drains en enrochements et une conduite crépinée qui débouchent dans un regard de collecte équipé d'un déversoir. Les eaux collectées sont rejetées vers le milieu naturel si la qualité s'avère bonne. Dans le cas contraire, un système de pompage est installé afin de refouler les eaux vers les bassins des eaux des contact.	
<b>Carrière AUDEMARD</b>		Nivellement des surfaces au niveau de l'installation du système de gestion des sous-pressions requis en dessous du bassin des eaux de contact sud.	<p>Le traitement de la carrière Audemard se fait selon les phases suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place d'un tapis drainant au niveau du point bas ; Aménagement de la cheminée drainante</li> <li>• Aménagement du canal Audemard connecté à son extrémité aval à un exutoire en béton armé. L'aménagement de ce canal implique le dépassement de la limite ICPE sur un linéaire de 160 m ; Des travaux de réhabilitation sont prévus, au niveau de la zone de dépassement de la limite.</li> <li>• Comblement de la carrière</li> <li>• Aménagement d'un réseau de drainage composé de trois drains en enrochements.</li> </ul>

Projet		Lucy 1.0	Lucy 2.0
			Le système de drainage prévu permet de capter les eaux et de les acheminer en aval vers un exutoire en béton armé, afin de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse
Méthode de construction de la verse en aval du barrage KO2	Méthode de stockage	Résidus transportés par camions articulés de 40T, déposés dans les zones de stockage de résidus secs	Résidus transportés par camions articulés de 60T et déposés dans des casiers délimités par les bandes de roulement
	Géométrie du talus	Pente intégratrice 13°	
	Zonage	<p><b>Deux zones de stockage définies par le niveau de compactage requis :</b></p> <p><b>En aval du barrage : zone structurale</b> Compactage par couche de 25 cm par un compacteur type pied de mouton ou rouleau compresseur</p> <p><b>En amont du barrage : zone non structurale</b> Les résidus sont déposés et compactés par couche plus épaisse pouvant aller jusqu'à 50 cm</p>	<p><b>Deux zones de stockage définies par la composition des renforts :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Une zone de stockage en saison pluvieuse</b> : cette zone est aménagée du côté extérieur et constitue environ 70% du volume total du stockage de la verse. Au niveau de cette zone, des renforts internes seront construits avec une couche de base en résidus compactés sur une épaisseur de 4,20 m (constitué par niveau inférieur de 3,20 m compacté au bull et par un niveau supérieur de 1 m compacté jusqu'à 95% de l'OPM) et une couche de roulement en enrochements sur une épaisseur de 0,80 m. Un géotextile de séparation sera mis en place sous la couche d'enrochements afin d'empêcher la migration des fines et la contamination de la couche d'enrochements.</li> <li>- <b>Une zone de stockage en saison sèche</b> : cette zone est aménagée du côté intérieur et constitue ainsi 30% du volume total du stockage de la verse. La circulation des engins sera assurée par des renforts internes composées exclusivement de résidus compactés (sans enrochements).</li> </ul> <p><b>Au niveau des casiers sur les 4 premiers mètres et ce, pour les deux zones de stockage</b> : Compactage au bull par couche de 50 cm jusqu'à atteindre un degré de compaction minimal de 80% de l'OPM.</p> <p><b>Sur le 5<sup>ème</sup> mètre de chaque casier</b> : Compactage par couche ne dépassant pas 40 cm jusqu'à atteindre un degré de compaction minimal de 95% de l'OPM.</p>
Verse DWP1		-	Réactivation de la verse DWP1 dans le cadre du projet Lucy 2.0 pour un stockage de résidus secs d'un volume de 115 000 m <sup>3</sup> dès 2023.
Emprise ICPE		L'emprise ICPE est respectée et conforme à l'arrêté initial.	Le projet Lucy 2.0 présente un drain qui dépasse la limite ICPE initiale sur un linéaire de 160 m (Cf. Carrière Audemard).

Projet	Lucy 1.0	Lucy 2.0
<b>Réhabilitation de la verse</b>	Même principe de réhabilitation que celui de Lucy 1.0	
<b>Critères de design de la verse Lucy et de ses ouvrages hydrauliques</b>	Le projet Lucy 2.0 a été dimensionné en adoptant les mêmes critères de design que ceux du projet Lucy 1.0	
<b>Zone de stockage temporaire des résidus asséchés</b>	Capacité de stockage de 6 jours de production, soit un volume de 110 000 m <sup>3</sup>	Capacité de stockage de 20 heures, soit un volume de 17 800 m <sup>3</sup>
<b>Type de stockage</b>	Couvert	Non-couvert
<b>Mode de déchargement des résidus</b>	Au moyen d'un chariot mobile permettant d'excentrer le déchargement des résidus	Déversement des résidus directement dans des trémies





Figure 11 : Vue en plan des ouvrages projetés en zone aval dans le cadre des travaux préparatoires préalables à la mise en verse

## 1.4. Objectif du Porter à connaissance du projet Lucy 2.0

L'objectif du Porter à connaissance est de présenter les modifications envisagées du projet Lucy 2.0 et d'identifier et analyser les impacts environnementaux et les dangers liés aux différents changements envisagés.

D'après le Tableau 1, les principales modifications identifiées portent sur l'augmentation du volume de résidus asséchés stockés en aval de la berme KO2 et le maintien du parc à résidus KO2 opérationnel.

Au niveau de l'usine, une modification de l'aire de stockage temporaire des résidus asséchés est aussi prévue. Cette modification engendre une réduction de la capacité de stockage temporaire de résidus asséchés à 17 800 m<sup>3</sup> soit l'équivalent de 20 heures de production de résidus par l'usine DWP2, contrairement à l'aire de stockage initiale qui permettait de stocker l'équivalent de 6 jours de production.

Ces modifications sont détaillées dans le présent document.

## 2 Identité du demandeur

Prony Resources NC est une société par actions simplifiée française dont le capital social est, à la date de la présente demande, détenue par Trafigura Pte Ltd pour 19 %, la Compagnie Financière de Prony pour 30%, la Société de Participation Minière du Sud Calédonien pour 30% et la Fidal Fiducie pour 21%.

Le siège Prony Ressources NC est situé à Paris. Le principal produit qu'elle commercialise est le Nickel hydroxyde Cake (NHC). L'usine de Prony Ressource NC est implantée sur la commune du Mont-Dore au lieudit Prony Est. La mine à proprement parler est située sur le plateau de Goro, localisé sur la commune de Yaté.

### 2.1. Dénomination et raison sociale

Société :	Prony Resources Nouvelle-Calédonie S.A.S
Forme juridique :	Société par Actions Simplifiée
Capital social :	1.203.259.108,55 Euros n° 313 954 570 RCS Paris
Registre du commerce :	RCS Nouméa n°82 B 085 696 RIDET Nouvelle -Calédonie n° 085696.009

### 2.2. Représentant légal

Présidente : Béatrice Pierre

L'activité principale exercée est la 'Métallurgie des autres métaux non ferreux' qui correspond dans la nomenclature d'activité française au code APE 24.45 Z.

### 2.3. Contacts

Siège social	31 rue de Courcelles 75008 Paris, France
Établissement secondaire	Usine du Grand Sud, Route de Kwa Neïe, Prony 98810 Mont-Dore – Nouvelle-Calédonie
Téléphone	Nouméa (+687) 23 50 00
Télécopieur	Nouméa (+687) 27 37 10
Adresse du site	Usine du Grand Sud, route de Kwa Neïe Prony 98810 Mont-Dore
Téléphone	(687) 35.20.00
Télécopieur	(687) 35.20.01



# 3 Cadre réglementaire

L'exploitation de l'aire de stockage de résidus KO2 et de deux cellules de suivi sur le site de la Kwé Ouest est autorisé par l'arrêté n° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008 émis par la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie. Cet arrêté autorise l'exploitation du parc à résidus en tant qu'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) en raison de sa fonction de stockage de déchets issus de l'usine hydrométallurgique (ancienne rubrique 2720 de la nomenclature ICPE).

En 2008, l'exploitant du parc à résidus KO2 devient Vale Inco Nouvelle-Calédonie S.A.S. (renommé Vale Nouvelle-Calédonie S.A.S. en 2010). Depuis 2021, l'exploitant devient Prony Resources NC (appelé « PRNC » dans le reste du document).

Le projet Lucy est autorisé par l'arrêté n°3690-2017/ARR/DIMENC du 29 novembre 2017 complété par l'arrêté n° 2272-2019/ARR/DIMENC du 6 août 2019, l'arrêté n°3319-2020/ARR/DIMENC du 2 décembre 2020, l'arrêté n°762-2021 du 26 mars 2021, L'arrêté n°3538-2021/ARR/DIMENC du 8 décembre 2021et l'arrêté n°1155-2022 du 14 avril 2022.

A noter que l'article 14 de l'arrêté ICPE n°3690-2017/ARR/DIMENC du 29/11/2017 prévoit que les dispositions de l'arrêté n° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008 encadrant l'exploitation du parc a résidus KO2 soient abrogées à compter de la mise en service des installations du projet Lucy.

En application de l'article 415-5 du code de l'environnement de la province Sud (Livre IV, Titre I) et conformément à l'article 3 de l'arrêté ICPE n°3690-2017/ARR/DIMENC du 29 novembre 2017, le présent Porter à Connaissance vise à informer la DIMENC d'un changement notable du projet Lucy.

Les rubriques soumises au régime d'autorisation ou de déclaration de la nomenclature des ICPE du code de l'environnement de la province Sud concernées par les installations du projet Lucy sont listées dans le Tableau 2.

Les modifications prévues dans le cadre de ce Porter à Connaissance concernent la rubrique 2760.

**Tableau 2 : Classement des activités et produits du projet selon la nomenclature ICPE**

Rubrique	Régime	Libellé de la rubrique (activité)	Volume autorisé
2760-2	Autorisation	Installation de stockage de déchets non dangereux et non inertes	130,2 millions de m <sup>3</sup>
2515	A	Concassage	1000 kW
1418	D	Stockage ou emploi de l'acétylène	1t
1432	D	Stockage en réservoir manufacturés de liquides inflammables	100 m <sup>3</sup>
1434	D	Installation de remplissage ou de distribution de liquides inflammables	20 m <sup>3</sup> /h
2930	D	Ateliers de réparation et d'entretien de véhicules à moteur	800 m <sup>2</sup>
2518	D	Installation de production de béton prêt à l'emploi équipée d'un dispositif d'alimentation en lient hydraulique mécanisé, à l'exclusion des installations visées à la rubrique 2522	3 m <sup>3</sup>

D'autre part, le barrage KO2 est classé en fonction de ses caractéristiques dimensionnelles en barrage de classe A, suivant le classement des barrages défini par le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques, modifiant le décret 2007-1735 du 11 décembre 2007.

Toute modification substantielle apportée sur le barrage KO2 est donc soumise à l'avis du Comité Technique Permanent des Barrages et Ouvrages Hydrauliques (CTBOH), conformément à l'article R214-120-1 du code de l'environnement.

La construction de la verse Lucy 2.0 contre le talus aval du barrage KO2 a fait l'objet d'un Dossier de Consultation du Comité Technique Permanent des Barrages et Ouvrages Hydrauliques (CTPBOH) en juillet 2022. Ce dossier est actuellement en cours d'instruction.

# 4 Plan de production et estimation de la durée de vie du parc à résidus KO2

Les détails du plan de production de PRNC élaboré en novembre 2022 pour un plan minier allant jusqu'au 2044 est détaillé dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 3 : Plan de production : Novembre 2022**

Année	Quantité annuelle de résidus neutralisé	Volume annuel de résidus envoyé au parc à résidus KO2	Capacité rsiduelle du parc KO2	Volume cumulé de résidus envoyé au parc à résidus KO2	Volume annuel de résidus envoyé en verse	Volume de résidus annuel stocké au niveau de la verse Lucy 2.0	Volume de résidus cumulé stocké au niveau de la verse Lucy 2.0	Volume de résidus annuel stocké au niveau de la verse à résidus long terme	Volume de résidus cumulé stocké au niveau de la verse à résidus long terme
	(en tonne sèche)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
2023	4 035 496	3 895 888	7 404 112	3 895 888	1 186 911	139 608	139 608	-	-
2024	4 420 082	442 008	6 962 104	4 337 896	2 600 048	2 600 048	2 739 656	-	-
2025	4 248 293	424 829	6 537 275	4 762 725	2 498 996	2 498 996	5 238 652	-	-
2026	4 682 148	468 215	6 069 060	5 230 940	2 754 204	2 754 204	7 992 856	-	-
2027	4 591 041	459 104	5 609 956	5 690 044	2 700 613	2 700 613	10 693 469	-	-
2028	5 141 000	514 100	5 095 856	6 204 144	3 024 118	3 024 118	13 717 586	-	-
2029	5 163 000	516 300	4 579 556	6 720 444	3 037 059	3 037 059	16 754 645	-	-
2030	5 300 000	530 000	4 049 556	7 250 444	3 117 647	3 117 647	19 872 292	-	-
2031	5 300 000	530 000	3 519 556	7 780 444	3 117 647	3 117 647	22 989 939	-	-
2032	5 300 000	530 000	2 989 556	8 310 444	3 117 647	3 117 647	26 107 586	-	-
2033	5 300 000	530 000	2 459 556	8 840 444	3 117 647	3 117 647	29 225 233	-	-
2034	5 300 000	530 000	(1) 1 929 556	9 370 444	3 117 647	174 767	29 400 000	2 942 881	2 942 881
2035	5 300 000	530 000	1 399 556	9 900 444	3 117 647		-	3 117 647	6 060 528
2036	5 300 000	530 000	869 556	10 430 444	3 117 647		-	3 117 647	9 178 175
2037	5 300 000	530 000	339 556	10 960 444	3 117 647		-	3 117 647	12 295 822
2038	5 300 000	339 556	(2) -	11 300 000	3 242 120		-	3 242 120	15 537 942
2039	5 300 000				3 464 052		-	3 464 052	19 001 994
2040	5 300 000				3 464 052		-	3 464 052	22 466 047
2041	5 300 000				3 464 052		-	3 464 052	25 930 099
2042	5 300 000				3 464 052		-	3 464 052	29 394 151
2043	5 300 000				3 464 052		-	3 464 052	32 858 203
2044	5 300 000				3 464 052		-	3 464 052	36 322 256

(1) Si on compte un volume de surnageant moyen d'environ 1,6 Mm<sup>3</sup> : Capacité résiduelle pour le stockage des résidus humides nulle en **2034**.

(2) Sans compter le volume d'eau surnageante : Capacité résiduelle pour le stockage des résidus humide nulle en **2038**

# 5 Justification du choix du projet Lucy 2.0

## 5.1. Rappel historique du projet LUCY et statut à fin juin 2020

La construction du projet LUCY 1.0 devait s'achever en septembre 2020 et l'usine d'assèchement (i.e. DWP2) entrer en phase d'exploitation à partir du premier trimestre 2021. Le projet LUCY 1.0 devait offrir à PRNC (anciennement VNC) une solution de stockage de ses résidus miniers jusqu'à la fin de la vie de la mine (2044).

Le projet LUCY 1.0 a été suspendu en septembre 2019 en raison de la révision significative du plan de production 2020-2024, offrant plus de temps à PRNC pour développer des solutions optimisées de stockage long terme des résidus miniers.

L'objectif principal du projet LUCY 2.0 est donc de trouver une solution alternative de stockage, pour la durée du plan minier. Il est également important de noter que le concept du projet LUCY 1.0 (stockage de résidus asséchés en amont du barrage) n'est plus réalisable en raison de l'élévation du niveau des résidus humides dans le parc à résidus survenu depuis l'arrêt du projet.

Suite à l'arrêt de LUCY 1.0, PRNC a effectué un virage stratégique en focalisant sa production sur son produit intermédiaire (i.e. NHC), plus adapté au marché des batteries, porté par l'accroissement significatif de la demande pour les véhicules électriques. Cette nouvelle stratégie a permis une remise en question de l'ensemble du procédé de PRNC et des capacités réelles que l'usine du sud est en mesure d'atteindre. La stratégie 100% NHC a donné lieu à une mise à jour des paramètres entrants du design du projet LUCY 2.0. Ces différences sont mises en évidence dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 4 : Mise à jour des paramètres entrants du design du projet LUCY 2.0**

Paramètres du design	LUCY 1.0	LUCY 2.0
Production (Ni contenu)	57 000 t Ni / an	45 000 t Ni / an
Pic de production instantané	845 dt / h	760 dt / h
Quantité totale de résidus	6.3 millions t / an	5.025 millions t / an
Facteur de production du résidu	1,3	1,3
Concentration résidus en provenance du A285, unité de traitement des effluents	20%	20%

## 5.2. Capacité actuelle du parc à résidus KO2

Il est prévu que le parc à résidus KO2 atteigne sa pleine capacité en **Août 2025** si la déposition conventionnelle des résidus humides est maintenue telle qu'actuellement et si aucune alternative au projet LUCY 1.0 n'est mise en œuvre. Cette évaluation est basée sur le nouveau plan de production de novembre 2022, la bathymétrie de mars 2023 ainsi que sur les paramètres spécifiques ci-dessous.

Par ailleurs, en considérant le projet Lucy et un taux de bypass de 10% à partir de janvier 2024, le parc à résidus KO2 peut être maintenu fonctionnel jusqu'à **2034, si on considère un volume de surnageant moyen de 1,6 Mm<sup>3</sup>**.



**Tableau 5 : Paramètres retenus pour l'estimation de la capacité actuelle du parc à résidus KO2**

Paramètres	Unité	Résidus humides	Résidus épaissis
Volume total stocké (février 2023)	Mm <sup>3</sup>	29	
Pente plage subaérienne	%	0.26 [0.2-0.5]	1
Pente plage subaquatique	%	1.5	2
Densité humide estimée	t/m <sup>3</sup>	1.17	1.34
Volume d'eau du bassin opérationnel	Mm <sup>3</sup>	0.7	
Volume d'eau, centennale 10 jours	Mm <sup>3</sup>	1.6	
Capacité de stockage autorisé par l'ICPE	Mm <sup>3</sup>	45	
Capacité résiduelle pour le stockage en résidus humides	Mm <sup>3</sup>	<b>11,3</b>	
Elévation de l'évacuateur de crues	m	229	
Bypass à partir de janvier 2024	%		10

### 5.3. Nouveaux besoins opérationnels

L'aggiornamento stratégique de PRNC a nécessité une revue complète des objectifs du projet LUCY 2.0. En plus d'offrir une solution de stockage à moyen/long terme, le projet LUCY 2.0 doit répondre aux exigences opérationnelles suivantes :

- Renforcer le barrage KO2 afin de réconcilier le facteur de sécurité court/long terme non drainé (Facteur de sécurité recommandé = 1.5) ;
- Maintenir un espace de stockage disponible pour les résidus humides/épaissis dans KO2 (stockage tampon) et ce, afin d'améliorer la fiabilité et la flexibilité opérationnelle que ne permettait pas le projet LUCY 1.0 ;
- Continuer d'assurer à moyen terme la gestion des eaux de pluie et de récupération du procédé de filtration en vue de leur traitement vers l'usine ;
- Permettre de combler progressivement le parc à résidus KO2 pour pouvoir l'assécher et procéder à sa fermeture.

L'équipe du projet LUCY 2.0 a d'abord analysé la possibilité de développer une solution dans la fosse minière tel que préconisé par la précédente équipe propriétaire du projet LUCY 1.0. Cependant, les contraintes actualisées à la fois techniques et de temps auxquels le projet doit faire face ne permettent pas d'envisager cette option à court terme. Développer une solution dans la fosse minière nécessiterait un processus d'étude et de permis évalué à au moins 36 mois avant de pouvoir commencer le développement des infrastructures requises pour la gestion des résidus. Cette solution nécessite également d'anticiper immédiatement l'organisation des opérations minières afin de gérer les résidus en plus des activités d'extraction de minerai pour la production et pour l'export (i.e. saprolite), accentuant ainsi la pression sur les opérations.

Plutôt que d'utiliser la capacité restante de KO2 pour développer une nouvelle solution à long terme pour le stockage et la gestion des résidus, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter significativement le risque sur l'opération de PRNC si les solutions envisagées n'obtiennent pas les autorisations nécessaires dans le délai imparti, PRNC a décidé de s'appuyer sur les investissements effectués dans le cadre du projet LUCY 1.0 en relançant la construction de l'usine d'assèchement au plus tôt pour commencer les opérations de mise en verse de résidus asséchés en aval du barrage KO2 seulement, et dans l'emprise du permis ICPE LUCY 1.0. En relançant la construction de l'usine d'assèchement DWP2 dès que possible pour livrer l'usine avant l'expiration du permis ICPE, prévue en mai 2023.

Par conséquent, il a donc été décidé de diviser le projet en deux phases distinctes :

- Phase 1 : solution court / moyen terme. Reprise de la construction de l'usine DWP2 et démarrage des opérations de mise en verse au plus tôt pour maximiser la capacité restante dans le parc à résidus KO2 jusqu'à sa fermeture.
- Phase 2 : solution long terme à mettre en œuvre une fois que la capacité de stockage dans l'emprise du parc à résidus KO2, et dans les limites des permis ICPE KO2 et LUCY 1.0, sera atteinte.

## 5.4. Etude LUCY 2.0 – Phase 1

Dans la continuité des études précédentes, un bureau d'étude a été engagé par PRNC afin d'étudier la phase 1 de l'étude LUCY 2.0. L'objectif principal de l'étude était de connaître la capacité maximale qu'il est possible d'atteindre dans le parc à résidus KO2 (déposition des résidus humides) ainsi que sur la zone de déposition des résidus asséchés, en aval du barrage, tout en restant dans l'emprise de l'ICPE LUCY 1.0, et offrant le plus de temps possible pour trouver une solution de stockage à long terme.

Le projet LUCY 2.0 s'est, par ailleurs, attaché à prendre en considération les problématiques listées ci-dessous, qui étaient initialement adressées dans le cadre du projet LUCY 1.0 :

- Gestion des eaux dans le parc à résidus KO2 ;
- Confortement du barrage KO2 ;
- Impact sur les eaux souterraines par rapport à LUCY 1.0.

### 5.4.1. Localisation des épaisseurs et capacités de stockage révisées

L'étude a notamment montré que :

La mise en exploitation au plus tôt des épaisseurs permettrait d'améliorer significativement la gestion des eaux grâce à l'augmentation de la teneur en solides des résidus entrants dans le parc à résidus KO2.

Afin de récolter ces bénéfices au plus tôt, le projet LUCY 2.0 a étudié la possibilité d'installer en avance les épaisseurs du projet LUCY 1.0, afin de pouvoir réduire significativement la teneur en eau des résidus et ainsi optimiser la plage de déposition des résidus dans le parc à résidus. Le projet a conclu qu'il n'est pas possible d'installer les épaisseurs sur l'emplacement prévu dans l'ICPE LUCY 1.0 en raison des contraintes liées à la mise en œuvre des infrastructures supplémentaires requises afin d'alimenter les épaisseurs en énergie et de rediriger le flux de résidus depuis la sous-verse des épaisseurs vers le parc à résidus KO2.

En revanche, il est possible d'installer les deux épaisseurs du projet LUCY 1.0 au niveau de l'emplacement actuel des cellules tests, près de l'usine DWP1. Au vu du plan de production prévu, la mise en service des épaisseurs d'ici début mai 2023 serait suffisante pour épaissir les résidus humides.

L'installation des épaisseurs sur ce nouvel emplacement permettrait de les exploiter d'ici le deuxième trimestre 2023 en s'appuyant sur les infrastructures existantes de l'usine de démonstration DWP1 et ainsi optimiser le stockage dans le parc existant. Il est prévu de maintenir les épaisseurs à ce nouvel emplacement pendant la phase d'exploitation de l'usine DWP2, ce qui nécessitera l'installation d'une ligne supplémentaire pour envoyer les résidus épaissis vers DWP2

lorsque l'usine d'assèchement entrera en opération fin 2023. Ce changement de localisation a fait l'objet d'un porter à connaissance de l'ICPE LUCY 1.0 pour le changement de localisation des épaisseurs déposé en juillet 2021.

Le principe de gestion des eaux au niveau de la plateforme des épaisseurs a été projeté de façon à séparer les eaux claires et les eaux de contact :

- Les eaux claires provenant du bassin versant amont sont acheminés vers le drain nord puis vers le milieu naturel ;
- Les eaux de contact de la plateforme des épaisseurs sont rejetées dans le KO2 ;

**Le principe de gestion des eaux est présenté par le plan H354600-3310-220-272-2001-R2.**

La capacité totale de la verse en aval du barrage KO2 peut être augmentée significativement pour atteindre une capacité totale d'environ 32 millions de m<sup>3</sup> (Résidus et enrochements), pour une durée totale d'environ 10 ans après le démarrage de l'usine DWP2.

## 5.4.2.Nouvelle stratégie de déposition

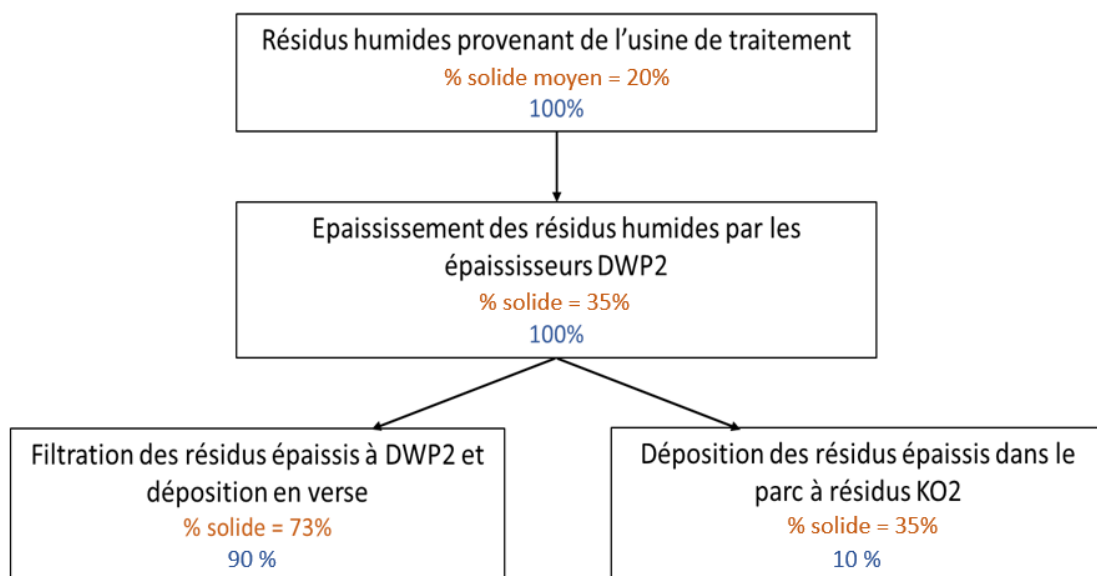
Afin de tenir compte du retour d'expérience obtenu grâce à l'usine pilote et la verse de stockage des résidus asséchés DWP1, la stratégie de déposition prise en compte dans le projet Lucy 2.0 a évolué.

Pour rappel, la stratégie de déposition du projet Lucy 1.0 reposait sur une filtration des résidus humides 100% du temps, suivie d'une déposition des résidus asséchés en verse.

Le projet Lucy 2.0 est, quant à lui, basé sur une déposition dite mixte :

- 90% de la production de résidus sera filtré à l'usine DWP2 et déposé sous forme de résidus asséchés en verse ;
- 10% de la production de résidus sera déposé sous forme de résidus épaissis (35% solide) au sein du parc à résidus KO2. En effet, les résidus provenant de l'usine de traitement, avec un pourcentage solide moyen de 20%, sont envoyés dans les épaisseurs de l'usine de filtration DWP2 pour atteindre un pourcentage solide de 35%. Une fois ce pourcentage solide atteint, les résidus humides épaissis sont déposés dans le parc à résidus KO2.

Le logigramme ci-dessous récapitule la stratégie de déposition prévue dans le cadre du projet Lucy 2.0.



Les évènements pouvant engendrer l'envoi des résidus humides/ épaissis directement dans le parc à résidus KO2 sont :

- Maintenance/arrêt de l'usine DWP2 (2%) ;
- Conditions météorologiques ne permettant pas la déposition des résidus asséchés en verse (8%) ;

Le besoin de « by-passer » les résidus dans le parc à résidus KO2, entraîne le comblement du parc à résidus KO2 à partir de 2038, sous réserve de réalisation du plan de production, et le besoin de trouver une solution de stockage à long terme au-delà de cette date.

### 5.4.3.Confortement du barrage KO2

La conception du barrage KO2 a été réalisée par Golder Associates, selon le standard australien ANCOLD 1999, puis validée par le CTPBOH en 2005. La construction a débuté en 2006 pour s'achever en décembre 2016. L'opération, c'est-à-dire la déposition des résidus humides, a commencé en 2008. Ainsi, entre 2008 et 2016, la construction et l'opération du parc à résidus ont été concomitantes.

#### 5.4.3.1. Analyse de stabilité - 2017

Après la transition construction-opération / opération en 2017, la stabilité du barrage<sup>1</sup> a été réévaluée en utilisant :

- Le standard ANCOLD mis à jour, à savoir l'ANCOLD 2012 ;
- Les résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons prélevés dans la fondation en 2016/2017.

Il est à noter que l'ANCOLD 2012 intègre un nouveau coefficient de sécurité.

**Tableau 6 : Coefficients de sécurité recommandé pour divers scénarii**

Condition	Facteur de sécurité minimum recommandé	Description
Court terme – Pas de perte de confinement	1.3	Condition non drainée ou partiellement drainée Rupture localisée en pied, après construction du barrage
Court terme et/ou long terme – Potentiel perte de confinement	1.5	Condition non drainée ou partiellement drainée Le cercle de glissement intercepte les résidus, ce qui peut engendrer un déversement de résidus
Long terme	1.5	Condition drainée Aucune pression interstitielle générée
Post séisme	1.0 – 1.2	Résistance au cisaillement résiduelle Selon la confiance dans les paramètres utilisés, le facteur de sécurité de référence peut être pris entre 1.0 et 1.2

Les résultats de l'analyse de stabilité, effectuée en 2017, indiquent que :

- Le coefficient de sécurité long terme drainé est supérieur au facteur de sécurité recommandé par l'ANCOLD 2012 ;
- Le coefficient de sécurité court/long terme non drainé ne respecte pas le facteur de sécurité recommandé par l'ANCOLD 2012 ;
- Une campagne d'investigations géotechniques complémentaires est nécessaire afin d'obtenir plus de connaissance sur la fondation du barrage ;

<sup>1</sup> Rapport 005-1783848R-Stability assessment of KO2 berm-Rev 5

- Le confortement du barrage doit être étudié.

Le projet LUCY 1.0 permettait d'adresser la problématique des facteurs de sécurité en stockant les résidus asséchés à la fois en aval et en amont du barrage KO2, le stockage aval agissant alors comme un confortement.

En parallèle, une campagne d'investigations géotechniques a été réalisée en 2018 pour obtenir davantage de connaissance sur les caractéristiques géotechniques de la fondation du barrage, et ce, afin d'évaluer notamment le paramètre de résistance au cisaillement non drainée.

#### 5.4.3.2. Analyse de stabilité – 2019

En 2019, suite à l'annulation du projet LUCY 1.0 et à l'obtention des résultats de la campagne d'investigations géotechniques réalisée en 2018, la stabilité du barrage KO2 a été évaluée à nouveau<sup>2</sup>.

Les conclusions de cette analyse indiquent que :

- Le coefficient de sécurité long terme drainé est supérieur au facteur de sécurité recommandé par l'ANCOLD 2012 ;
- Le coefficient de sécurité court/long terme non drainé ne respecte pas le facteur de sécurité recommandé par l'ANCOLD 2012 ;
- Le niveau de nappe dans la fondation influe sensiblement sur les résultats de l'analyse de stabilité. Les résultats présentés sont les résultats conservateurs, prenant en considération un niveau de nappe au niveau de la transition fondation/remblais ;
- Une campagne d'investigations géotechniques complémentaires est nécessaire afin de caractériser la couche de colluvion et de latérite, spécialement le paramètre de résistance au cisaillement non drainée ;
- Le confortement du barrage doit être étudié immédiatement.

Le projet LUCY 2.0 prévoit le stockage des résidus asséchés sous forme de verse, en aval du barrage KO2. Cette verse de résidus asséchés a pour vocation d'agir comme un confortement et ainsi d'améliorer les coefficients de sécurité du barrage KO2.

Dans le cadre des études du projet LUCY 2.0, une analyse de stabilité séquencée, en condition non drainée, a été menée afin d'évaluer les facteurs de sécurité du barrage lors de la construction de la verse aval en résidus asséchés, année après année.

Les résultats de cette étude indiquent que le projet LUCY 2.0 permet d'adresser la problématique de stabilité du barrage en construisant un confortement en résidus asséchés, directement en aval du barrage. Le coefficient de sécurité du barrage, en condition non drainée, reste inférieur au facteur de sécurité recommandé par l'ANCOLD 2012 pendant les trois premières années de construction de la verse aval. A la fin de la 3<sup>ème</sup> année de construction, le coefficient de sécurité, égal à 1.60, dépasse à nouveau le facteur de sécurité, recommandé par l'ANCOLD 2012 (FoS=1.5).

Une campagne d'investigations géotechniques est en cours de planification afin de collecter davantage d'informations sur les caractéristiques géotechniques des couches de latérite et colluvion, et de confirmer les résultats des analyses de stabilité. Cette campagne d'investigations permettra également d'obtenir les éléments techniques nécessaires à la conception détaillée de la verse aval du projet LUCY 2.0.

---

<sup>2</sup> Rapport 023-19118422R-Reassessment of Berm stability using recent data-Rev 2

### 5.4.3.3. Conclusion

Les résultats des différentes analyses de stabilité effectuées indiquent qu'un confortement est nécessaire pour que les facteurs de sécurité du barrage KO2 soient conformes aux facteurs de sécurité recommandés par l'ANCOLD 2012.

Le projet LUCY 2.0 apparaît donc comme étant la solution la plus adaptée tant techniquement qu'économiquement afin d'adresser cette problématique et atteindre les coefficients de sécurité recommandés à court terme.

## 5.5. Etude du projet LUCY 2.0 - Phase 2

Plusieurs variantes de stockage à long terme sont en cours d'étude.

La technique de fermeture du parc à résidus KO2 dépendra de la variante qui sera retenue pour le stockage des résidus asséchés à long terme.

## 5.6. Calendrier d'exécution de la phase 1 et enjeux pour PRNC

Le calendrier d'exécution du projet LUCY 2.0 phase 1, est représenté par le diagramme ci-dessous :

- Les travaux préparatoires de la fondation de la future verse, nécessaire pour démarrer la construction des sept premières phases de la mise en verse, seront finalisés fin 2023 ;
- Les épaisseurs seront mis en service en mai 2023 ;
- L'usine de DWP2 produira des résidus à partir de juillet 2023, avec un rendement initial d'environ 50% passant à 90% à partir de janvier 2024.

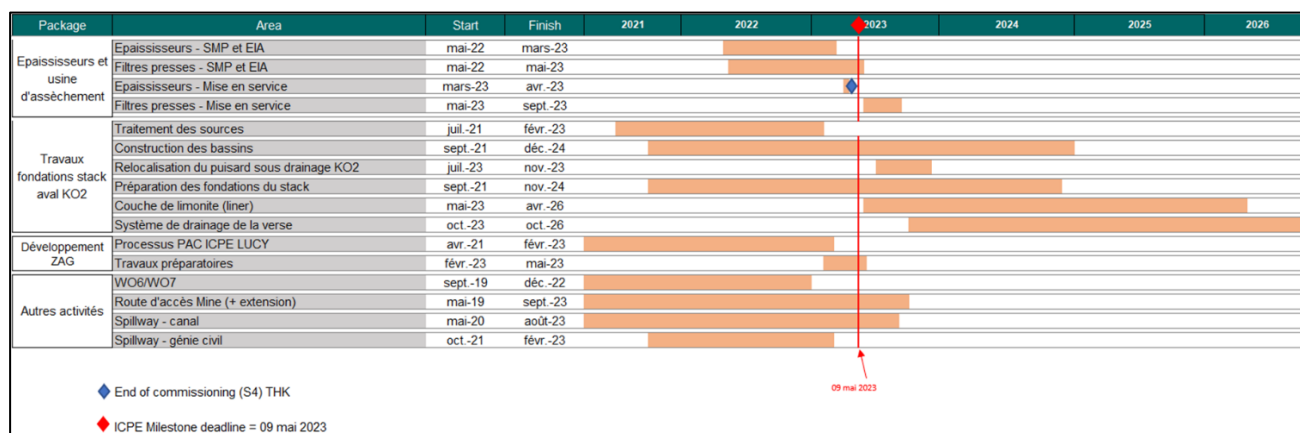


Figure 12 : Calendrier d'exécution de la phase 1



# 6 Présentation détaillée de la verse Lucy 2.0

Cette partie a été rédigée en se référant au rapport suivant :

- Rapport de design de la verse Lucy 2.0 (Réf : MC-21-301-PRNC-01-R403) – Mecater 2022 [3].

## 6.1. Principes de dimensionnement de la verse Lucy 2.0

### 6.1.1. Production des résidus asséchés

L'usine de DWP2 produira des résidus à partir de juillet 2023, avec un rendement initial d'environ 50% passant à 90% à partir de janvier 2024, soit en moyenne 5 millions de tonnes de résidus asséchés par an.

Afin de prendre en considération les conditions climatiques extrêmes, des contraintes liées à la production des résidus asséchés à l'usine ou des contraintes techniques de construction, un bypass est prévu. Ce bypass consiste à stocker les résidus épaissis dans le parc à résidus KO2. Les pourcentages de bypass considérés sont les suivants :

- Entre juillet et décembre 2023 : Peut atteindre 50% de la production et ce, selon la performance de l'usine DWP2 en phase de mise en service ;
- A partir de janvier 2024 : 10% de la production prévisionnelle.

En se basant sur la capacité de stockage de la verse (31,9 Mm<sup>3</sup> dont 29,4 Mm<sup>3</sup> de résidus), et en admettant que la densité sèche des résidus en verse est égale à 1,53 t/m<sup>3</sup> à 90% de l'OPN, la verse permettrait le stockage des résidus asséchés pendant au moins **10 ans**.

### 6.1.2. Caractéristiques géométriques

Les caractéristiques géométriques de la verse Lucy 2.0 sont synthétisées dans le tableau suivant :

**Tableau 7 : Synthèse des caractéristiques géométriques de la verse Lucy 2.0**

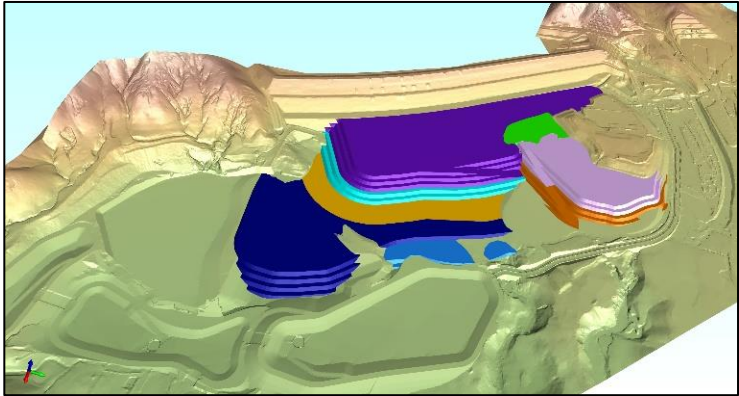
Élément	Description
Surface de l'emprise de la verse	80 ha
Cote de la crête du barrage (EL)	232.00
Cote du fond (EL)	148.00
Cote de plateforme ultime (EL)	252.00
Longueur de crête	1 km
Pente intégratrice	13°
Pente inter-rampe	1V : 3H
Pente du gradin	35°
Hauteur maximale des niveaux	5 m
Largeur des banquettes	8,25 m
Largeur de la piste frontale	17 m

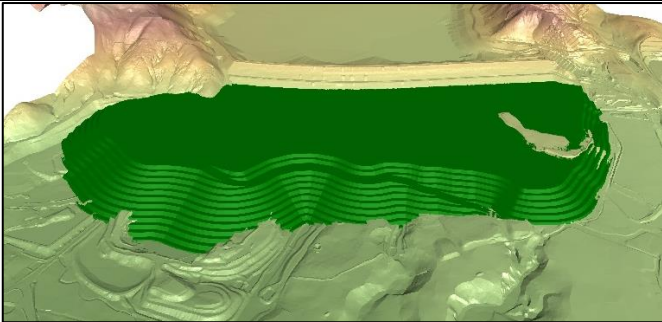
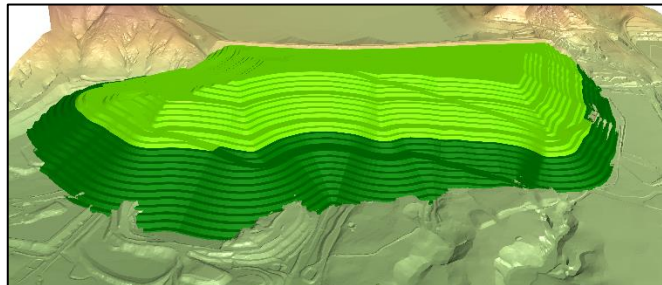
## 6.2. Etapes de construction de la verse Lucy 2.0

La construction de la verse Lucy 2.0 sera scindée **en quatre étapes** (Cf. Tableau 8). Chaque étape comporte une ou plusieurs phases de construction. Les différentes étapes de construction de la verse répondent à des objectifs de réalisation spécifiques et se chevauchent dans le temps.

La durée totale de construction de la verse Lucy 2.0 y compris les travaux préparatoires est d'environ 12 ans.

**Tableau 8 : Etapes de construction de la verse Lucy 2.0**

Etapes	Description	Durée
<b>Etape 1 : Travaux préparatoires de la zone aval</b>	<p>La première étape concerne les travaux préparatoires de la zone aval qui comprennent principalement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Le traitement des infrastructures existantes et des zones marécageuses</li> <li>➔ L'extension des réseaux existants du parc à résidus KO2</li> <li>➔ La construction des systèmes de drainage de la verse Lucy 2.0</li> </ul>	<b>2 ans</b>
<b>Etape 2 : Mise en place d'un Volume de résidus de 14,7 Mm<sup>3</sup> (Phases 1 à 8)</b>	<p>Cette étape concerne la déposition d'un volume de <b>14,7 Mm<sup>3</sup></b> dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ 0,9 Mm<sup>3</sup> déblai excédentaire</li> <li>➔ 0,7 Mm<sup>3</sup> enrochements</li> <li>➔ <b>13,1 Mm<sup>3</sup> résidus asséchés</b></li> </ul> <p>Le stockage se fait progressivement au niveau de la zone aval en suivant 8 phases :</p> <p><b>Phases 1 à 7 :</b></p> <p>Les 7 premières phases de construction de la verse Lucy 2.0 permettent le confortement du barrage KO2 jusqu'à atteindre le niveau de stabilité requis pour le barrage.</p> <p>Le volume cumulée à la fin de la phase 7 est d'environ <b>4,1 Mm<sup>3</sup></b>.</p> <p>La figure suivante présente la vue 3D de la verse Lucy 2.0 à la fin de la phase 7 :</p>  <p><b>Phase 8</b></p> <p>La verse « Phase 8 » est une extension et rehausse de la verse « Phases 1 à 7 ». Le volume de stockage supplémentaire associé à la phase 8 est de <b>10.6 Mm<sup>3</sup></b> ;</p> <p>Le volume cumulée à la fin de la phase 8 est environ <b>14,7 Mm<sup>3</sup> dont 13,1 Mm<sup>3</sup> de résidus.</b></p> <p>La figure suivante présente la vue 3D de la verse Lucy 2.0 à la fin de la phase 8 :</p>	<b>5 ans</b>

Etapes	Description	Durée
		
<b>Etape 3 : Phase finale de construction de la verse Lucy 2.0 (Phase 9)</b>	<p>La phase 9 correspond à une rehausse de la verse jusqu'à atteindre la cote 252 m ce qui correspond à un volume partiel stocké pendant cette phase de <b>17,2 Mm<sup>3</sup> dont 16,3 Mm<sup>3</sup> de résidus asséchés.</b></p> <p>Le volume cumulé à la fin de la phase 9 est environ <b>31,9 Mm<sup>3</sup> dont 29,4 Mm<sup>3</sup> de résidus asséchés.</b></p> <p>La figure suivante présente la vue 3D de la verse Lucy 2.0 à la fin de la phase 9 :</p> 	<b>5 ans</b>
<b>Etape 4 : Travaux de fermeture de la verse Lucy 2.0</b>	Cette étape concerne les travaux de fermeture et de réhabilitation de la verse Lucy 2.0.	Démarrage prévu à la suite de la phase 8. Cette étape se poursuivra 3 ans après la fin de construction de la verse

La verse Lucy 2.0 sera alors constituée par :

- Des déblais excédentaires ;
- Des résidus asséchés issus de l'usine DWP2 ;
- Des enrochements utilisés pour la construction des renforts (internes et externes). Les enrochements représentent un pourcentage de 5% du volume total.

Sur cette base, la verse Lucy 2.0 offre une capacité de stockage totale d'environ 31,9 Mm<sup>3</sup> réparties comme suit (Cf. Tableau 9) :

**Tableau 9 : Volume des matériaux stockés dans la verse Lucy 2.0**

Matériaux	Volume en Mm <sup>3</sup>
<b>Déblais excédentaires</b>	0,9
<b>Résidus asséchés et enrochements</b>	31,0
- Résidus asséchés	<b>29,4</b>
- Enrochements (environ 5% du volume stocké)	1,6

## 6.3. Phase de stockage provisoire

Cette phase est prévue en cas d'un retard d'achèvement des travaux préparatoires de la zone aval.

Les résidus asséchés produits par l'usine DWP 2 seront dans ce cas stockés dans le parc à résidus KO2 au niveau de l'emplacement actuel de la verse DWP1.

### 6.3.1. Historique et position actuelle de la verse DWP1

Le site de la verse se situe actuellement dans le bassin de stockage de résidus KO2, en face de l'usine DWP1, dans une zone non couverte de résidus humides. Les résidus sont ainsi posés directement sur la géomembrane.

La verse DWP1 a été initialement projetée avec une capacité de **350 000 m<sup>3</sup>**, située entre la cote 212 NGNC et la cote ultime 239 NGNC.

Le volume qui a été stocké dans la verse DWP1 est d'environ 153 000 m<sup>3</sup>. Le talus de la verse existante est complètement confiné par les résidus humides placés dans le parc à résidus.

Suite à l'incident survenu en août 2022 (fuite à travers la géomembrane sur la face amont du barrage), une partie des résidus asséchés stockés dans la verse DWP1 a été utilisée pour colmater la fuite survenue au niveau de la berme KO2.

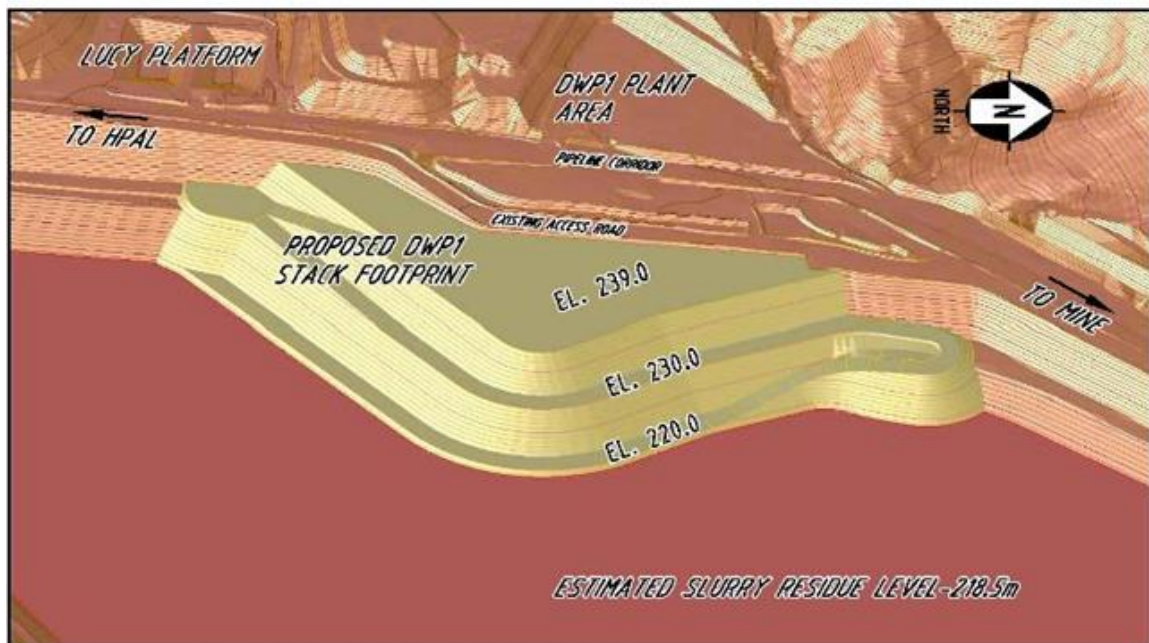


Figure 13 : Vue 3D du design de la verse DWP1



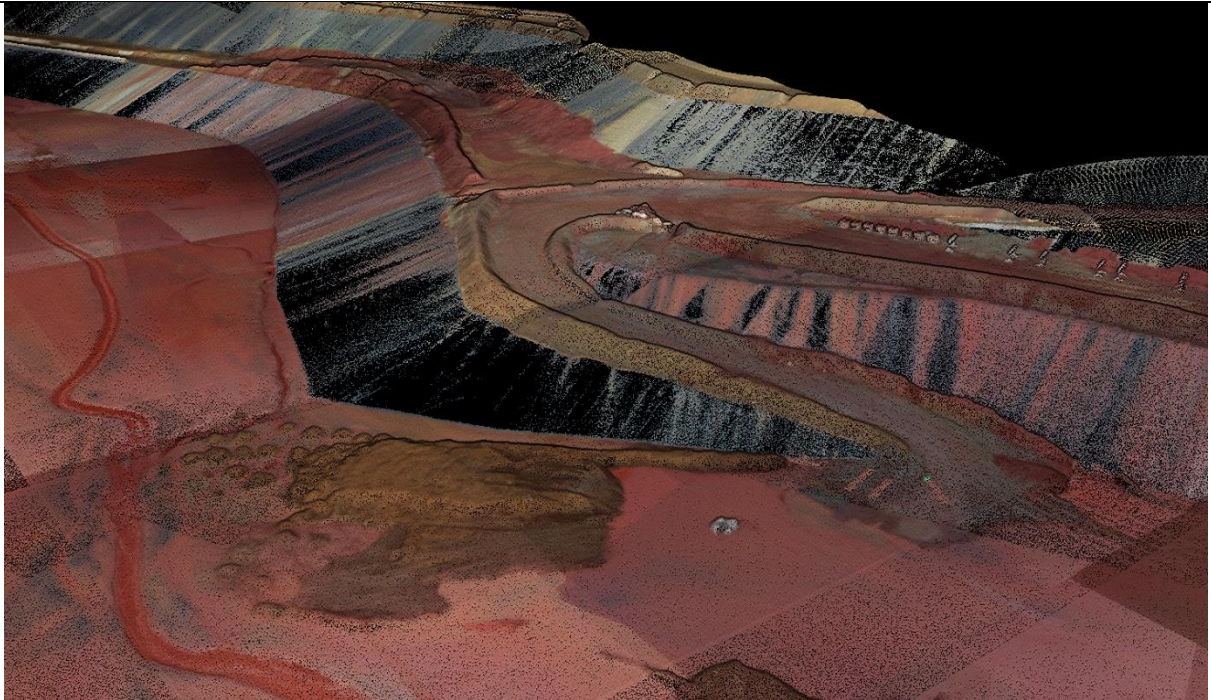


Figure 14 : Photo aérienne de la verse DWP1 à l'état actuel

### 6.3.2. Construction de la verse DWP1 « Phase 2 »

Les résidus asséchés produit par l'usine DWP2, seront stockés, en attendant la finalisation des travaux préparatoires, au niveau de l'emplacement de la verse DWP1.

La nouvelle verse est nommée verse DWP1 « Phase 2 ». Elle aura une capacité de stockage de **115 000 m<sup>3</sup>**, soit une capacité largement suffisante pour pallier à un problème de retard sur la livraison de la zone aval.

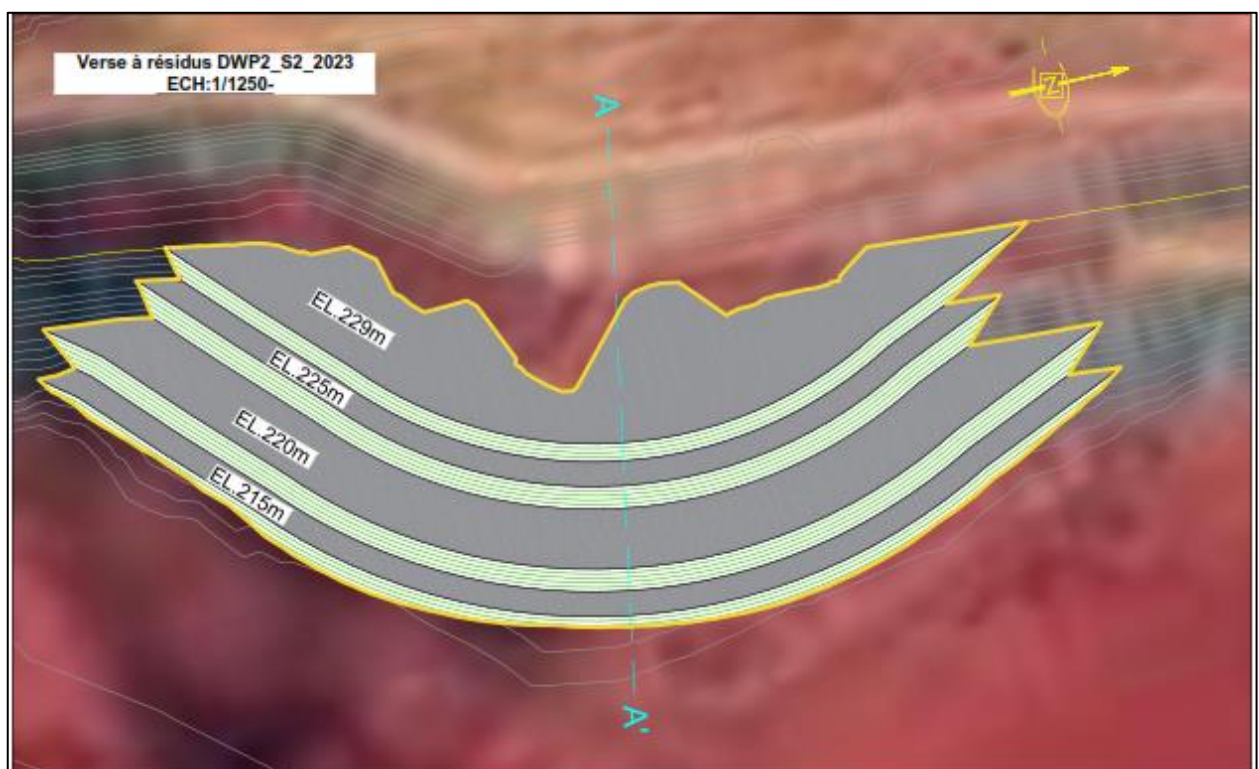


Figure 15 : Verse à résidus DWP1 \_ Phase 2

La construction de la verse DWP1\_Phase 2 sera débutée en juin 2023 et sera étalée, en fonction de la production et de la disponibilité de la zone aval, sur une durée variant de 3 à 6 mois. Le talus libre de la verse est conçu avec une pente maximale de 1V : 1.5H sur environ 17 m de hauteur (Cf. Figure 16).

La verse DWP1\_Phase 2 correspond à une rehausse de la verse existante jusqu'à la cote 229 m.

Les travaux de rehausse se font à partir de la plateforme existante et par niveau de 5 m présentant une pente de 35°. Une banquette de 8,25 m sera maintenue entre deux niveaux de 5 m successifs. A mi-hauteur du talus, une banquette de 20 m de large sera aménagée limitant ainsi la pente intégratrice globale du talus à 1V : 1.5H.

En considérant ce design la verse DWP1 présente un coefficient de sécurité nettement supérieur au minimum requis, à savoir un coefficient de sécurité de 1.5 en conditions normales et 1,1 conditions exceptionnelles.

La verse est située loin de l'eau surnageante et même en cas de rupture (ce qui est très vraisemblable vue la faible pente de la verse), il n'y a pas de risque de formation de vague.

De plus, le talus de la verse est un talus provisoire qui sera totalement confiné par les résidus humides stockés dans le parc à résidus KO2.

La verse sera rehaussée selon la même méthode de construction adoptée à savoir :

- Déposition et étalement des résidus par bull sur des faibles couches ne dépassant pas 50 cm d'épaisseur ;
- Compactage au compacteur ;
- Contrôle de la compacité avant de passer à la couche suivante.
- Nivellement de la plateforme et les banquettes de façon à permettre l'évacuation des eaux vers le bassin KO2.

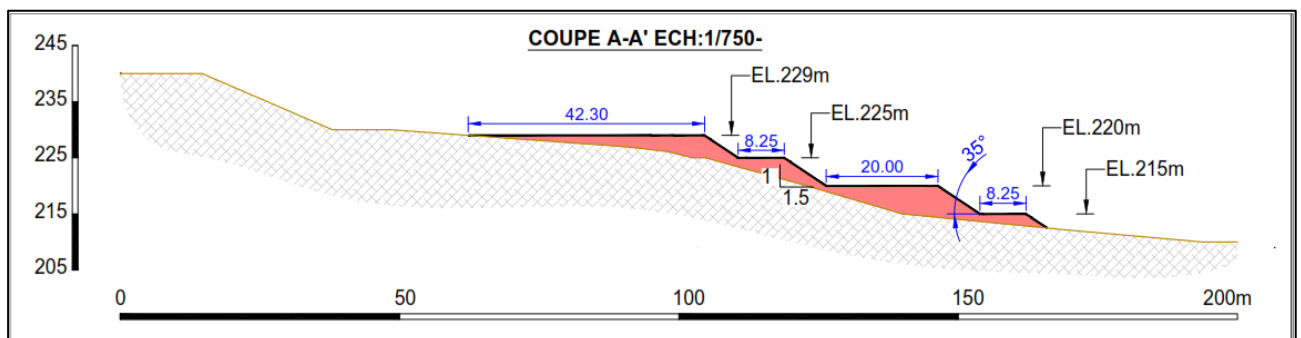
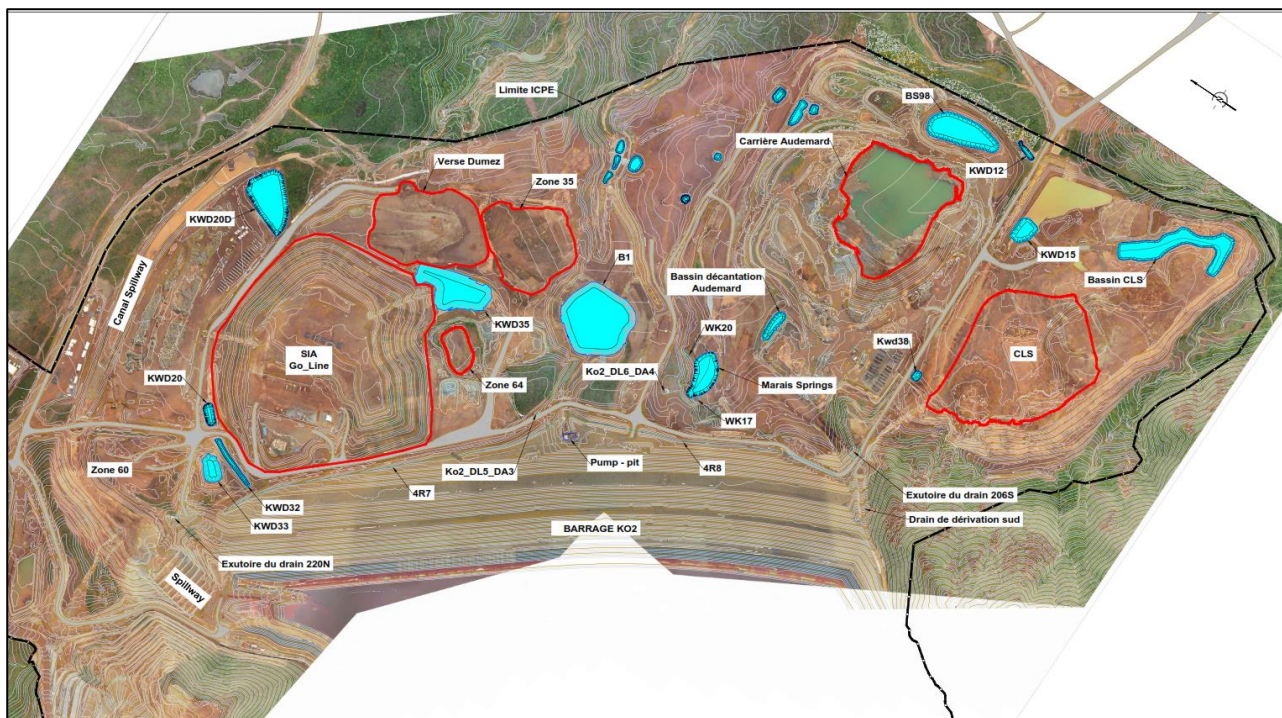


Figure 16 : Coupe type de la verse DWP1 « Phase 2 » - Coupe A-A'



## 6.4. Description de la zone aval du barrage KO2 (emprise de la verse Lucy 2.0 et des infrastructures associées)

Actuellement, plusieurs ouvrages existent en aval immédiat du parc à résidus KO2, dans l'emprise de la future verse Lucy 2.0 (Cf. Figure 17).



**Figure 17 : Infrastructures et installations existantes dans la zone aval du barrage KO2 (Mecater 2022)**

Le Tableau 10 résume succinctement l'ensemble des installations existantes dans la zone aval et leur devenir dans le cadre du projet de construction de la verse Lucy 2.0.

Les différents travaux envisagés sont présentés dans le plan EXT-140-8315-01-0068 en Annexe 1-2.

**Tableau 10 : Installations existantes dans la zone aval du barrage KO2 et leur devenir durant la phase préparatoire**

Installations (CF. Figure 17)		Devenir des installations
Parc à résidus KO2	Réseau de sous drainage (4 collecteurs)	➔ Extension du réseau de sous drainage existant (4 conduites) vers l'aval pour poursuivre la collecte des eaux de sous drainage en provenance du parc à résidus KO2 durant et après la fin de construction de la verse.
	Drains de pied - Nord (4R7) - Sud (4R8) - Central (4R9)	➔ Extension des trois drains de pied du barrage KO2 (4R7, 4R8 et 4R9) à partir du puits de pompage aval existant jusqu'à l'aval de la verse. ➔ Au total, six conduites seront regroupées et prolongées à travers une voie rectiligne vers l'aval et ce, pour faciliter son inspection en cours d'opération.
	Puits de pompage aval	➔ Démantèlement du puits de pompage aval existant.

Installations (CF. Figure 17)		Devenir des installations
		➔ Un nouveau puits sera construit en aval de la verse afin de poursuivre la qualité des eaux de sous drainage du parc à résidus KO2.
	Drain de dérivation des eaux périphériques sud	Extension du drain de dérivation sud (drain de dérivation sud permanent) Ce drain est un ouvrage permanent qui permet de dévier les eaux afin de réduire le volume d'eau de pluie transitant par le bassin KO2 et la verse Lucy 2.0.
	Drain 220 N	Extension des drains horizontaux 206S et 220N vers l'aval. Les eaux collectées par ces drains seront acheminées vers deux exutoires en béton armé, afin de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse.
	Drain 206 S	
	Réseau d'auscultation	Déplacement des enregistreurs KO2-DL5-DA3 et KO2-DL6-DA4 en aval de la verse et extension des réseaux associés
<b>Verse Go Line</b>	Verse à stériles du parc à résidus de la KO2 comprenant dans sa plateforme sommitale un parking et une base vie	Démantèlement de la base vie, terrassement et décapage des surfaces
<b>Carrière AUDEMARD</b>	Carrière de péridotites utilisées pour la construction du barrage KO2	Comblement de la carrière et aménagement d'un canal permettant de capter les eaux et de les acheminer en aval vers un exutoire en béton armé, afin de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse.
<b>Système de gestion des eaux de la zone aval</b>	Différents ouvrages hydrauliques à l'aval du barrage	Les ouvrages hydrauliques seront démantelés pour faire place à un nouveau système de gestion des eaux adapté à la verse Lucy 2.0. Les bassins de sédimentation seront purgés et traités.
<b>Sources</b>	WK17	Il est envisagé de capter les eaux de sources situées au niveau de l'emprise de la verse Lucy 2.0, de les acheminer en aval des bassins des eaux de contact et de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse.
	WK20	
	Nouvelles sources détectées	
<b>Creek KO2</b>	Situé dans l'emprise de la future verse Lucy 2.0	Le traitement du creek KO2 sera réalisé par l'aménagement d'un drain situé sous l'emprise de la future verse à résidus asséchés. Ce drain permettra d'acheminer les eaux du creek KO2 vers l'aval et de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse.

## 6.5. Description des travaux préparatoires de la zone aval du barrage KO2

Les travaux préparatoires concernent l'emprise de la verse Lucy 2.0 et les ouvrages associés qui se situent dans la zone aval du barrage KO2.

Il s'agit principalement de traiter les infrastructures existantes et des zones marécageuses, d'étendre les réseaux existants du barrage KO2 et de construire les systèmes de drainage des eaux de la verse (Cf. Tableau 11).

**Tableau 11 : Description des travaux préparatoires**

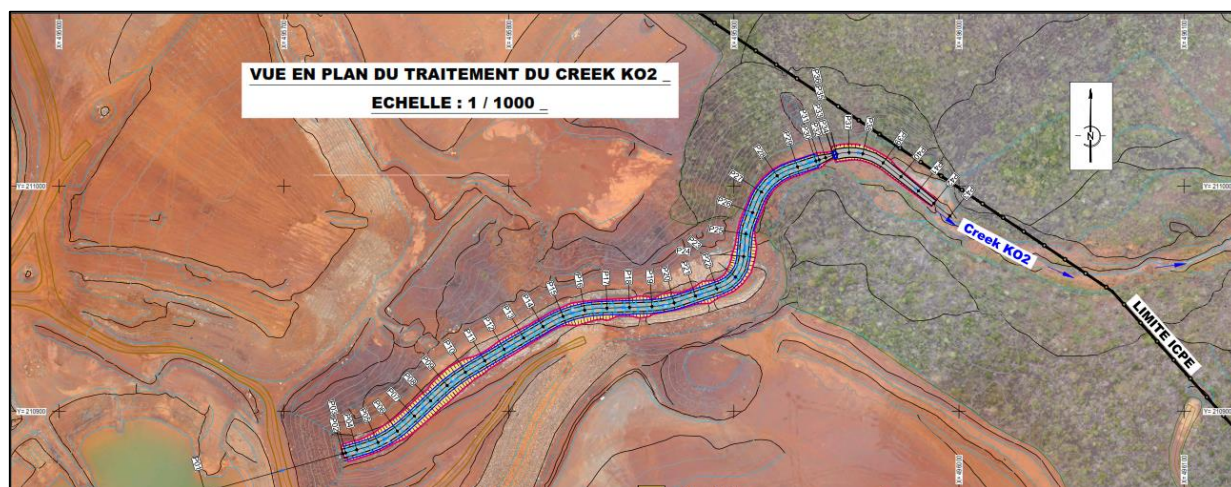
Etapes	Description
<b>Traitement des infrastructures existantes et des zones marécageuses :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement du creek KO2 ;</li> <li>- Traitement de la carrière Audemard ;</li> <li>- Traitement de la verse à stériles Go-Line, de la verse DUMEZ et de la zone 35 ;</li> <li>- Traitement des zones marécageuses et des bassins de sédimentation existants.</li> </ul>
<b>Extension des réseaux existants du barrage KO2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extension du réseau de sous-drainage du parc à résidus KO2 existant et des drains de pied existants ;</li> <li>- Construction du nouveau puits de pompage aval ;</li> <li>- Extension des drains horizontaux 206 S et 220 N existants ;</li> <li>- Extension du drain de dérivation Sud ;</li> <li>- Extension des câbles d'instrumentation.</li> </ul>
<b>Construction des systèmes de drainage de la verse Lucy 2.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction du système de drainage des sous écoulements de la verse Lucy 2.0;</li> <li>- Construction de la barrière étanche sous la verse Lucy 2.0 ;</li> <li>- Construction du système de drainage des eaux de percolation (lixiviats) de la verse Lucy 2.0 ;</li> <li>- Construction des bassins des eaux de contacts (Nord, Sud et Central)</li> </ul>

Les travaux préparatoires sont présentés dans les paragraphes suivants.

## 6.5.1. Traitement des infrastructures existantes et des zones marécageuses

### 6.5.1.1. Traitement du creek KO2

Dans le cadre des travaux préparatoires relatifs à la construction de la verse Lucy 2.0, des travaux de traitement du creek dit KO2, situé sous l'emprise de la future verse Lucy 2.0, sont prévus pour capter les eaux et les acheminer en aval (Cf. Figure 18).



**Figure 18 : Vue en plan du traitement du creek KO2**



Le drainage des eaux du creek KO2 est assuré par quatre conduites crépinées en PEHD DN250. Ces conduites sont posées dans un drain en enrochements 50/150 mm de 1.5 m<sup>2</sup> de section, enveloppé dans un géotextile de séparation et construit au niveau de la ligne d'écoulement. De plus, ce drain permet d'évacuer les eaux du creek KO2 en cas de dysfonctionnement des conduites de drainage et éventuellement des eaux de résurgence de la nappe tout le long de la ligne de pose des conduites. Ces eaux seront acheminées vers un exutoire en béton armé, afin de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse.

#### 6.5.1.2. Traitement de l'ancienne carrière Audemard

La carrière Audemard est située au niveau du pied sud-est de la future verse Lucy 2.0. Dans le cadre des travaux de traitement de la carrière Audemard, les talus actuellement à la verticale seront reprofilés de façon à réduire la pente à 25%. Ces travaux de reprofilage permettent à la fois de stabiliser les talus et faciliter la mise en place de la barrière étanche et ce, conformément au design présenté dans le dossier FEL3.

Il est prévu de combler la carrière Audemard et d'aménager un réseau de drainage composé des ouvrages suivants :

- Un tapis drainant composé d'enrochements et aménagé au fond de la carrière ;
- Une cheminée de drainage projetée contre le talus aval de la carrière et permettant de connecter le tapis drainant à l'exutoire ;
- Trois drains en enrochement équipés en conduites crépinées et aménagés sur le remblai de comblement de la carrière. Ces drains sont connectés au canal Audemard et sont projetés de façon à capter les éventuelles remontées de niveau d'eau et les acheminer vers le canal Audemard. **Ce système permet de maintenir le niveau de la nappe sous la barrière étanche et assurer un écoulement gravitaire des éventuelles remontées d'eau vers le canal Audemard ;**
- Un exutoire aménagé sous forme de canal de drainage, dit « canal Audemard ». Cet ouvrage est équipé de deux conduites crépinées en PEHD DN110 PN8, entourées par des enrochements 50/150 mm, de section d'environ 2 m<sup>2</sup>.

Ce système de drainage assure le captage des eaux de résurgence de la nappe du fond de la carrière Audemard et leur acheminement vers l'aval vers un exutoire en béton armé, permettant, ainsi, de contrôler le débit et la qualité des eaux, pendant le comblement de la carrière et durant toutes les phases de construction de la verse et après sa fermeture.

Le canal Audemard tel qu'il a été projeté implique un dépassement de la limite ICPE. En effet, l'entrée du canal a été positionnée de façon à abaisser la cote de l'ouverture à la topographie et réduire par conséquent le volume de remblai à mettre dans la carrière Audemard ; (Cf. Figure 19). A la fin des travaux, les travaux de réhabilitation suivants seront réalisés :

- Comblement du canal Audemard de façon reconstituer l'état du terrain avant travaux d'excavation de la zone ;
- Etalement du top soil sur la zone impactée et située en dehors de la limite ICPE ;
- Revégétalisation et de réhabilitation de la zone.

En considérant ces travaux de réhabilitation, **aucun impact significatif n'est engendré par le dépassement de la limite ICPE. Cette alternative sera détaillée dans le cadre du dossier de demande d'autorisation d'exploitation.**

**A ce stade d'étude, le point de rejet est maintenu au niveau de la limite ICPE ce qui implique la mise en place d'un regard de collecte des eaux et un puit de pompage.**

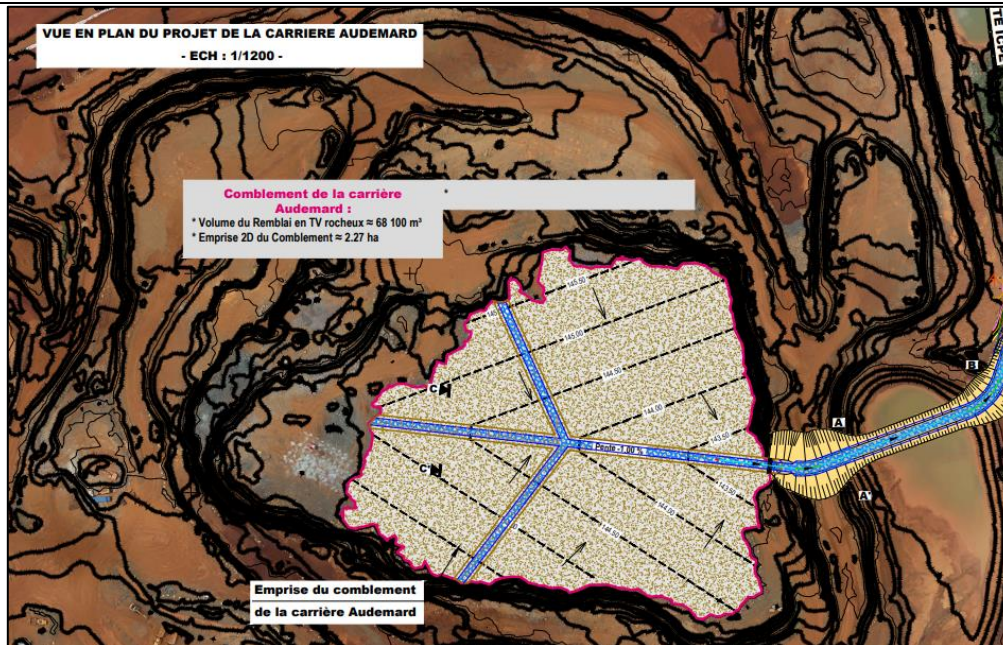


Figure 19 : Vue en plan des travaux de comblement de la carrière Audemard

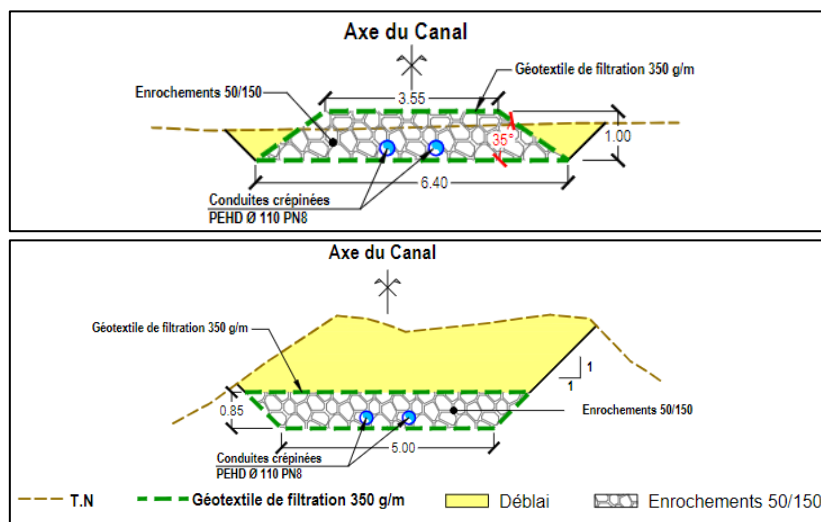


Figure 20 : Coupes Types des drains de la carrière Audemard

#### 6.5.1.3. Traitement de la verse à stérile Go-Line, de la verse Dumez et de la Zone 35

La verse à stériles Go-Line a été créée au début des travaux de construction du parc à résidus KO2 sur une emprise au sol de 115 000 m<sup>2</sup>. Environ 1,5 Mm<sup>3</sup> de stériles y ont été stockés depuis. Sur la verse à stériles, un parking dit « go-line » a été créé en 2011 pour garer les engins de chantier pendant la construction du parc à résidus. A côté du parking engins est disposé un espace base-vie en demi-lune, quelques bureaux, sanitaires et un parking VL (véhicules légers).

Dans le cadre des travaux préparatoires de la zone aval, il est prévu de démanteler la base vie et de décaper la couche supérieure jusqu'à 30 cm d'épaisseur.

D'autres verses à stériles ont été créées dans la zone aval, il s'agit de la verse Dumez et de la Zone 35. Si PRNC opte pour la construction des butées en déblais de bonne qualité, ces verses seront déblayées et leur emprise sera reprofilée. Dans le cas où les butées sont construites en résidus, les deux verses seront maintenues en place.

#### 6.5.1.4. Traitement des zones marécageuses et des bassins de sédimentation

Plusieurs ouvrages hydrauliques sont actuellement présents dans la zone de projet. Il s'agit principalement des bassins de décantation KWD20, KWD32, KWD33, KWD12, KWD35, KWD15, KWD38, KWDR20D, B1, BS 98, des deux bassins de décantation de la carrière Audemard et de la carrière de limonite sud.

Dans le cadre des travaux préparatoires, il est prévu de purger et de démanteler les ouvrages hydrauliques pour faire place à un nouveau système de gestion des eaux adapté à la verse Lucy 2.0. Les zones marécageuses seront aussi purgées et traitées.

### 6.5.2. Extension des réseaux existants du barrage KO2

#### 6.5.2.1. Extension du réseau de sous drainage du parc à résidus KO2 et des drains de pied

Le réseau de drainage des sous-écoulements KO2 et les drains de pied KO2 existants comprennent ce qui suit :

- 4 conduites de drainage, GEO1, GEO2, GEO3 et GEO4, permettant de collecter les sous-écoulements d'eau souterraine.
- Drains de pied du barrage KO2 constitués actuellement par 3 tranchées en terre nommées 4R7, 4R8 et 4R9, permettant de collecter les eaux provenant du tapis drainant installé à la base du barrage ainsi que du pralinage en enrochements du talus aval du barrage.

Pour le réseau de drainage des sous-écoulements, il est prévu de prolonger les quatre conduites existantes avec des conduites de même diamètre, disposées selon un tracé rectiligne afin de faciliter leur inspection.

Concernant les trois drains de pied du barrage KO2, il est prévu de canaliser les drains de pieds jusqu'au nouveau Pump Pit. Deux tronçons sont projetés :

##### Un premier tronçon à l'emplacement actuel des drains :

- Mettre en place deux conduites crépinées en PEHD de diamètre DN 500 mm au niveau de l'emplacement actuel des drains 4R7 et 4R8 ;
- Recouvrir les conduites crépinées des deux drains 4R7 et 4R8 par une couche en enrochements de diamètre 50/150 mm sur une épaisseur minimale de 1 m afin d'intercepter les eaux collectées par le barrage et ensuite les évacuer à travers les conduites crépinées. Ce système permet d'assurer un écoulement à ciel ouvert sur ce tronçon ;
- Recouvrir l'emprise du drain 4R9 par un tapis drainant pour capter les eaux diffuses qui y sont interceptées et ensuite les évacuer à travers le drain 4R8.

##### Un deuxième tronçon d'évacuation vers l'aval :

- Regrouper les drains 4R8 & 4R9 dans une conduite pleine en PEHD de diamètre DN355, en amont de zone d'extension du drain 4R8 et prolonger jusqu'au nouveau puits de pompage.
- Prolonger le drain 4R7 jusqu'au nouveau puits de pompage (pump-pit), via une conduite pleine en PEHD de diamètre D355, en amont de zone d'extension du drain.

La pente minimale de pose des drains est de :

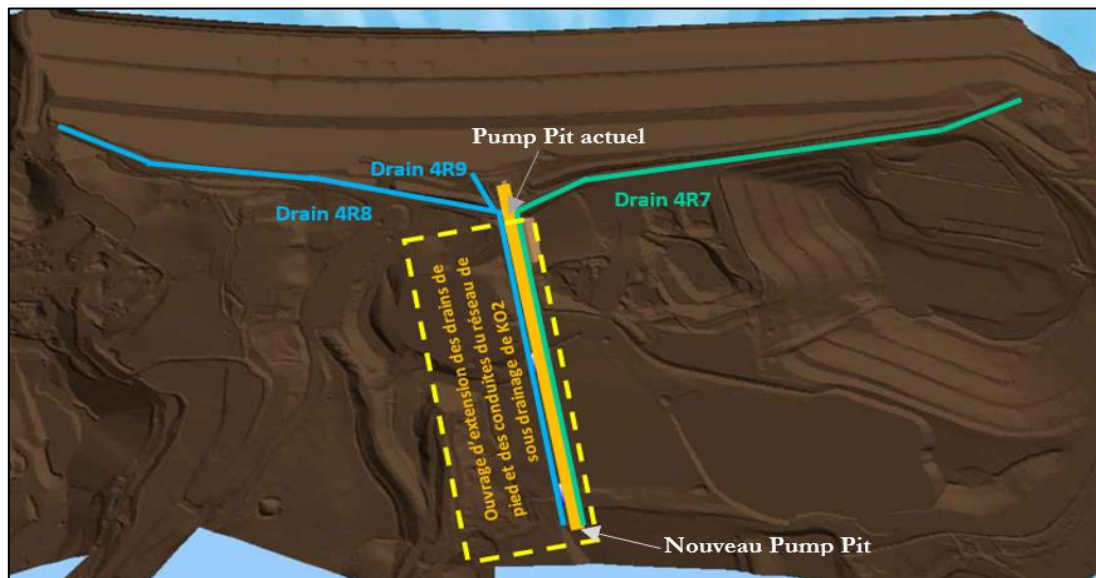
- 0,5% pour l'extension des quatre conduites du réseau de sous drainage et des 2 conduites d'évacuation des eaux des drains 4R7, 4R8 et 4R9 jusqu'au futur puits de pompage ;
- 0,5% pour l'extension des drains de pied (4R8 & 4R9) et 1,48 % pour l'extension 4R7 et ce, jusqu'au puits de pompage actuel.



Ainsi, au total, six conduites en PEHD de diamètre DN355 sont prolongées depuis la position du pump pit actuel vers l'aval, suivant une voie rectiligne unique :

- 04 conduites pour le réseau de drainage des sous-écoulements du parc à résidus KO2 ;
- 02 conduites pour les drains de pied du barrage KO2.

Le dispositif, regroupant les 06 conduites est nommé « ouvrage d'extension des conduites du réseau de sous drainage de KO2 et des drains de pied » (Cf. Figure 21).



**Figure 21 : Schéma de localisation des ouvrages de drainage**

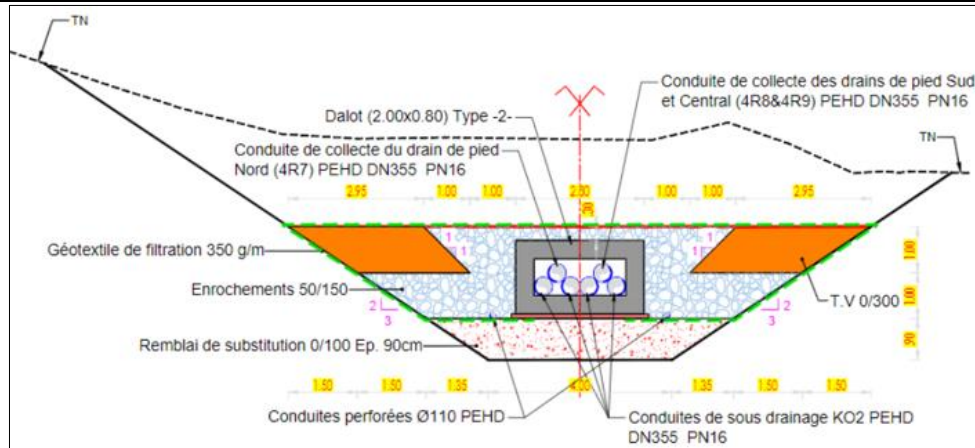
Ces conduites sont prolongées dans des dalots préfabriqués en béton armé sur tout le linéaire jusqu'au nouveau puits de pompage aval.

Il s'agit d'un ouvrage en béton armé composé d'éléments préfabriqués de trois types différents, de section intérieure (2mx0,8m) et d'épaisseur variant entre 0,3 m et 0,45 m, selon la hauteur de remblai. Ces dalots seront posés sur une couche de remblai de substitution qui varie entre 0,85 m et 1,00 m (Cf. Figure 22).

Une couche d'enrochements 50/150 mm est ensuite mise en place de part et d'autre de l'ouvrage en béton armé et jusqu'à 30 cm d'épaisseur au-dessus de l'ouvrage. De plus, deux conduites perforées en PEHD de diamètre DN110 sont mises en place de part et d'autre de l'ouvrage en béton armé. Ce système de drainage assure la continuité du drainage des sous écoulements du parc à résidus KO2 en cas de fuites à travers les conduites et l'ouvrage en béton armé (Cf. Figure 22).

Les plans suivants sont présentés en Annexe 1 :

- Vue en plan, profil en long et implantation du drain de pied 4R7 de référence EXT-140-8315-01-0417 en Annexe 1-3.
- Vue en plan, profil en long et implantation du drain de pied 4R8 de référence EXT-140-8315-01-0421 en Annexe 1-4.
- La vue en plan de l'extension du réseau de sous-drainage existant et des drains de pied du barrage KO2 (EXT-140-8315-01-0415 à EXT-140-8315-01-0431 en Annexe 1-5.



**Figure 22 : Coupe type de l'ouvrage d'extension des drains de pied et des conduites du réseau de sous drainage de KO2**

Les différentes caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage d'extension du réseau de sous drainage existant et des drains de pied sont synthétisés dans le Tableau 12 :

**Tableau 12 : Caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage d'extension du réseau de sous drainage existant et des drains de pied KO2**

Elément		Description
Canalisation des drains de pied existants	Débit maximal instantané enregistré au niveau des drains de pied	538 m <sup>3</sup> /h au niveau du drain 4R7 ; 501,3 m <sup>3</sup> /h au niveau des drains 4R8 et 4R9.
	Débits de dimensionnement	1000 m <sup>3</sup> /h <sup>3</sup>
	Enrochements	50 /150 mm
	Section	Section minimale de 1 m <sup>2</sup>
	Géotextile de filtration	350 g/m
	Type des conduites	PEHD de diamètre DN500 mm (crépénées)
	Pente	0,5% pour les drains 4R8 et 4R9 et 1,48 % pour le drain 4R7.
Extension des quatre collecteurs du réseau de sous drainage du parc à résidus KO2 et des deux collecteurs (4R7 et 4R8)	Débit maximal enregistré au niveau des quatre conduites de sous drainage	1270 m <sup>3</sup> /h
	Type des conduites	PEHD de diamètre DN355 mm (pleines)
	Enrochements	50/150 mm
	Géotextile de filtration	350 g/m
	Pente	Avant tassement : 0,5% Après tassement : 0% <sup>4</sup>

3 Le captage du 4R9 se fait par un tapis drainant permettant d'évacuer les eaux aussi bien au niveau du 4R8 qu'au niveau du 4R7

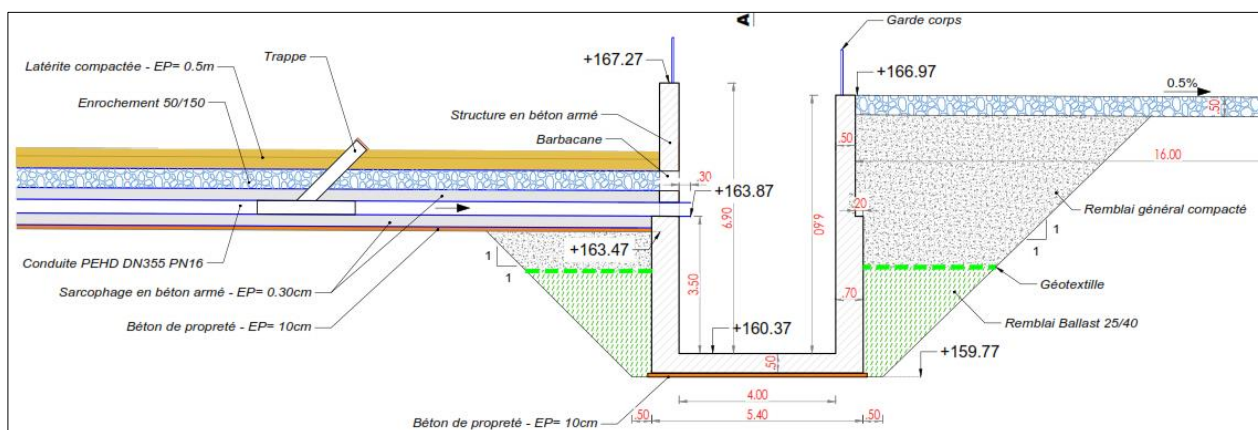
4 Après tassement, les conduites seront quasiment horizontales et l'écoulement se fera par mise en charge du système à partir de l'amont, et ce de la même manière que l'écoulement actuel dans les conduites situées sous le barrage KO2.

Le détail du dispositif d'extension est présenté dans la « Note de calcul hydraulique de l'Ouvrage d'extension du réseau de sous drainage existant et des drains de pied KO2 » (EXT-140-8315-RP-0021)[4] en Annexe 3.

Il est à noter que les quatre collecteurs du réseau de sous drainage du parc à résidus KO2 seront prolongés en gardant la même section et la même débitance via des conduites pleines et protégées dans un dalot en béton armé. Les sous écoulements en provenance des zones nouvellement aménagées seront collectés par un réseau séparé, nommé réseau de drainage des sous écoulements de la verse Lucy 2.0 (§ 6.5.3.1). Les détails de dimensionnement des dalots en béton armé sont présentés dans la « Note Génie civil des dalots du Pump-pit » (EXT-140-8315-RP-0020)[5] en Annexe 2.

#### 6.5.2.2. Aménagement du nouveau puits de pompage aval

Un nouveau puits de pompage aval sera aménagé afin de collecter les eaux de sous drainage du parc à résidus KO2 et les éventuelles fuites provenant du parc ainsi que les eaux de percolation de la verse Lucy 2.0 (lixiviats) (Cf. Figure 23).



**Figure 23 : Coupe longitudinale du nouveau puits de pompage**

Le nouveau puits de pompage sera équipé d'un système de pompage permettant de pomper les eaux collectées vers le bassin de stockage des résidus KO2 ou en cas de besoin vers l'Unité de Préparation du Minerai (l'UPM).

Il est à noter que :

- Le débit maximal observé au niveau du puits de pompage actuel est de 1270 m<sup>3</sup>/h, enregistré en 2011. Le bassin de stockage des résidus n'a pas été totalement étanchéifié durant cette période. La valeur maximale observé depuis 2013 est égale à 830 m<sup>3</sup>/h,
- Le débit des eaux de percolation de la verse Lucy 2.0 est estimé à 50 m<sup>3</sup>/h,
- Les débits en provenance des drains de pied du barrage seront nettement réduits au fur et à mesure de la construction de la verse vu que les résidus seront stockés sur le talus aval du barrage.

Le nouveau puits de pompage sera équipé par 4 pompes comme suit :

- Une nouvelle pompe électrique N°150-PPM-013 avec un débit de 420 m³/h,
- Trois pompes installées actuellement dans le puits de pompage et qui seront relocalisées dans le nouveau puits :
  - o 285-PPP-021 : alimentée par un groupe électrogène autonome, d'une capacité de pompage de 160 m³/h ;
  - o Pompe immergée 285-PPM-012 d'une capacité de pompage de 150 m³/h ;
  - o Pompe électrique 285-PPM-011 d'une capacité de pompage de 650 m³/h.

Au total, une capacité de pompage de 1380 m<sup>3</sup>/h sera disponible en cas de besoin.

Il est toujours possible de rajouter un pompage d'appoint supplémentaire en cas de besoin.

Les détails de l'ouvrage sont présentés en Annexe 1-6 (Plan EXT-140-8315-01-0172).

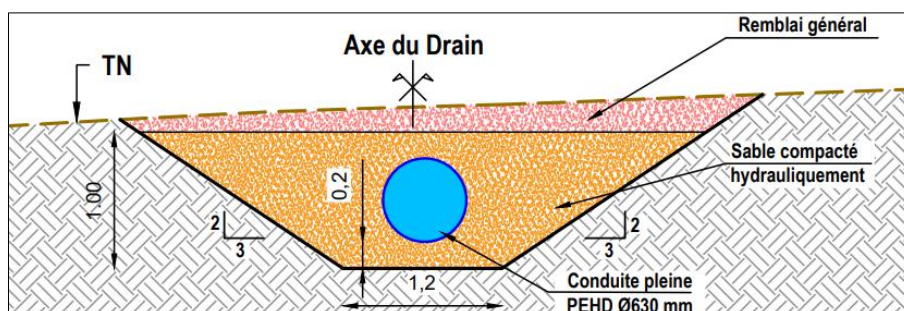
Les justifications génie civil de l'ouvrage sont présentées dans la note « Note de calcul génie civil d'extension et puisard du Pump pit » (EXT-140-8315-01-0162) [6].

### 6.5.2.3. Extension des drains horizontaux 206 S et 220 N

Le drain horizontal souterrain 220 N est constitué d'une conduite PEHD de diamètre 630 mm qui traverse l'appui Nord du barrage et se rejette dans le bassin de décantation KW-D33 situé en aval du barrage. Dans le cadre des travaux préparatoires de la zone aval, cette conduite sera prolongée jusqu'à l'aval via une tranchée, au sein d'un lit de sable compacté (Cf. Figure 24).

Actuellement, ce drain est implanté entre les cotes 220 et 200 sur une distance de 1410 ml. Son extension vers l'aval se fera sur une distance de 787 ml et ce jusqu'à atteindre la cote 170. La longueur totale du drain 220N sera ainsi de 2197 ml.

La vue en plan de l'extension du drain 220 N est présentée en Annexe 1-7 dans le plan EXT-140-8315-01-0189.

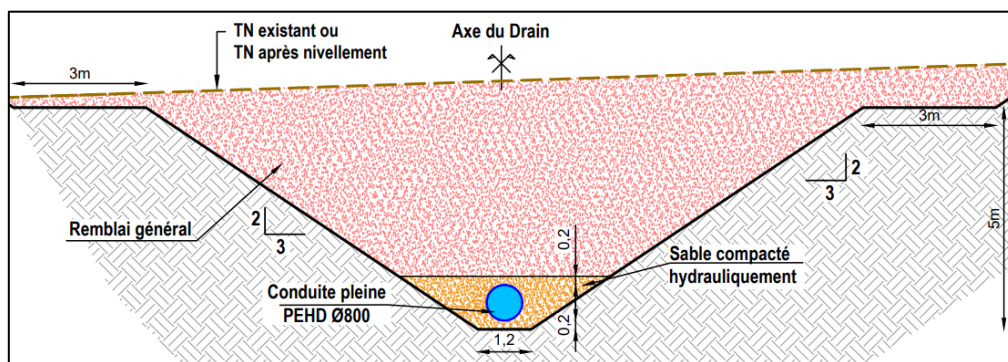


**Figure 24 : Coupe type du drain horizontal 220N**

Le drain horizontal souterrain 206 Sud est constitué d'une conduite PEHD de diamètre 800 mm qui traverse l'appui Sud du barrage et ressort en aval du pied du barrage dans le thalweg qui borde la carrière Audemard. Dans le cadre des travaux préparatoires de la zone aval, cette conduite sera prolongée jusqu'à l'aval via une tranchée, au sein d'un lit de sable compacté (Cf. Figure 25).

Actuellement, ce drain est implanté entre les cotes 206 et 182, sur une distance de 1450 ml. Son extension vers l'aval (dans l'emprise de la verse Lucy 2.0) se fera sur une distance de 667 ml et ce jusqu'à atteindre la cote 145. La longueur totale du drain 206S après extension sera ainsi de 2117 ml.

La vue en plan de l'extension du drain 206 S est présentée en Annexe 1-8 dans le plan EXT-140-8315-01-0259.



**Figure 25 : Coupe type de la tranchée du drain 206 S**

Les principales caractéristiques hydrauliques des deux drains sont présentées dans le Tableau 13.

**Tableau 13 : Caractéristiques hydrauliques de l'extension des drains horizontaux 220N et 206S**

Élément	Description
Débit de référence du drain 206S	2,2 m <sup>3</sup> /s
Débit de référence du drain 220N	1,4 m <sup>3</sup> /s
Type de la conduite existante du drain 206S et de l'extension	PEHD de diamètre DN 800 mm



Elément	Description
Type de la conduite existante du drain 220N et de l'extension	PEHD de diamètre DN 630 mm
Pente moyenne de pose du drain 206S	2,9 %
Pente moyenne de pose du drain 220N	2,2 %

Les calculs de tassements et de vérification des sections des conduites et des drains en enrochements sont présentés dans la « Note hydraulique de l'extension des drains horizontaux 206S et 220 N » (EXT-140-8315-01-0258) [7].

Les eaux collectées par ces drains sont acheminées vers deux exutoires en béton armé, afin de contrôler leur qualité durant et après la fin de construction de la verse.

Le détail des ouvrages en béton est présenté dans la « Note de calcul génie civil des exutoires » (EXT-140-8315-01-0184) [8].

#### 6.5.2.4. Extension de drain de dérivation sud (Dérivation sud permanente)

La déviation sud permet de collecter et d'évacuer les eaux naturelles provenant du bassin versant situé en amont du projet. Son objectif est de limiter le volume d'eau de pluie ruisselée qui pourrait entrer en contact avec le résidu stocké et qui par conséquent nécessiterait d'être envoyé à l'unité de traitement des effluents.

Le système existant est un canal trapézoïdal localisé au sud du parc KO2 et aménagé sur une distance de 667 m. Ce drain de dérivation temporaire est revêtu par un enrochement et dimensionné pour une période de retour de récurrence décennale ( $T=10$  ans). Il est aménagé en déblai avec des largeurs à la base variant entre 3 et 7 m.

Le drain projeté constitue une extension du drain sud existant aménagé sur la rive Sud de la retenue du parc à résidus KO2. L'extrémité aval du drain sera connectée à la rivière KO2.

Ce drain (sud permanent) permet de dévier les eaux afin de réduire le volume d'eau de pluie transitant par le bassin KO2 et la verse Lucy 2.0. Cela permet de réduire le besoin de traitement des eaux de contact.

Le drain est aménagé en trois tronçons comme suit :

- Tronçons N°1 et 3 : Constitué d'un canal trapézoïdal de 1.5 m de profondeur avec une pente longitudinales variant entre 2 et 10% (Cf. Figure 27) ;
- Tronçon N°2 : Le drainage s'effectuera à travers une piste drainante ayant une pente longitudinale variant entre 3 et 10% (Cf. Figure 28).
- Tronçon N°3 : Ce tronçon correspond à un renforcement en enrochement sur une distance de 60 m et ce, pour amortir la vitesse d'écoulement et éviter par conséquent la dégradation du cours d'eau récepteur.

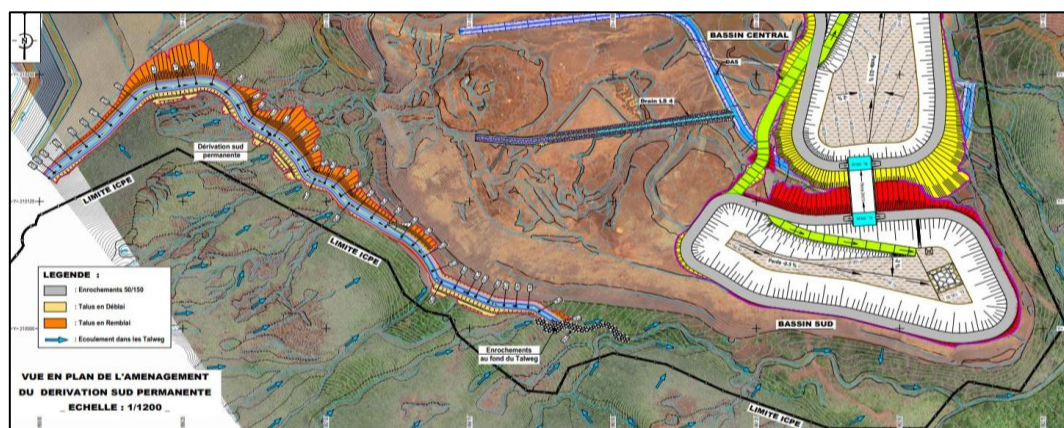
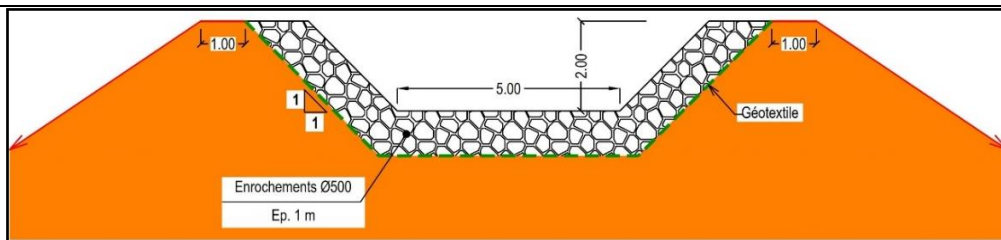
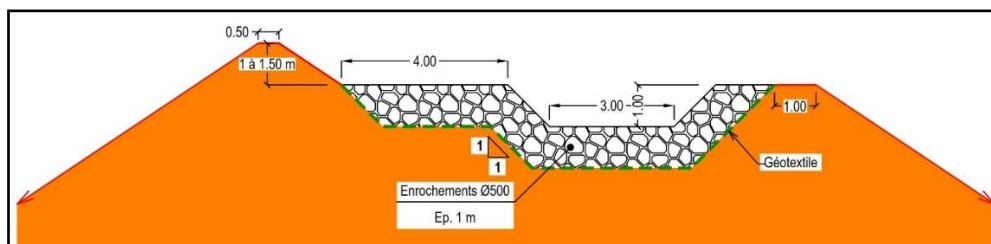


Figure 26 : Vue en plan de la dérivation Sud permanente au droit de la verse Lucy 2.0



**Figure 27 : Coupe type du canal trapézoïdal**



**Figure 28 : Coupe type de la piste drainante**

La vue en plan et les coupes de l'aménagement du drain de dérivation sud permanent sont présentées dans le plan MC-21-301-PRNC-01-P1021 en Annexe 1-9.

#### 6.5.2.5. Extension des réseaux d'instrumentation

Depuis mi-2020, quatre enregistreurs automatiques de données de type Campbell Scientific CR1000X et CR6 ont été installés au pied du barrage (KO2-DL1-DASA, KO2-DL2-DA1, KO2-DL3-DA2 et KO2-DL4-DANA).

En complément, trois nouveaux enregistreurs automatiques de données (KO2-DL5-DA3, KO2-DL6-DA4 et KO2-DL7-DAC) ont été installés en septembre 2021, respectivement au pied aval du barrage pour les deux premiers et sur la crête pour le troisième.

Ce nouveau système permet la consultation à distance et en temps réel des mesures issues des piézomètres à corde vibrante.

Les enregistreurs KO2-DL5-DA3 et KO2-DL6-DA4 se trouvent dans l'emprise de la verse LUCY 2.0. Dans le cadre des travaux préparatoires, il est donc prévu de déplacer ces équipements plus en aval de la verse et d'étendre les câbles.

L'extension du câble KO2-DL5-DA3 sera réalisée à travers l'ouvrage d'extension du système de sous drainage et des drains de pied du barrage KO2.

L'extension du câble KO2-DL6-DA4 sera réalisée dans une tranchée spécifique.

Les câbles seront posés sur un lit de sable et protégés par une couche de remblai compacté.

La vue en plan de l'extension des câbles d'instrumentation est présentée dans le plan EXT-140-8315-01-0278 en Annexe 1-10.

### 6.5.3. Construction des systèmes de drainage de la verse Lucy 2.0

#### 6.5.3.1. Construction du réseau de drainage des sous écoulements de la verse Lucy 2

Le système de drainage des sous-écoulements est un réseau ramifié qui comporte plusieurs connexions permettant d'évacuer les eaux interceptées vers l'aval de la verse. Le drainage se fait par des drains en enrochements équipés de conduites crépinées.

Ce réseau permet de :



- Collecter les eaux circulant principalement au niveau des couches superficielles situées directement sous la verse Lucy 2.0 ;
- Maintenir le niveau de la nappe sous la barrière étanche ;
- Collecter les éventuelles fuites d'eau de percolation et ;
- Surveiller la qualité des eaux de la nappe durant les phases de construction et de fermeture de la verse.

Ce système comprend :

- Le drainage des eaux des émergences répertoriées dans l'emprise du projet : Il s'agit des deux sources d'eau WK17 et WK20 identifiées en aval du barrage KO2 dans l'emprise de la verse Lucy 2.0. Actuellement, les eaux de ces sources sont contrôlées par un seuil afin de mesurer leurs débits et leurs conductivités. D'autres sources ont été récemment identifiées en aval du barrage KO2, il s'agit des sources LS1, LS2, LS3, LS4 et LS5.

Les sources d'eau LS1, LS2 et LS3 se situent de part et d'autre du réseau de drainage des sources WK17 et WK20.

Les deux sources d'eau LS4 et LS5 se situent en amont de la carrière à limonite sud (CLS).

- Le drainage des eaux d'éventuelles remontées de la nappe dans l'emprise du projet.

Les conduites de captage des sources WK17 et WK 20 seront connectées au niveau de leurs extrémités amont à un ouvrage de captage en béton armé et au niveau de leurs exutoires à un regard de contrôle de débit et de la qualité des eaux.

La vue en plan du réseau de drainage des sous écoulements est présentée dans le plan EXT-140-8315-01-0068 en Annexe 1-2.

La vue en plan des drains des nouvelles sources LS1 et LS2 est présentée dans le plan EXT-140-8315-01-0457 en Annexe 1-21.

Ces ouvrages sont aménagés par des enrochements équipés de conduites crépinées tels que présentés dans le tableau ci-dessous. Les calculs hydrauliques des drains est présenté dans la note technique pour l'optimisation des cailloux de drainage (EXT-140-8315-RP-0021) [10] en Annexe 3.

**Tableau 14 : Débits intercepté par chaque drain & Système de drainage retenu**

Drain	Débit calculé	Pente minimale	Section calculée du drain en enrochement	Section retenue du drain en enrochement
	(l/s)	(%)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
DA1-amont	12.63	1,7	0.18	1 m <sup>2</sup> + conduite DN 110
DA1-aval	61.27	1,7	1.8	1.8 m <sup>2</sup> + conduite DN 110
DA2	17.70	0.7	0.98	1 m <sup>2</sup> + conduite crépinée DN 110
DA3	18.32	0.8	0.74	1 m <sup>2</sup> + conduite crépinée DN 110
DA4	12.45	1.8	0.45	1 m <sup>2</sup> sans conduite
DA5 amont	15.40	0.5	0.81	1 m <sup>2</sup> + conduite crépinée DN 110
DA5 aval	70.11	0.5	4.18	4.5 m <sup>2</sup> + 3 conduites crépinées DN 110
DA6	14.05	1	0.72	1 m <sup>2</sup> sans conduite
LS1	10.00	0.5	0.41	1 m <sup>2</sup> + conduite crépinée DN 110

Drain	Débit calculé	Pente minimale	Section calculée du drain en enrochement	Section retenue du drain en enrochement
	(l/s)	(%)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
LS2	10.00	0.5	0.41	1 m <sup>2</sup> + conduite crépinée DN 110
LS3	10.00	2	0.36	2.5 m <sup>2</sup> sans conduite
LS4 amont	10.00	6.12	0.01	1 m <sup>2</sup> + conduite crépinée DN 110
LS4 aval	31.03	1.40	1.04	1 m <sup>2</sup> + conduite crépinée DN 110
LS5	10.00	9.31	0.16	2.5 m <sup>2</sup> sans conduite

### 6.5.3.2. Barrière étanche

La barrière étanche est installée sur toute l'emprise de la verse Lucy 2.0 afin de limiter les infiltrations des eaux de percolations vers l'assise de la verse.

Elle est constituée d'une couche continue de latérites compactées de 50 cm d'épaisseur qui repose directement sur la zone terrassée et sur le système de drainage des sous écoulements. Cette couche sera compactée à 95% de l'OPM, pour atteindre une perméabilité inférieure ou égale à  $10^{-8}$  m/s.

La carte ISO épaisseur des travaux de terrassement et le sens d'écoulement sous la barrière étanche sont présentés respectivement dans le plan EXT-140-8315-01-00402 en Annexe 1-11 et le plan EXT-140-8315-01-0434 en Annexe 1-12.

Afin d'anticiper les problématiques liées essentiellement à l'approvisionnement de la latérite de bonne qualité (en termes d'étanchéité), notamment dans la zone amont de la verse Lucy, la couche de latérite est combinée à un géosynthétique bentonitique « GSB » (ou « GCL » en anglais : Géosynthétique Clay Liner). La perméabilité équivalente de ce système (Limonite sur 50 cm + GCL) est de  $10^{-8}$  m/s.

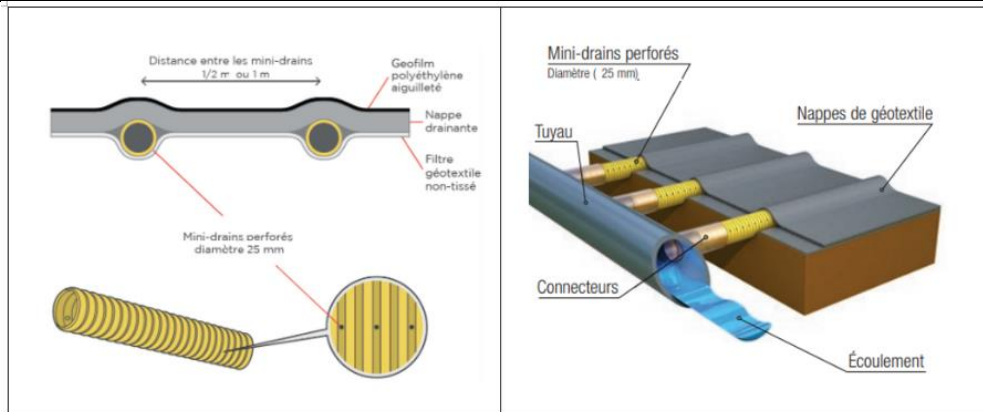
### 6.5.3.3. Système de collecte des eaux de percolation (lixiviats)

Le système est composé de géocomposite de drainage couvrant toute la surface au sol. Seuls les talus de la « Go Line » seront équipés de drains en enrochements aménagés au-dessus de la barrière étanche.

Ce réseau permet de drainer les eaux de percolation et de dissiper les pressions interstitielles à la base de la verse Lucy 2.0.

La note de dimensionnement réalisée en concertation avec le fabricant de géodrains est en Annexe 4.





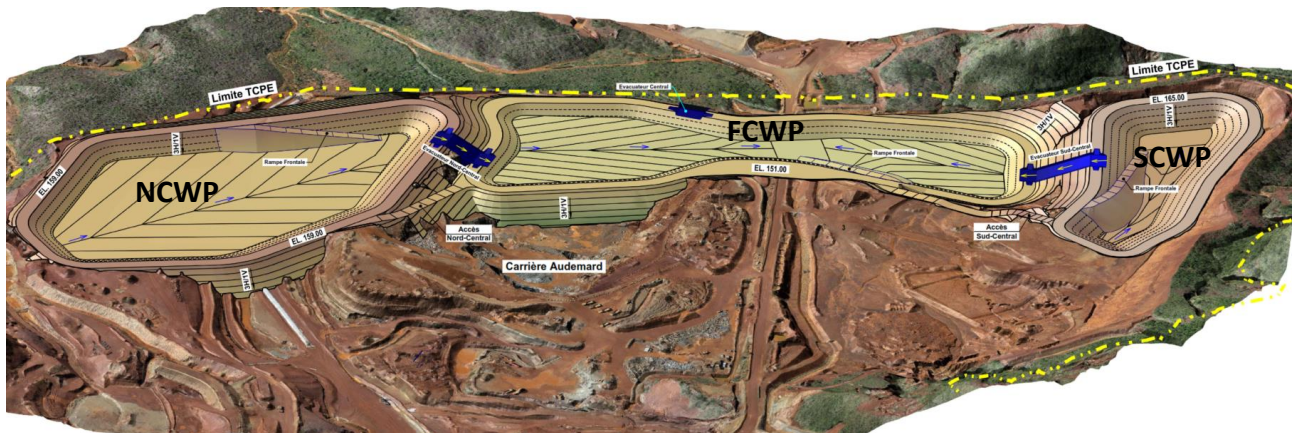
**Figure 29 : Système de collecte des eaux de percolation (lixiviats)\_ Solution alternative : Utilisation du géocomposite de drainage**

#### 6.5.3.4. Construction des bassins des eaux de contact

Des bassins sont construits pour la collecte des eaux de contact, c'est-à-dire des eaux de pluies entrant en contact avec les résidus de la verse.

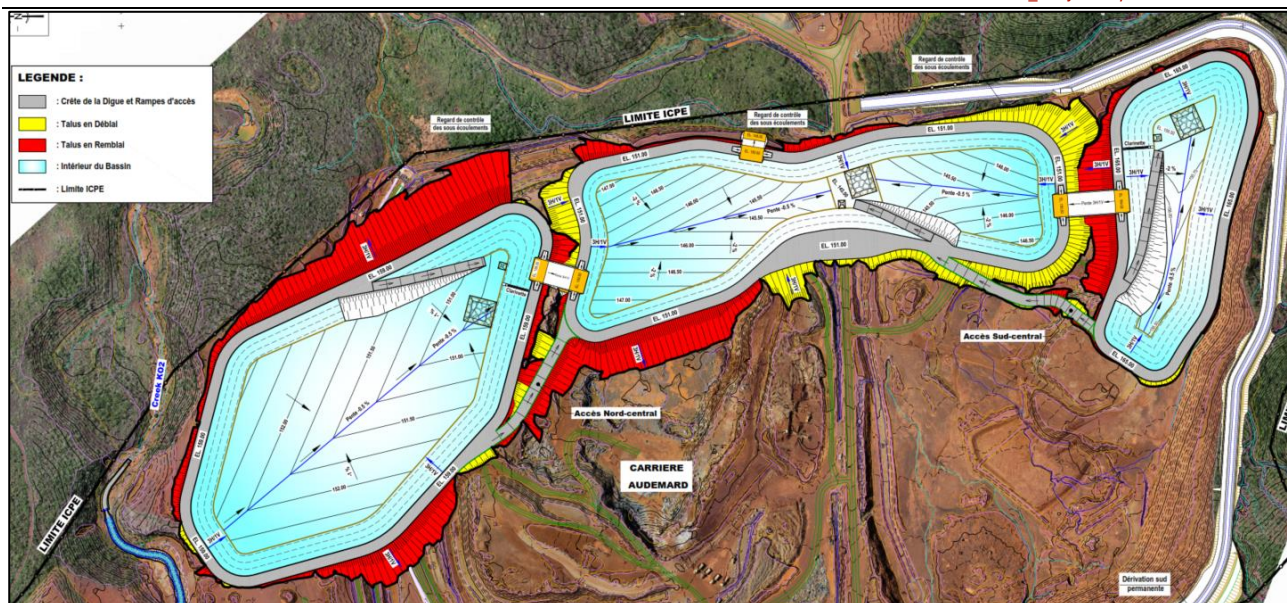
Au total 3 bassins sont prévus : bassin Nord, bassin Central et bassin Sud.

La capacité totale de ces bassins est d'environ 529 800 m<sup>3</sup> ce qui est largement suffisant pour retenir la totalité du volume d'eau généré par un événement pluvieux d'une durée de 24 heures et d'une période de retour de 2 ans (304 056 m<sup>3</sup>). De ce fait, des études hydrologiques pour optimiser les dimensions des bassins Sud et Central sont en cours.



**Figure 30 : Vue 3D de l'aménagement général des bassins d'eaux de contact (Mecater 2022)**

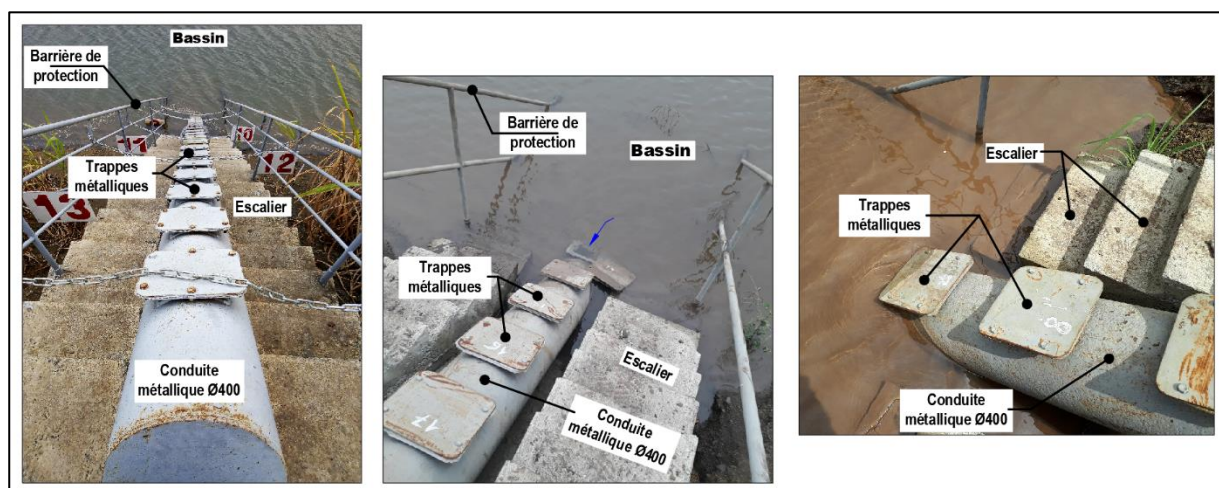




**Figure 31 : Vue en plan des bassins d'eaux de contact (Mecater 2022)**

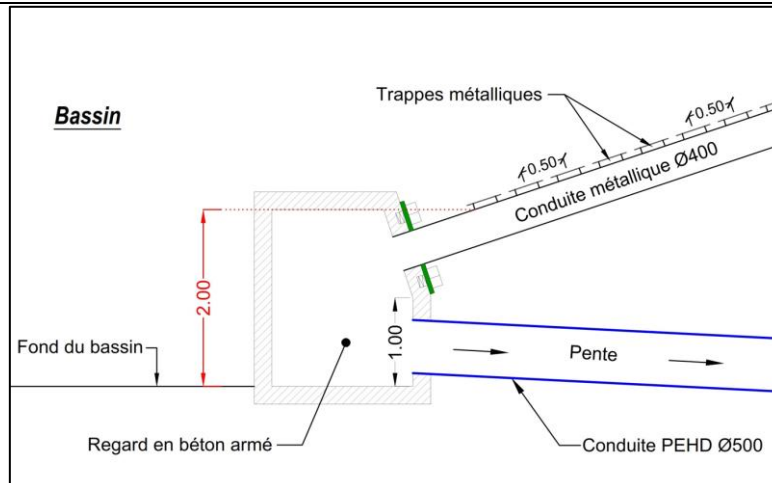
Les bassins nord et sud sont connectés au bassin central par un système de conduites métalliques perforées, appelées « clarinettes ». Ce système est composé de (Cf. Figure 32) :

- Une buse perforée (désignée par le terme « clarinette ») placée sur le talus intérieur de la digue, du côté opposé aux points d'entrée des eaux en provenance de la verse. Les ouvertures sur la clarinette sont fermées manuellement par des plaques pleines, (appelées « trappes »), au fur et à mesure de la remontée des sédiments dans chaque bassin ;
- Un regard de collecte des eaux en béton armé placé au pied du talus intérieur de la digue ;
- Une conduite en PEHD qui traverse la digue en direction du bassin central ;
- Une vanne papillon de contrôle de diamètre  $\Phi 500$  mm permettant de limiter le débit de transfert des eaux à  $3500 \text{ m}^3/\text{j}$ .



**Figure 32 : Photos d'un exemple de système de vidange des bassins par clarinette**

Le premier niveau de transfert (première trappe) se situe à 2 m au-dessus du fond de chaque bassin. La capacité, disponible sous le niveau de la première trappe, constitue la tranche morte permettant le stockage des particules en suspension en provenance de la verse (Cf. Figure 33).



**Figure 33 : Trappes métalliques**

Les transferts d'eaux de contact vers le bassin central sont organisés de façon à ce que la décantation de la matière solide soit réalisée dans les bassins Nord et Sud. Seules les eaux claires sont transférées vers le bassin Central.

Le bassin Central est, quant à lui, muni d'un dispositif de vidange par pompage, d'une capacité de 300 m<sup>3</sup>/h, qui permet d'envoyer les eaux collectées soit vers le bassin de stockage du parc à résidus KO2 soit vers l'Unité de Préparation du Minéral (UPM).

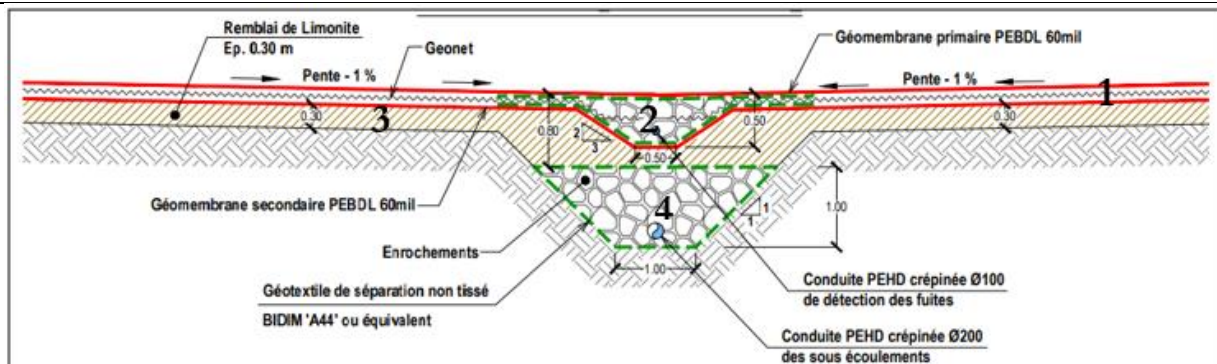
En cas d'événements pluvieux importants, des déversements non contrôlés pourront avoir lieu depuis les bassins nord et sud vers le bassin Central et/ou depuis le bassin central vers l'environnement, grâce à des évacuateurs de crues.

Chaque bassin comporte à sa base :

- Un système d'étanchéité ;
- Un système de détection de fuites au travers du système d'étanchéité ;
- Un système de collecte des sous écoulements pour éviter d'éventuelles remontées d'eaux souterraines sous les bassins.

Dans le détail, ces systèmes sont constitués, de haut en bas, par (Cf. Figure 34) :

- 1- Un système d'étanchéité constitué d'une double géomembrane à l'intérieure de laquelle est intercalée une couche de géocomposite de drainage ;
- 2- Un système de détection de fuites connecté à la couche de géocomposite de drainage et constitué par des drains en enrochements pourvus d'une conduite crépinée. L'ensemble (enrochements et conduite) débouche dans un puisard équipé d'un système de pompage. Les eaux collectées sont alors pompées vers le bassin des eaux de contact considéré ;
- 3- Une couche d'étanchéité secondaire constituée par une couche de 30 cm de latérites ;
- 4- Un système de drainage des sous écoulements constitué par des drains en enrochements et une conduite crépinée qui débouchent dans un regard de collecte équipé d'un déversoir. Les eaux collectées sont rejetées vers le milieu naturel si la qualité s'avère bonne. Dans le cas contraire, un système de pompage est installé afin de refouler les eaux vers le bassin.



**Figure 34 : Systèmes de détection des fuites et d'étanchéité aménagés au niveau des bassins d'eaux de contact**

Le bassin des eaux de contact Nord est le premier bassin à aménager. Il permet la gestion des eaux de contact jusqu'à la phase 7, ce qui correspond aux deux premières années d'exploitation de la verse. Il sera équipé d'un évacuateur de crues provisoire.

Les caractéristiques principales des trois bassins d'eaux de contact, le bassin Nord, Central et Sud, sont résumées au Tableau 15.

**Tableau 15 : Caractéristiques des bassins d'eaux de contact**

Caractéristique	Bassin Nord	Bassin central	Bassin Sud
Type de l'ouvrage	Déblai remblai	Déblai	Déblai
Emprise du bassin (ha)	5.82	5.06	2,3
Capacité totale (m <sup>3</sup> )	291 750	137 000	101 050
Hauteur maximale au niveau de l'axe des digues (m)	16	12	10
Largeur en crête de la digue (m)	10	10	10
Classe	C	C	C

La justification des dimensions des bassins des eaux de contact a été établie à l'aide d'un modèle de bilan d'eau développé spécifiquement avec le logiciel Goldsim. Cette modélisation est présentée dans le rapport relatif au bilan hydrique global du projet (EXT-140-8315-01-0300) [14].

Cette modélisation a permis d'optimiser la capacité de stockage à l'aide d'un processus itératif visant à réduire au maximum le risque de débordements non contrôlés vers le milieu naturel. L'objectif retenu en matière de fréquence acceptable de débordement est de 5% du temps et ce conformément aux directives de l'IFC (International Finance Corporation ; World bank group<sup>5</sup>).

#### 6.5.3.5. Piste d'accès au bassin Nord et chenal Nord

Une piste est construite afin d'assurer l'accès au bassin d'eaux de contact Nord. Cette piste présente une largeur de 12 m, pour permettre la circulation des engins articulés 60t. Elle est constituée par (Cf. Figure 35) :

- Une bande de roulement de 11 m de large, permettant une circulation à 2 sens ;
- Un accotement de 2 m de large, réservé pour le passage des conduites de refoulement vers le parc à résidus KO2 et des câbles électriques ;
- Deux glissières de sécurité ou deux merlons de part et d'autre de la piste, selon la zone traversée ;

<sup>5</sup> Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining; IFC, World Bank group; 2007



- Deux dalots en béton armé placés au niveau des zones de franchissement (Cf. Figure 36) ;
- Un canal en terre en déblai, recouvert par de la géomembrane étanche pour permettre la collecte des eaux de contact provenant de la verse Lucy 2.0 et leur transfert vers le bassin Nord (Cf. Figure 36).

L'accès aux bassins est assuré en passant par le bassin sud et en empruntant la piste roulable au niveau de la crête des digues.

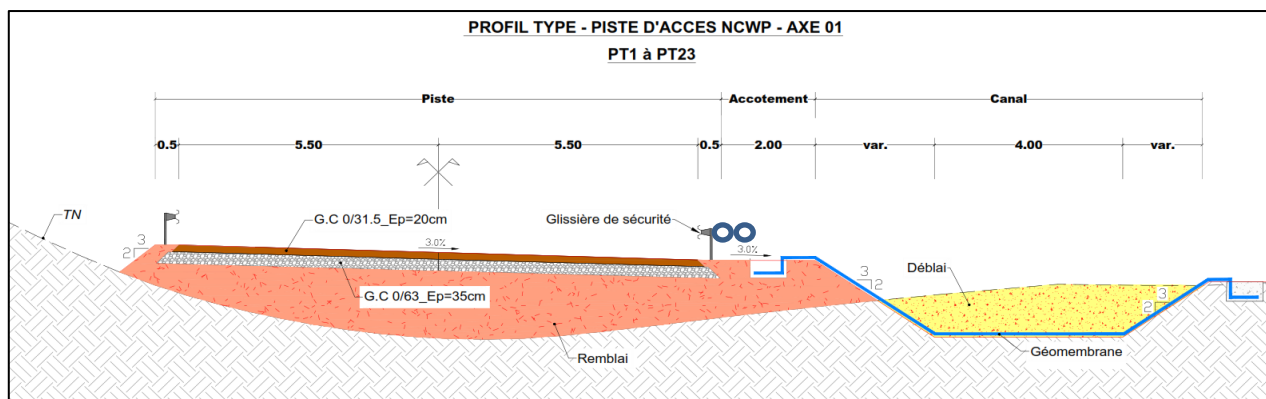


Figure 35 : Coupe type de la piste d'accès au bassin Nord

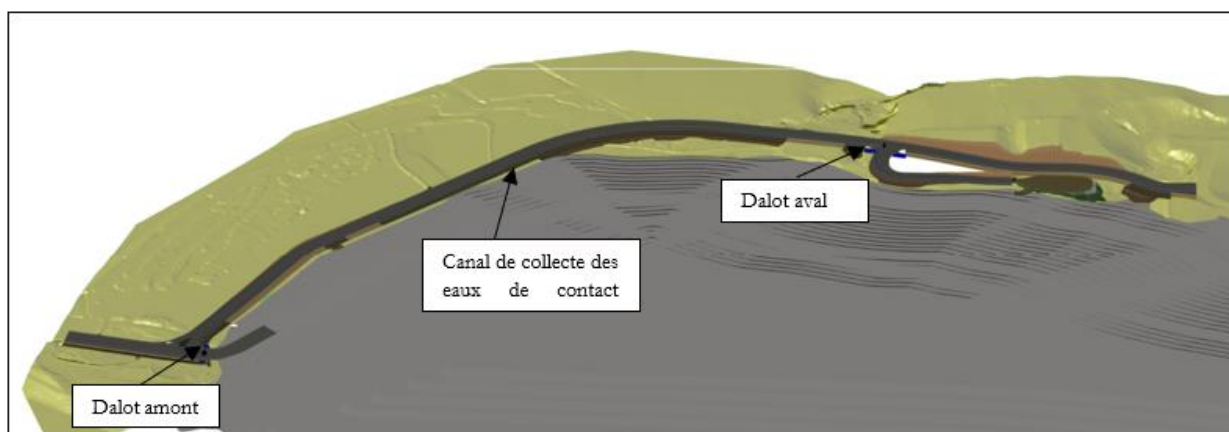


Figure 36 : Implantation des ouvrages de drainage de la piste NCWP

Les détails de calculs hydrologiques et hydrauliques de ces ouvrages sont présentés dans la « Note des justifications hydrauliques des ouvrages de drainage de la piste d'accès au NCWP » de référence EXT-140-8315-01-0277.

## 6.6. Méthode de construction de la verse Lucy 2.0

### 6.6.1.Principes généraux

Le stockage des résidus se fait par niveaux de 5 mètres suivant la méthode des casiers. Cette méthode consiste à construire des renforts (internes et externes) qui vont servir à la fois de pistes d'accès et de bermes de délimitation des cellules de stockage (ou casiers) de 5 m de profondeur.

L'accès à la plateforme sommitale de la verse se fera moyennant une piste frontale de 17 m de largeur qui est aménagée au fur et à mesure de la construction de la verse. La piste frontale sera connectée à une piste d'accès conçue dans le cadre de ce projet qui se raccorde également à la future route d'accès aux bassins des eaux de contact.

### 6.6.2.Zones de stockage

La méthode de stockage préconisée consiste à créer des cellules de stockage délimitées par des renforts. Ces renforts permettent d'assurer la traficabilité et la dissipation des surpressions interstitielles grâce aux enrochements.

La traficabilité du résidu dépend de la fréquence et de l'intensité des précipitations. En saison sèche, cette traficabilité est optimale si bien que les renforts internes peuvent être construits avec des résidus asséchés compactés au bull, sans enrochements. En saison humide, l'utilisation d'enrochements devient obligatoire.

Afin d'optimiser la quantité d'enrochements à mettre en place au niveau des renforts, deux zones de stockage sont créées (Cf. Figure 37 et Figure 38) :

- Une zone de stockage en saison pluvieuse : cette zone est aménagée du côté extérieur de la verse et constitue environ 70% du volume total du stockage de la verse ;
- Une zone de stockage en saison sèche : cette zone est aménagée du côté intérieur de la verse et constitue ainsi 30% du volume total du stockage de la verse.

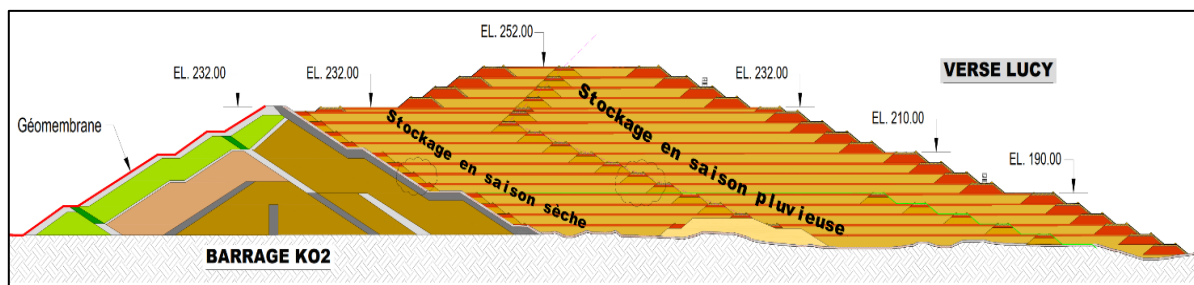
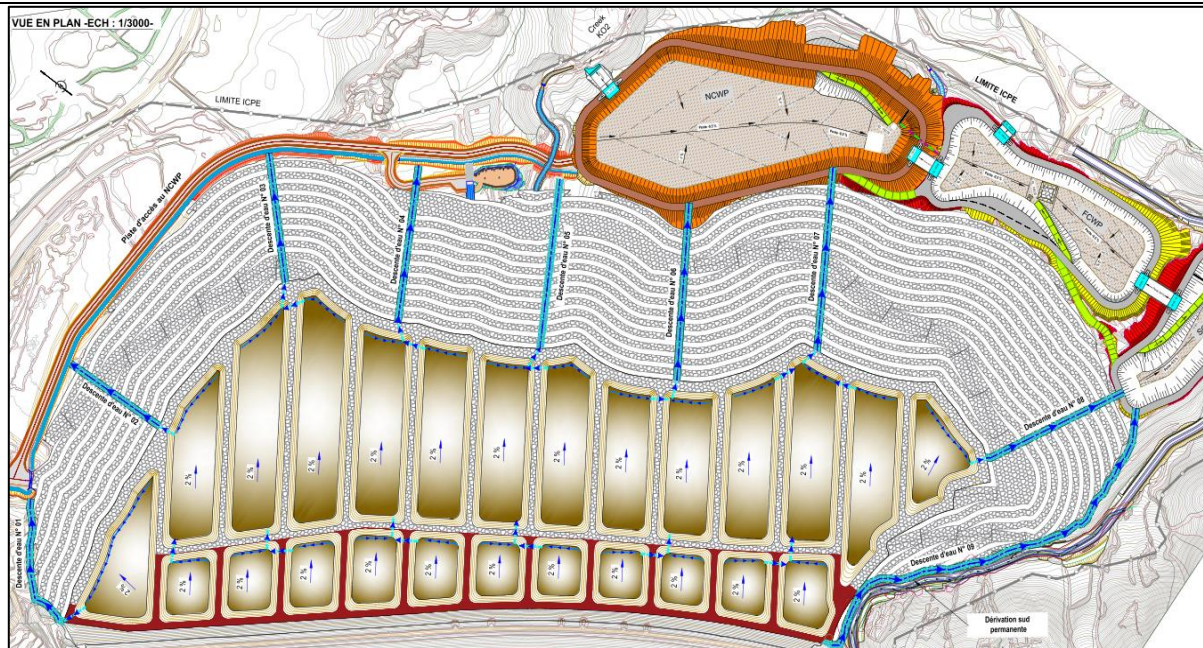


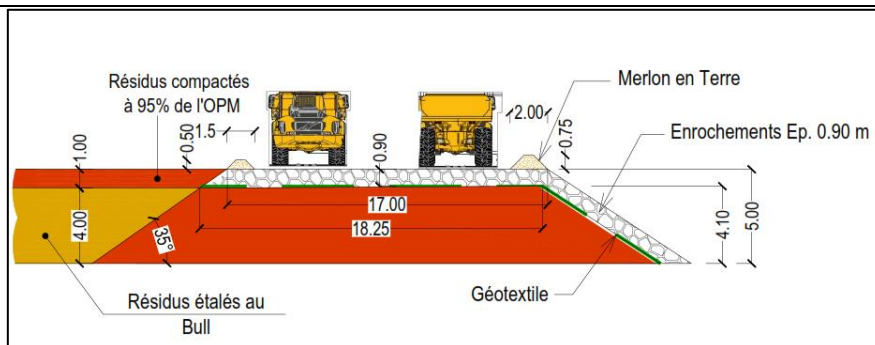
Figure 37 : Coupe type de la verse



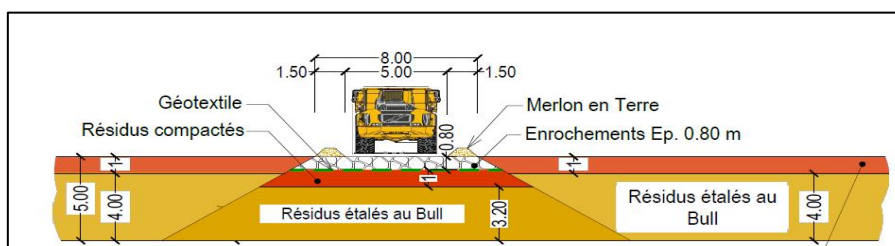
**Figure 38 : Zones de stockage**

Les renforts aménagés au niveau de la verse se décomposent en 3 types (Cf. Figure 39 à Figure 41) :

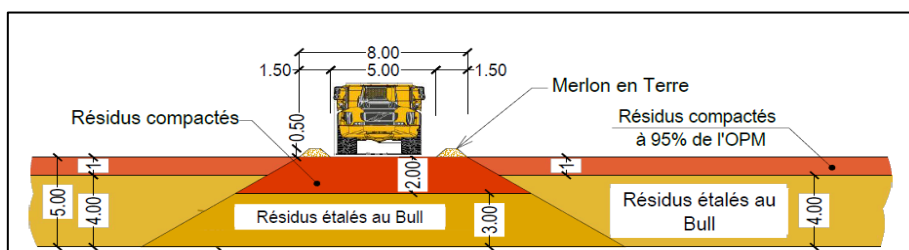
- ➔ Des renforts externes de 16 m de largeur, aménagés en bordure de la verse. Ils permettent d'accéder aux différents niveaux à partir de la piste frontale et de prévenir l'érosion du talus libre par le ruissellement des eaux de pluie. Ils sont construits avec (du bas vers le haut):
  - Une couche de résidus de 4,1 m d'épaisseur, compactés jusqu'à 95% de l'OPM ;
  - Une couche d'enrochement de 0,9 m d'épaisseur.
- ➔ Des renforts internes de largeur 8 m, permettant l'accès aux cellules de stockage de la zone de stockage en période pluvieuse. Ils sont construits avec (du bas vers le haut) :
  - Une couche de base en résidus asséchés étalés au bull sur 3.2 m d'épaisseur ;
  - Une couche en résidus asséchés de 1 m d'épaisseur, compactée au compacteur jusqu'à 95% de l'OPM ;
  - Une couche de roulement en enrochements sur une épaisseur de 0,8 m, permettant la traficabilité en temps pluvieux. Un géotextile de séparation est mis en place sous la couche d'enrochements afin d'empêcher la migration des particules fines présentes dans les résidus asséchés et la contamination de la couche d'enrochements.
- ➔ Des renforts internes de 8 m de largeur, permettant l'accès aux cellules de stockage de la zone de stockage en période sèche. Ces renforts sont composés exclusivement de résidus asséchés, sans enrochements. Ils sont construits avec (du bas vers le haut)
  - Une couche de résidus de 3 m d'épaisseur, étalés au bull par couche de 1 m ;
  - Une couche de résidus compactés à 95% de l'OPM, de 2 m d'épaisseur.



**Figure 39 : Renfort externe**



**Figure 40 : Renfort interne- zone de stockage période pluvieuse**



**Figure 41 : Renfort interne- zone de stockage période sèche**

Les caractéristiques des différents renforts sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau 16 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents renforts internes et externes**

	Renfort interne Zone de stockage pendant la période sèche	Renfort interne Zone de stockage pendant la période pluvieuse	Renfort externe
Largeur (m)	8	8	17
Nombre de voies	1	1	2
Epaisseur de la couche de roulement en enrochements (m)	-	0,8	0,9
Epaisseur de la couche de résidus compactés jusqu'à 95% de l'OPM (m)	2	1	4,1
Epaisseur de la couche de résidus poussés au bull (m)	3	3,2	-

### 6.6.3.Méthode de stockage dans les casiers

Les résidus asséchés sont transportés par tombereaux articulés de 60t via les renforts aménagés et déversés dans les casiers de stockage. Les résidus sont par la suite poussés au Bull en partant de l'extrémité amont et en allant vers le milieu de chaque casier. Une pente minimale de 2% devra être assurée pour permettre de drainer les casiers, et ce jusqu'à atteindre une hauteur totale de 4 mètres. Pour garantir les critères de compaction (80% de l'OPM), les résidus

doivent être étalés et compactés par couche ne dépassant pas 50 cm. Par ailleurs, une pente minimale de 2% devra être assurée pour permettre le drainage des casiers via l'évacuation des eaux de contact.

A la fin de chaque journée de stockage (ou à la fin de chaque quart), la surface des résidus est fermée/lissée moyennant l'utilisation de :

- Un bull afin de casser la structure des résidus asséchés et de réduire l'indice des vides en surface. Il y a lieu de noter qu'aucun contrôle de la compacité n'est exigé au niveau des 4 m inférieurs de chaque casier. Seul un nombre minimal de passes du bull, défini au préalable, est requis. Le nombre de passes du bull sera défini à travers la réalisation de planches d'essai, avant le démarrage de la construction de la verse puis en cas de changement notable des caractéristiques des résidus asséchés. L'objectif est d'atteindre un degré de compaction minimal de 80% de l'OPM au niveau de la planche d'essai, et ce en fonction des saisons et de la qualité du résidu produit ;
- Un bull pour le lissage de la plateforme afin de limiter l'infiltration des eaux de pluie dans les casiers et d'assurer une pente vers les fils d'eau créés au niveau de chaque casier (côté buse).

Le 5<sup>ème</sup> et dernier mètre de résidus asséchés est étalé au Bull par une succession de couches ne dépassant pas les 40 cm. Chaque couche mise en place est ensuite compactée à l'aide d'un compacteur jusqu'à 95% de l'OPM. Le degré de compactage de chaque couche doit être vérifié moyennant un essai de contrôle de la densité de type gamma densimètre ou équivalent.

L'espacement entre les renforts internes est de 80 m, soit une distance de poussage au bull de 40 m, pour permettre un rendement optimal au bull et assurer un bon drainage des eaux de consolidation.

Une pente minimale de 2% sera maintenue de l'extérieur du casier vers l'intérieur afin d'assurer une gestion optimale des eaux.

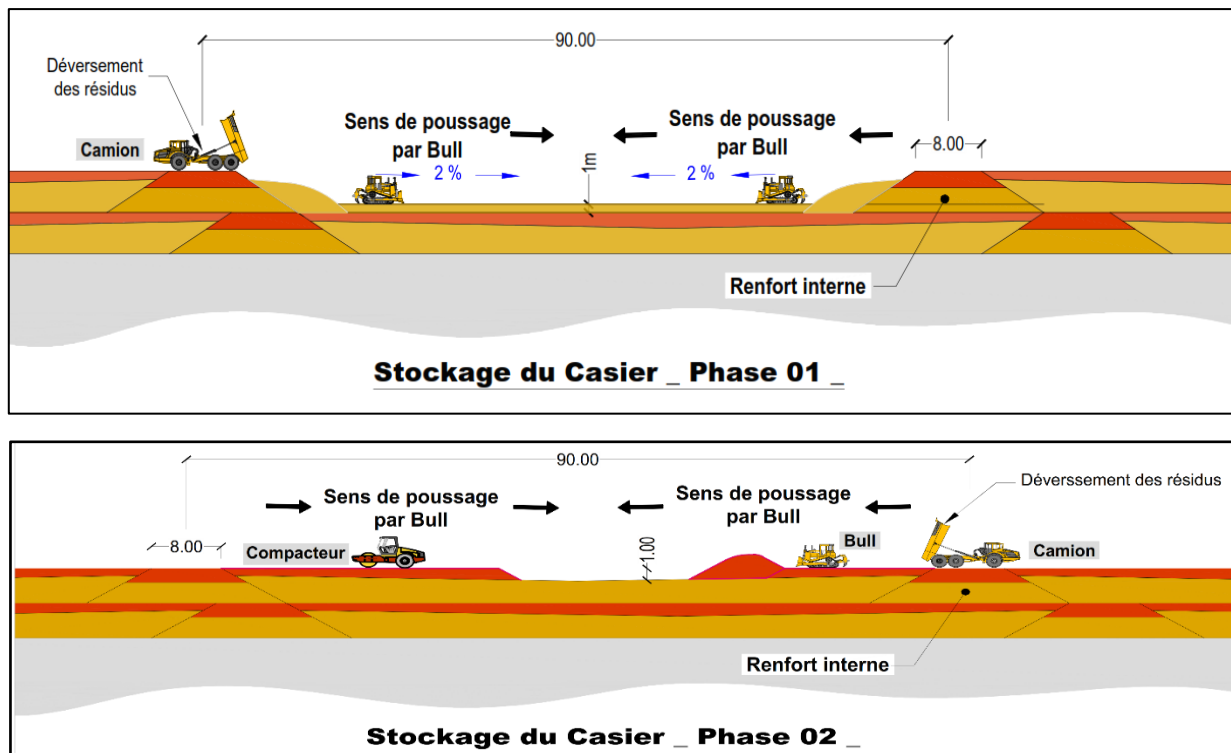
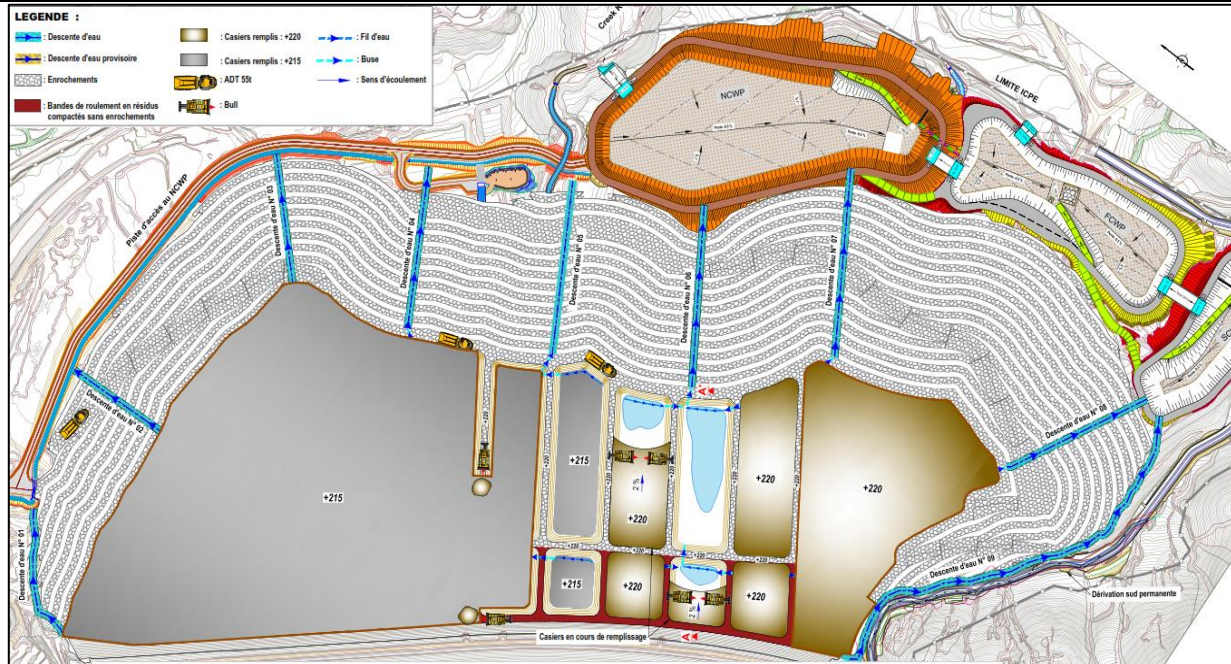


Figure 42: Méthode de stockage des résidus asséchés





**Figure 43: Sens de poussage des résidus**

Les plans de phasage de construction de la verse Lucy 2.0 sont présentés dans l'Annexe 1 : Annexe 1-22 à Annexe 1-30.

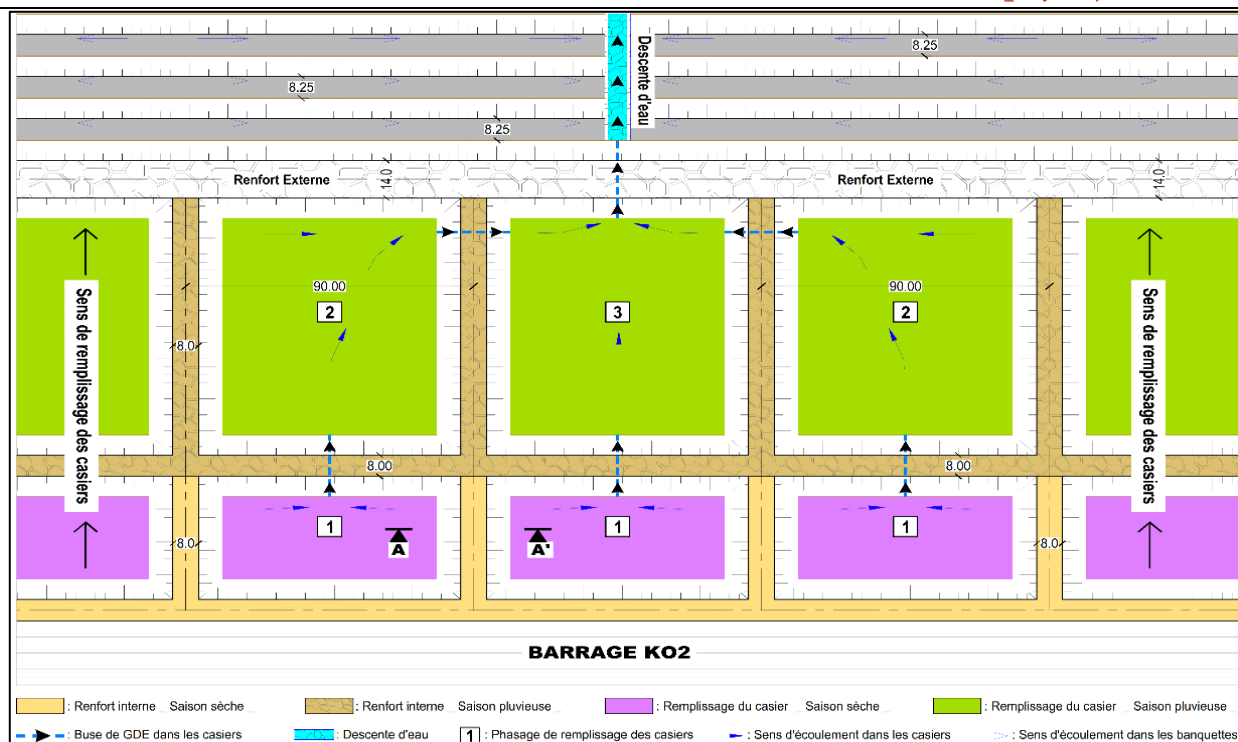
#### 6.6.4. Gestion des eaux de la verse

Les modalités de gestion des eaux sont les suivantes :

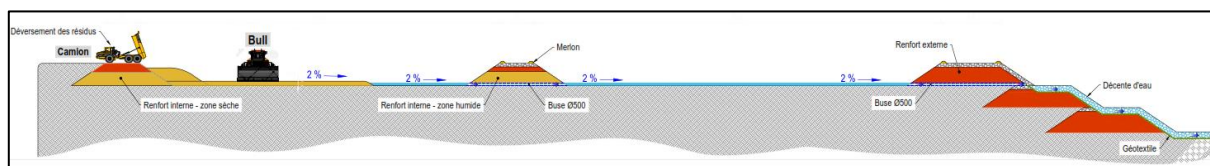
- Les eaux sont acheminées à partir des casiers de la zone de stockage en saison sèche vers les casiers de la zone de stockage en saison pluvieuse ;
- Au sein de chaque casier, le drainage des eaux est assuré par gravité en maintenant, en tout temps, des couches de résidus avec un toit penté vers l'aval de 2% ;
- L'évacuation des eaux d'un casier à un autre est assurée par des buses enterrées à la base des renforts. Pour les casiers les plus en aval, ces buses sont connectées aux descentes d'eau disposées sur le talus libre de la verse.

Afin de garantir le bon fonctionnement de ce système de gestion des eaux, le remplissage des casiers doit absolument respecter une certaine séquence afin d'éviter de créer des obstacles à l'évacuation des eaux.

Le point critique de cette séquence est le suivant : les casiers situés au niveau du talus libre de la verse doivent être remplis en dernier. Un exemple de séquence de remplissage est présenté à la Figure 44.



**Figure 44 : Principe de gestion des eaux au niveau des casiers de stockage**



**Figure 45 : Gestion des eaux à l'intérieur des casiers**

La gestion des eaux au niveau des casiers est assurée par des buses installées au niveau des renforts, du côté aval. Les buses font 500 mm de diamètre et sont placées au fond de chaque casier de stockage. Elles sont dimensionnées pour des ruissellements générés par une pluie de récurrence biennale, Cette période de retour est jugée suffisante pour le dimensionnement d'ouvrages dont la durée de service sera en moyenne de 1 mois.

La gestion des eaux de pluies interceptées par les plateformes de stockage sera assurée en surface par la construction de 11 descentes d'eau.

Ces descentes d'eau seront construites en enrochements avec une section trapézoïdale, posées sur du géotextile et seront rehaussées au fur et à mesure de la construction de la verse.

L'objectif principal de la mise en place des descentes d'eau est d'assurer l'évacuation des eaux tombant sur les banquettes et les casiers de stockage en cours de construction.

Le stockage des résidus sera réalisé de façon à guider les ruissellements vers les descentes d'eau. De même, les banquettes de la verse seront nivelées vers les descentes d'eau.

Les descentes d'eau D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 et D8 seront construites en enrochements de diamètre 500 à 1000 mm. Les descentes d'eau D9, D10 et D11 seront construites en enrochements de diamètre 300 à 500 mm.

Les détails de calculs hydrauliques des buses et des descentes d'eau sont présentés dans la note « Justification hydraulique des ouvrages de gestion des eaux de la verse » de référence EXT-140-8315-01-0301.

## 6.7. Travaux de fermeture et de réhabilitation de la verse Lucy 2.0

Cette partie a été rédigée sans tenir compte du projet de stockage des résidus asséchés à long terme (études en cours).

### 6.7.1. Fermeture et réhabilitation de la verse

Des dispositions permettant de réduire les infiltrations à travers la plateforme sommitale de la verse et de prévenir l'érosion des talus sont prévues. Ces mesures sont principalement les suivantes :

- Lissage et nivellement de la plateforme sommitale avec pente minimale de 2% et création de fils d'eau vers les descentes d'eau ;
- Fermeture de la plateforme sommitale par une couche de 50cm de topsoil ou de latérites de recouvrement légèrement compactées afin de minimiser les infiltrations et séparée des talus par un drain périphérique enroché pour diriger le ruissellement sommital vers des descentes d'eau enrochée ;
- Plantation des arbres au niveau de la plateforme sommitale afin de prévenir son érosion.
- Fermeture et re-végétalisation des talus par la mise en place d'une couche de latérite (ou terre végétale si disponible) légèrement compactée mise en place par une pelle hydraulique pour réduire les mouvements de blocs et débris végétaux, (épaisseur en tête de talus de 10cm et en pied de talus 1m). Les façades de latérite des talus seront fixées au pied de talus par un merlon rocheux de tout venant qui permettra aussi l'infiltration des eaux de ruissellement sur les banquettes. Une toile de jute sera plaquée sur la latérite avant de procéder à l'hydroseeding. Ceci permettra une meilleure croissance de la végétation.
- Il est à noter que les travaux de revégétalisation sont engagés dès l'achèvement d'une banquette. La flore utilisée est autochtone et non envahissante, elle permet de maintenir l'intégrité de la couche de réhabilitation, notamment avec un enracinement compatible avec l'épaisseur de la couche de terre de revêtement et l'usage futur du site.

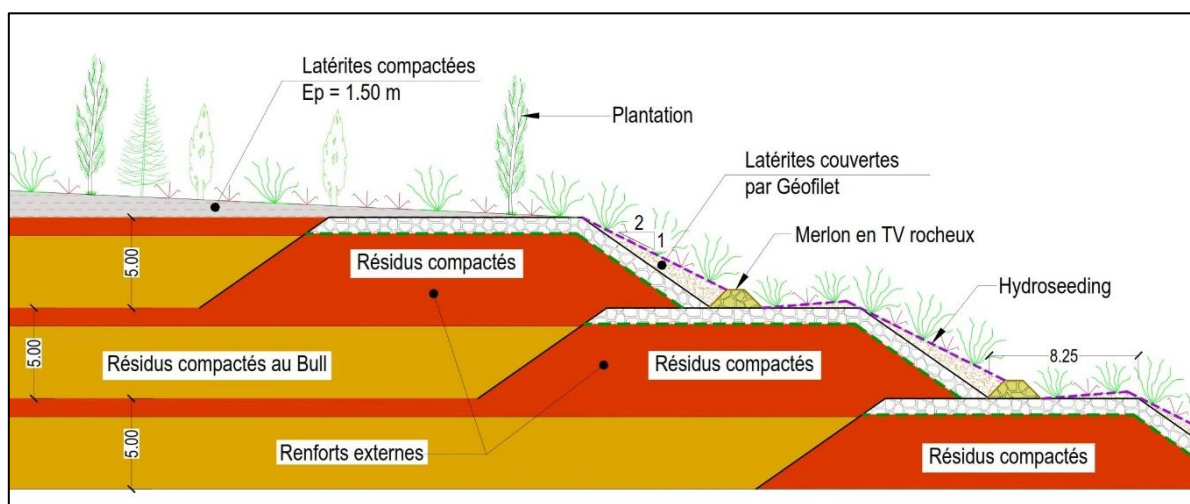


Figure 46 : Travaux de réhabilitation de la verse

La gestion des eaux de ruissellement au niveau des talus se fera moyennant des descentes d'eau enrochées et aménagées sur les flancs de la verse selon un espacement qui permet l'évacuation des eaux sans débordement sur les façades revégétalisées.

## 6.7.2. Fermeture et réhabilitation des bassins des eaux de contact

La fermeture des bassins des eaux de contact sera réalisée 2 ans après la fermeture complète de la verse. Durant ces deux années, un suivi régulier sera assuré afin de vérifier la qualité chimique des eaux et leur turbidité. Cette période avant fermeture des bassins pourrait être prolongée si les résultats s'avéraient non satisfaisants.

En phase de fermeture, les bassins des eaux de contact seront entièrement vidangés. Les modalités de remise en état prévues sont les suivantes :

- Découpage, enlèvement et évacuation de la géomembrane,
- Démantèlement des tuyauteries et récupération du système de pompage et de tout équipement,
- Comblement du fond de bassin avec des matériaux stériles constituant les digues d'enclosure. Cela permettra d'éviter le transport de matériaux d'apport de l'extérieur du site et de limiter le roulage des camions,
- Mise en œuvre de terre végétale et re-végétalisation de l'emprise du bassin avec des espèces adaptées aux conditions d'hydromorphie temporaire.

## 6.8. Matériaux constitutifs des ouvrages

Les détails des besoins en matériaux relatifs au projet de verse sont présentés dans le Tableau 17.

Les détails relatifs à l'approvisionnement en ces matériaux sont présents dans :

➔ Rapport de la Zone à Géotubes (ZAG) (Réf : MC-21-301-PRNC-01-R1161)-Mecater 2022 0

➔ Rapport de la zone d'emprunt Spillway Sud (Réf : MC-21-301-PRNC-01-R1162) – Mecater 2022 [17].

**Tableau 17 : Besoins en matériaux**

Produits		Besoin (m³)	Usage
Latérite & Remblai général		70 000	Latérite pour les travaux préparatoires
		52 000	Latérite pour la plateforme de Bypass, le bassin d'écêtement et le bassin de sédimentation
		820 000	Latérite pour la barrière étanche
Enrochement 50/150 mm		160 000	Enrochement pour les travaux de préparation de la zone aval
		26 000	Enrochement pour les travaux d'aménagement de la plateforme de bypass, le bassin d'écêtement et le bassin de sédimentation
Enrochements Pistes d'accès & Bassins des eaux de contact	0/63 mm	12 000	Enrochement pour les pistes d'accès et les bassins des eaux de contact CWPs.
	0/31.5 mm	8 000	
Enrochements Construction de la verse	50/150 mm	1 600 000	Enrochement pour les bandes de roulement et le drainage de surface de la verse. Ce volume d'enrochement représente 5% par rapport au volume total de la verse.
	300/500 mm	30 000	

---

## 6.9. Justifications géotechniques de la verse Lucy 2.0

Cette partie a été rédigée en se référant aux rapports suivants :

- Critères de design géotechnique du projet Lucy 2.0 (EXT-140-8315-01-0057) - Mecater 2022 [18]
- Rapport des justifications géotechniques de la verse Lucy 2.0 (EXT-140-8315-01-0091) - Mecater 2022 [19] ;
- Rapport d'interprétation géotechnique des matériaux (MC-21-301-PRNC-01-R101)-Mecater 2022 [20].

### 6.9.1. Démarche de calcul et critères de stabilité

Les critères de stabilité et la démarche générale adoptée pour l'analyse de stabilité de la verse Lucy 2.0, sont basés sur l'approche proposée par la référence internationale ANCOLD 2019. L'ensemble est présenté dans le Tableau 18.



**Tableau 18 : Démarche de l'analyse de stabilité de la verse Lucy 2.0 selon les recommandations de l'ANCOLD 2019**

Type d'analyse		Conditions de chargement	Méthode de calcul/logiciel	Critère de stabilité selon l'ANCOLD 2019	Critère de stabilité retenu
En condition statique	Stabilité à court terme (En cours de construction) <sup>6</sup>	Drainé avec simulation des surpressions interstitielles de consolidation	Logiciel Plaxis (Méthode aux Eléments Finis)	1,30 (sans perte de confinement)	≥ 1,30
	Stabilité à court terme (A la fin de la construction)	Non drainé	Logiciel Plaxis (Méthodes aux éléments finis) Logiciel Slope/W (Méthode de Morgenstern-Price)	1,50 (avec perte de confinement)	1,30 sans perte de confinement 1,50 avec perte de confinement
	Stabilité à long terme en condition drainée	Drainé	Logiciel Slope/W (Méthode de Morgenstern-Price)-Plaxis	1,50	≥ 1,50
En conditions sismiques	Evaluation de sensibilité à la liquéfaction		-	-	-
	Evaluation du potentiel de liquéfaction	Approche 1	-		FS > 1
		Approche 2	-		-
	Calculs de la variation des surpressions interstitielles et délimitation des zones potentiellement liquéfiables <sup>7</sup>		Non drainé	-	-
En conditions post sismiques	Stabilité après le passage de séisme SEE (calcul post-sismique)		Non drainé	1,00 - 1,20	≥ 1,10 <sup>8</sup>
	Calculs des déplacements résiduels post-sismiques		-	-	-

<sup>6</sup> La stabilité de la verse à court terme (en cours de construction) sera évaluée moyennant le code de calcul Plaxis2D pour chaque phase de construction de niveau de 5 m jusqu'à la fin de construction

<sup>7</sup> L'identification des zones potentiellement liquéfiables au niveau de la verse permet de définir l'étendue de la zone à compacter sur le talus et la plateforme sommitale ultime.

<sup>8</sup> Choix lié au degré de confiance moyen affecté aux caractéristiques géotechniques post sismique.

## 6.9.2.Synthèse des résultats des calculs de la stabilité au grand glissement de la verse Lucy 2.0

Une étude de stabilité de la verse au grand glissement a été réalisée pour le profil de référence CH600 sous différentes conditions moyennant les logiciels suivants (Cf. Tableau 19) :

- Logiciel Plaxis (méthode des éléments finis) pour des calculs des surpressions, des facteurs de sécurité en cours de construction de la verse (à court terme) et après dissipation quasi-totale des surpressions interstitielles (à long terme) et des tassements au niveau de la fondation et des conduites ;
- Logiciel Slope/W (méthode des équilibres limites : Morgenstern-Price) pour des calculs de facteur de sécurité de la verse en fin de construction (conditions non drainées), à long terme (conditions drainées) et après passage du séisme de référence (post sismique) ;
- Logiciel Quake/W (méthode du Milieu linéaire équivalent) pour des calculs de la variation des surpressions interstitielles et délimitation des zones qui dépassent le seuil de mobilité cyclique.

Les résultats des calculs de la stabilité au grand glissement de la verse Lucy 2.0 sous différentes conditions statiques et sismiques sont synthétisés dans le Tableau 19.

**Tableau 19 : Synthèse des résultats des calculs de stabilité de la verse Lucy 2.0**

Type d'analyse		Méthode de calcul/logiciel	Coefficient de sécurité/déformation calculé	Critère de stabilité/déformation retenu
En condition statique	Stabilité à court terme à la fin de la construction en condition non drainée	Logiciel Slope/W (Méthode Equilibre Limite de Morgenstern-Price)	1,30	1,30 (sans perte de confinement)
	Stabilité à court terme à la fin de la construction en conditions drainées avec considération des surpressions interstitielles de consolidation	Logiciel Plaxis (Méthode aux éléments finis)	1,98	
	Stabilité à long terme en condition drainée	Logiciel Slope/W (Méthode Equilibre Limite de Morgenstern-Price)	2,33	≥ 1,50
		Logiciel Plaxis (Méthode aux éléments finis) Après dissipation des pressions interstitielles jusqu'à 10kPa	1,98	
En conditions sismiques	Stabilité après le passage de séisme SEE (calcul post-sismique)	Logiciel Quake/W (Méthode du Milieu Linéaire Equivalent)	1,11	≥ 1,10

**Ces résultats montrent que le design de la verse garantie sa stabilité selon les critères définis par le référentiel ANCOLD 2019 en conditions statiques (en court de construction et à long terme) et en conditions sismiques jusqu'au séisme de récurrence 1/10 000 ans.**

## 6.10. Justifications hydrodynamiques

Cette partie a été rédigée en se référant aux rapports suivants :

- ➔ Rapport de critères de design hydrodynamiques (Réf. EXT-140-8315-01-0200) - Mecater 2022 [21] ;
- ➔ Rapport de modélisations hydrodynamiques de la verse Lucy (Réf. EXT-140-8315-01-0201)[11].

Des simulations hydrodynamiques de la verse ont été réalisées dans le but d'étudier localement le comportement de la verse durant son exposition aux eaux de pluie et ce, en tenant compte du dispositif de drainage de la verse. Ces justifications permettent principalement de vérifier l'efficacité des renforts enrochés dans le drainage interne de la verse et de démontrer que cette verse restera en condition non saturée sur le long terme. Pour ce faire, des modèles hydrodynamiques 2D et 3D ont été élaborés moyennant le code de simulation hydrodynamique FEFLOW (Version 7.2).

Les modèles hydrodynamiques sont détaillés dans le rapport de modélisations hydrodynamiques de la verse Lucy (Réf. EXT-140-8315-01-0201) [11].

### 6.10.1. Critères de design hydrodynamique

#### 6.10.1.1. Caractéristiques hydrauliques des matériaux pour les calculs hydrodynamiques

Les paramètres adoptés pour les modélisations hydrodynamiques sont détaillés dans le rapport relatif aux critères de design hydrogéologiques de la verse Lucy (Réf. EXT-140-8315-01-0200) [21].

La synthèse des caractéristiques hydrauliques est présentée dans le Tableau 20.

**Tableau 20 : Caractéristiques hydrauliques et hydrodynamiques des différents matériaux**

Matériaux	Perméabilité K (m/s)	Anisotropie (Kh/Kv)	Porosité Efficace	$\theta_r$ (-)	$\theta_{sat}$ (-)	Paramètre de Van Genuchten « VG »		Emmagasinement spécifique (1/m)
						$\alpha$ (1/m)	n (-)	
Bedrock	$5.10^{-10}$	1	$10^{-5}$	0,07	0,265	0,594	1,395	$10^{-6}$ à $2.10^{-6}$
Saprolite rocheuse	$10^{-7}$ à $1,5.10^{-6}$	1	0,01	0,07	0,265	0,594	1,395	$10^{-6}$ à $2.10^{-6}$
Saprolite terreuse	De $10^{-7}$ à $4.10^{-3}$	1	$10^{-3}$ à 0,05	0,1	0,46	0,5	1,09	$2.10^{-6}$ à 0,002
Latérite en place	De $1,4.10^{-8}$ à $1,2.10^{-4}$	1	$10^{-3}$ à 0,2	0,1	0,46	0,5	1,09	$2.10^{-6}$ à 0,002
Colluvions	$5,4.10^{-6}$	1	0,5	0,061	0,342	12,4	2,28	$10^{-5}$
Barrage KO2	Kv : $2.10^{-9}$ ; Kh : $5.10^{-3}$	$2,5.10^6$	0,5	0,0606	0,487	0,69	1,6471	$10^{-4}$
Résidus asséchés non compactés	$10^{-7}$	1	0,5	0,0606	0,487	0,69	1,6471	$10^{-4}$
Résidus asséchés compactés	$5.10^{-8}$	1	0,5	0,0606	0,487	0,69	1,6471	$10^{-4}$
Verse à résidus y compris les renforts enrochés (pour le modèle global)	$5.10^{-8}$ (perméabilité équivalente <sup>9</sup> )	1	0,5	0,0606	0,487	0,69	1,6471	$10^{-4}$
Riprap	$10^{-3}$	1	0,3	0,0025	0,5	4,1	1,964	$10^{-6}$
Renforts enrochés	$10^{-3}$	1	0,3	0,0025	0,5	4,1	1,964	$10^{-6}$
Couche collecte des eaux d'infiltration	$10^{-3}$	1	0,3	0,0025	0,5	4,1	1,964	$10^{-6}$
Couche drainage des sous écoulements	$10^{-3}$	1	0,3	0,0025	0,5	4,1	1,964	$10^{-6}$
Couche latérites compactées	$10^{-8}$	1	0,55	0,1	0,46	0,5	1,09	$10^{-4}$

<sup>9</sup> Cf. rapport de justifications géotechniques du projet de construction de la verse LUCY : Fel 2 Réf : MC-21-102-VAL-01-R01-C)

---

### 6.10.1.2. Présentation des modèles étudiés

L'objectif principal des modélisations hydrodynamiques réalisées est d'évaluer le risque d'une saturation de la verse suite à des épisodes pluvieux importants.

Deux types de modèle ont été mis en œuvre :

- Type 1 : La verse seule, sans prise en compte des eaux souterraines naturelles présentes dans la fondation ;
- Type 2 : La verse et sa fondation.

Pour le second type, les limites de modélisation correspondent aux limites hydrogéologiques naturelles les plus proches de la verse. Ces limites sont les suivantes :

- La rivière Kwé Ouest en aval de la verse ;
- Le barrage KO2 en amont de la verse ;
- Les bassins KO3 et KO4 au Nord de la verse ;
- La colline Sud du site constituant l'appui Sud du barrage KO2.

Au total, 3 modèles hydrodynamiques ont été construits (2 modèles de type 1 et 1 modèle de type 2). Une synthèse des grandes caractéristiques de ces modèles est proposée dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Caractéristiques des modèles hydrodynamiques étudiés

Modèle	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
<b>Conception</b>	Verse isolée 2D	Verse isolée 3D : 4 phases afin de tenir compte des infiltrations durant la construction de la verse	Verse + système de drainage à la base de la verse+ assise 3D
<b>Compartiments modélisés</b>	<p>Verse modélisée en une succession de 36 couches comportant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Résidus compactés</b> sur une épaisseur de 1 m au sommet de chaque casier de stockage ;</li> <li>✓ <b>Résidus non compactés</b> stockés au niveau des casiers sur une épaisseur de 4 m ; <i>Condition conservatrice : Dans la modélisation, la baisse potentielle de perméabilité engendrée par le placement des résidus au bull n'a pas été considérée</i></li> </ul> <p>Les renforts internes et externes sont représentés dans chacune de ces couches, conformément au design proposé.</p>		<p>Modèle simulé en une succession de 11 couches de maillage (du haut vers le bas) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>La verse Lucy</b> (couche 1) ;</li> <li>✓ <b>Le parc KO2</b> (couche 2) ;</li> <li>✓ <b>Les enrochements posés sur le talus aval du barrage KO2</b> (couche 3)</li> <li>✓ <b>Le système de drainage</b> de la base de la verse composé d'un système de drains de collecte des eaux de percolation (couche 4), d'une couche d'étanchéité (couche 5) et d'un système de drainage des sous écoulements (couche 6);</li> <li>✓ <b>L'assise de la verse</b> composée de : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un horizon de <u>colluvions latéritiques (couche 7)</u> ;</li> <li>- Un horizon <u>de latérites en place (couche 8)</u> ;</li> <li>- Un horizon comportant la couche des <u>saprolites terreuses et la couche des saprolites rocheuses</u> : mélange de terre et de bloc (couches 9 et 10)</li> </ul> </li> <li>✓ Un horizon de <u>péridotite fracturée (couche 11)</u></li> </ul>
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Justifier la non-saturation de la verse au cours de sa construction (dissipation des pressions hydrostatiques) ;</li> <li>✓ Valider l'efficacité des renforts enrochés en matière de drainage des eaux infiltrées ;</li> </ul>	<p>Evaluer l'effet de l'infiltration maximale de la pluie nette à travers la plateforme sommitale de la verse.</p> <p>Prise en compte des infiltrations en cours de construction de la verse : phasage adoptée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Etudier l'effet de l'infiltrations des eaux de pluie sur la remontée du niveau hydrostatique dans la verse ;</li> <li>✓ Evaluer les débits de fuite vers le milieu naturel. Ces données constituent des données d'entrées d'un modèle de dilution visant à évaluer l'effet des aménagements prévus sur la qualité chimique de la rivière Kwé ;</li> <li>✓ Etudier l'efficacité du système de drainage à la base de la verse, en matière de réduction des débits de fuite vers le milieu naturel ;</li> </ul>



Modèle	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
<p><b>Analyse de sensibilité</b></p>	<p>Les renforts enrochés ont fait l'objet d'une analyse de sensibilité en considérant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Scénario 1 : avec renforts enrochés internes et externes</li> <li>✓ Scénario 2 : sans renforts enrochés internes (dans le cas où ils seraient rendus inefficaces soit par colmatage ou en cas d'utilisation d'un matériau non adéquat)</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>L'infiltration des eaux de pluie</b> a fait l'objet d'une analyse de sensibilité en considérant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>1<sup>er</sup> scénario (scénario de référence)</b> : infiltration des eaux de pluie uniquement par la plateforme sommitale et le talus libre de la verse. La recharge par les pluies sur les zones situées hors emprise de la verse est considérée comme nulle (Cf. Figure 37) ;</li> <li>- <b>2<sup>ème</sup> scénario</b> : infiltration sur tout le domaine de simulation excepté la zone du barrage KO2 (Cf. Figure 38).</li> </ul> </li> <li>✓ <b>Le système de drainage</b> aménagé à la base de la verse a également fait l'objet d'une analyse de sensibilité : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>3<sup>ème</sup> scénario</b> : Diminution de la perméabilité des enrochements du système de drains de collecte des eaux de percolation et du système de drainage des sous écoulements par un facteur 10 (<math>K=10^{-4}</math> m/s au lieu de <math>10^{-3}</math> m/s). Cette modélisation a pour but d'étudier l'impact d'une diminution de la débitance des réseaux de drainage (soit par colmatage ou en cas d'utilisation d'un matériau non adéquat) sur le débit de fuite.</li> <li>- <b>4<sup>ème</sup> scénario</b> : Augmentation de la perméabilité de la barrière étanche par un facteur 10 (<math>K=10^{-7}</math> m/s au lieu de <math>10^{-8}</math> m/s). Le but de cette modélisation est d'étudier l'impact d'une variation de la perméabilité, due à un défaut de compactage des latérites de la barrière étanche, sur le débit de fuite.</li> <li>- <b>5<sup>ème</sup> scénario</b> : Absence du système de drains de collecte de eaux de percolations ou dysfonctionnement total</li> </ul> </li> </ul>

## 6.10.2. Présentation des résultats

Une synthèse des résultats obtenus est présentée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 22 : Synthèse des résultats de modélisation**

Modèle	Résultats	Conclusions
Modèle 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>En fonctionnement standard, le système interne et externe de gestion des eaux de percolation permet de désaturer efficacement la verse, et ce en condition très pluvieuse ;</li> <li>Le colmatage des renforts enrochés internes n'affecte pas cette efficacité. L'effet cumulé des renforts enrochés externe et du tapis drainant à la base de la verse est suffisant pour désaturer l'ouvrage, et ce en condition très pluvieuse ;</li> <li>Dans le détail, un niveau saturé se développe au toit de la verse. Mais, ce niveau se limite à une tranche de 1 m d'épaisseur en moyenne.</li> <li>La désaturation de la verse est légèrement plus rapide dans le cas du scénario 1 comparé au scénario 2. En effet, les renforts enrochés internes réduisent la période de désaturation de la verse d'une dizaine de jours à la fin de la période de simulation. Ce résultat suggère que les renforts enrochés internes contribuent faiblement (environ un volume journalier d'eau évacuée de l'ordre de 1 m<sup>3</sup>) à l'efficacité du système de gestion des eaux de percolation de la verse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'exposition de la verse aux intempéries n'engendre pas l'apparition d'un niveau hydrostatique à la base de l'ouvrage. Un fonctionnement en condition non saturée est attendu sur toute la durée de vie de la verse.</li> </ul>
Modèle 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un niveau de saturation est retrouvé au toit de la verse sur une épaisseur limitée à 1 m. Son existence est temporaire avec une durée maximale de persistance de deux jours après les pluies ayant engendrées la saturation ;</li> <li>Le système interne et externe de gestion des eaux de percolation permet de désaturer efficacement la verse, et ce en condition très pluvieuse. Pour le scénario pessimiste, les pressions d'eau, dans chaque couche initialement saturée, sont dissipées au bout de 6 mois d'exposition ;</li> <li>Après 2 ans d'exposition à des conditions très pluvieuses, la verse reste totalement désaturée et ce, pour les deux scénarii étudiés. Ce résultat suggère que la vitesse de dissipation des pressions est nettement supérieure à la vitesse d'infiltration de l'eau.</li> </ul>	
Modèle 3	<p>✓ <b>1<sup>er</sup> Scénario (Scénario de référence)</b> Les résultats obtenus montrent qu'après deux ans d'exposition aux eaux de pluie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les eaux infiltrées ne saturent pas la verse. Ceci s'explique par le fait que le volume total infiltré est faible comparé à la vitesse de dissipation des pressions d'eau ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système interne et externe de gestion des eaux de percolation permet de désaturer efficacement la verse, et ce même en condition très pluvieuse. Ce système permet notamment d'éviter la mise en place d'un</li> </ul>

Modèle	Résultats	Conclusions
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le débit de fuite à travers la barrière étanche est faible. Il varie entre 7 m<sup>3</sup>/j et 17 m<sup>3</sup>/j sur toute l'emprise de la verse, soit une moyenne de 10 m<sup>3</sup>/j sur deux ans d'exposition.</li> </ul> <p>✓ <b>2<sup>ème</sup> Scénario</b></p> <p>Les résultats obtenus montrent que la recharge par les colluvions n'a pas d'influence sur le toit de la nappe qui reste toujours positionnée dans les colluvions voire dans les latérites en place ;</p> <p>Le débit de fuite moyen associé à ce 2<sup>ème</sup> scénario est du même ordre de grandeur que le scénario de référence, soit 10 m<sup>3</sup>/j.</p> <p>✓ <b>3<sup>ème</sup> Scénario : Analyse de sensibilité sur la perméabilité du système de drains de collecte des eaux de percolations et de la couche de drainage des sous-écoulements</b></p> <p>Ce scénario permet d'évaluer l'effet d'un colmatage partiel du système de drainage de la base de la verse (système de drains de collecte des eaux de percolation et du système de drainage des sous-écoulements).</p> <p>Pour ce faire, une perméabilité de 10<sup>-4</sup> m/s au lieu de 10<sup>-3</sup> m/s, a été affectée à chacun de ces deux systèmes. Le résultat obtenu montre qu'une diminution de la perméabilité du système de drains de collecte des eaux de percolation et du système de drainage des sous-écoulements par un facteur 10 engendre une augmentation du débit de fuite moyen par un facteur 1.8(soit une augmentation de +8 m<sup>3</sup>/j par rapport au scénario de référence);</p> <p>✓ <b>4<sup>ème</sup> Scénario : Analyse de sensibilité sur la perméabilité de la barrière étanche composée de latérites compactées</b></p> <p>Le 4<sup>ème</sup> scénario permet de simuler un défaut de construction de la barrière étanche en vue d'évaluer l'impact sur le débit de fuite.</p> <p>Pour ce faire, une perméabilité de 10<sup>-7</sup> m/s au lieu de 10<sup>-8</sup> m/s a été affectée à la barrière étanche.</p> <p>Le résultat obtenu montre qu'une augmentation de la perméabilité de la barrière étanche par un facteur 10 engendre une augmentation du débit de fuite moyen par un facteur 2 (soit une augmentation de +10 m<sup>3</sup>/j par rapport au scénario de référence).</p> <p>✓ <b>5<sup>ème</sup> Scénario : Absence ou dysfonctionnement total du système de drains de collecte des eaux de percolation</b></p> <p>Le 5<sup>ème</sup> scénario a pour objectif d'évaluer le débit de fuite en l'absence du système de collecte des eaux de percolation (ou en cas de dysfonctionnement total de ce système).</p> <p>Le résultat obtenu montre qu'en cas d'absence ou de dysfonctionnement, le débit de fuite augmente par un facteur 20 (soit une augmentation du débit de l'ordre de +190 m<sup>3</sup>/j en moyenne par rapport au scénario de référence)</p>	<p>niveau hydrostatique à la base de l'ouvrage. Un fonctionnement en condition non saturée est donc attendu sur toute la durée de vie de la verse ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>L'infiltration des eaux de pluie à travers les colluvions, dans les zones hors emprise de la verse, n'a pas d'influence sur la position du toit de la nappe qui reste toujours positionnée dans les colluvions voire dans les latérites en place ;</li> <li>Le système de protection des eaux naturelles, envisagé pour la verse Lucy (système de drains de collecte des eaux de percolation + barrière étanche + système de drainage des sous-écoulements), permet de limiter le débit moyen de fuite vers l'environnement à 10 m<sup>3</sup>/j, soit 0,0125 litre d'eau de percolation par m<sup>2</sup> de verse et par jour ;</li> <li>Le système de drain de collecte des eaux de percolations joue un rôle particulièrement important pour le drainage interne de la verse ainsi que pour la protection des eaux naturelles. En cas d'absence ou de dysfonctionnement total de ce système, le débit de fuite vers l'environnement peut être augmenté par un facteur 20 ;</li> <li>La barrière étanche est également un élément important de protection des eaux naturelles. En cas de défaut de construction, le débit de fuite peut être augmenté par un facteur 2, comparé au scénario de référence ;</li> </ul>

## 6.11. Description et justifications du dispositif d'auscultation

Afin d'assurer la construction de la verse Lucy 2.0 dans des conditions sécuritaires, il est prévu d'installer un dispositif d'auscultation au niveau de la fondation et dans le corps de la verse.

Ce dispositif d'auscultation a pour objectif de suivre le comportement de la verse et de sa fondation en phase d'exploitation, de post exploitation et de fermeture.

Cette partie a été rédigée en se référant au rapport suivant :

➔ Rapport plan d'action en cas d'éléments déclencheur « TARP » (Réf. MC-21-301-PRNC-01-R112) - Mecater 2022 [22] .

### 6.11.1. Réseau d'auscultation

Le réseau d'auscultation permettant la surveillance et le suivi de l'état de la verse Lucy 2.0 et de ses ouvrages associés est constitué par les instruments suivants :

- Instruments d'auscultation de la verse Lucy 2.0 et de sa fondation ;
- Instruments d'auscultation des bassins des eaux de contact ;
- Instruments de suivi de la qualité et du débit des eaux de sous écoulements.

Les paramètres de suivis du réseau d'auscultation avec le type et le nombre d'instruments de mesure installé, ainsi que les zones concernées par la surveillance sont détaillés dans le Tableau 23 ci-dessous :

**Tableau 23 : Présentation du réseau d'auscultation**

Paramètre suivi	Instrument	Type de donnée	Zone surveillée	Nombre d'instrument par zone	Remarque
<b>Niveau piézométrique</b>	Piézomètres à corde vibrante	Automatisée	- Corps de la verse - Fondation de la verse	51 88	Mesure des pressions interstitielles générées lors de la rehausse de la verse
	Piézomètres à tube ouvert	Manuelle	Bassins des eaux de contact	6	Suivi de la nappe au niveau des bassins des eaux de contact
			À différents niveaux de la verse	9	Suivi du niveau de la nappe dans la verse. Ces piézomètres seront arrêtés à 2 m au-dessus de la barrière étanche
<b>Déplacements</b>	Tubes inclinométriques	Manuelle	À différents niveaux de la verse	16	Suivi des éventuels déplacements dans la verse. Ces inclinomètres doivent être ancrés jusqu'à 5 m dans le substratum rocheux
	Plots topographiques (PT)	Manuelle	Au niveau des talus libres et à la crête de la verse	31	Mesure des déplacements
<b>Tassements</b>	Repères de tassement automatisés (SG)	Automatisée	Au niveau des conduites d'extension du réseau de sous drainage existant et des drains de pied KO2	6	Suivi du tassement des conduites d'extension du réseau de sous drainage existant et des drains de pied KO2 ;
<b>Débit</b> <b>Mesure de la hauteur d'eau</b> <b>Conductivité</b> <b>Température</b> <b>Chimie en prélèvement manuel</b>	—	Manuelle et automatisée	- Exutoire WK17/20 - Exutoire KO2 - Trois puisards de collecte des lixiviats de la verse - Puisard de l'ouvrage d'extension pump pit - Regards des sous écoulements des trois bassins des eaux de contact - Exutoire 206S - Exutoire 220N - Exutoire du canal de drainage de la carrière Audemard	—	Suivi de la qualité et du débit des eaux de sous écoulement et des lixiviats



### 6.11.2. Localisation des instruments

Le dispositif d'auscultation, installé dans la verse Lucy 2.0 et au niveau de sa fondation, est présenté dans la Figure 47 ci-dessous.

La vue en plan et les coupes du dispositif d'auscultation sont présentées respectivement dans les plans MC-21-301-PRNC-01-P110 (Annexe 1-16) et MC-21-301-PRNC-01-P111 (en Annexe 1-17).

### 6.11.3. Les éléments déclencheurs et les seuils définis par le TARP de la verse Lucy 2.0

Le Plan d'Action en cas d'Élément Déclencheur (TARP) est préparé pour assurer un suivi permanent de la sécurité de la verse et des infrastructures associées et pour répondre aux exigences des standards internationaux en matière de gestion des résidus miniers. Ainsi, le TARP fournit des indications claires sur les actions qui doivent être entreprises lorsque les différents niveaux seuils sont atteints.

Ce TARP permet d'assurer la surveillance de la stabilité de la verse Lucy 2.0 et des bassins des eaux de contact durant les phases d'exploitation, de post-exploitation et de fermeture.

A la date de rédaction de ce rapport, les seuils d'alerte relatifs au suivi environnemental sont en cours d'élaboration.

Les éléments déclencheurs et les seuils d'alerte définis par le TARP sont représentées dans des tableaux dans l'Annexe 5.



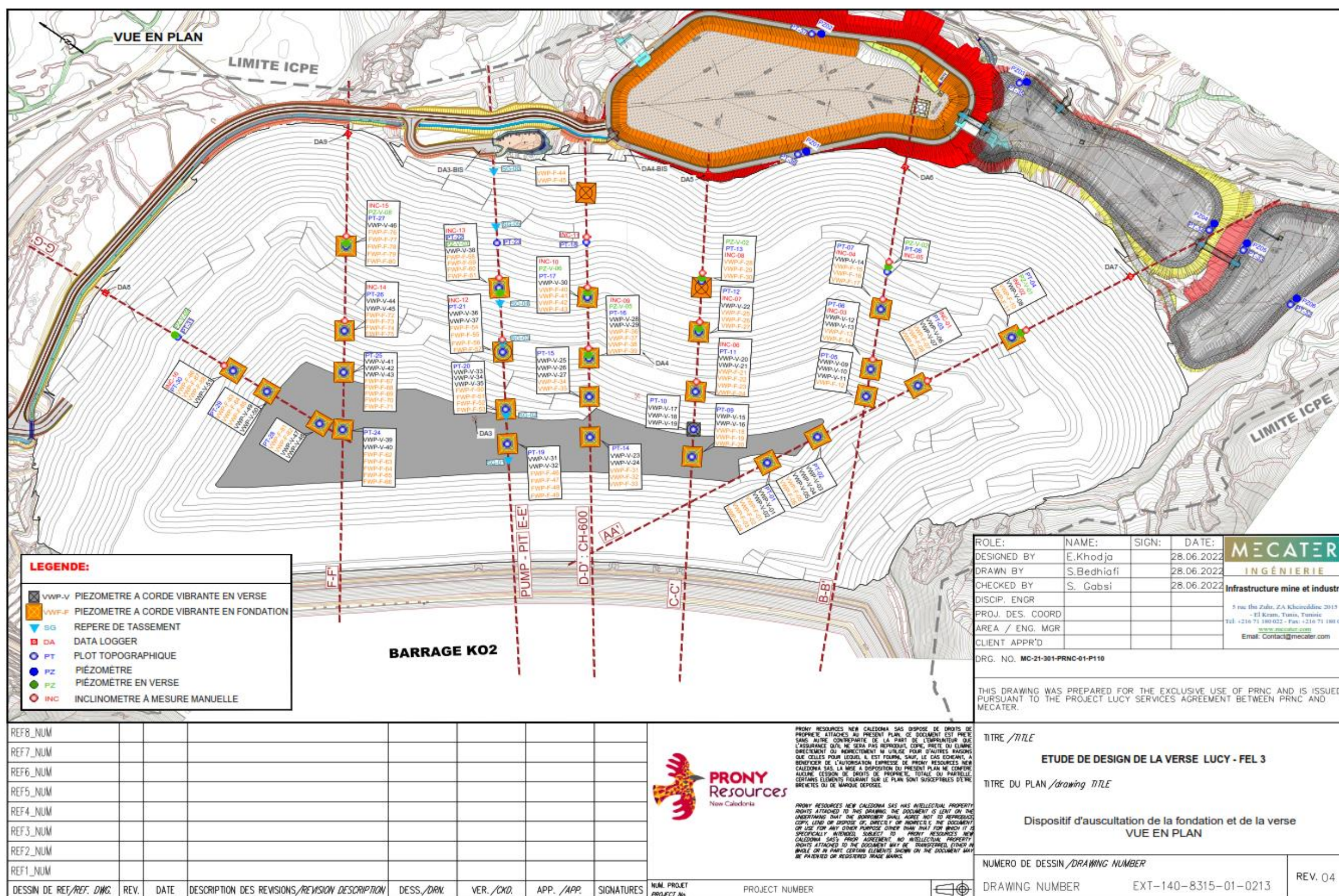


Figure 47 : Dispositif d'auscultation de la verse Lucy 2.0 et de sa fondation



# 7 Fonctionnement du parc à résidus KO2 pendant la construction de la verse Lucy 2.0

## 7.1. Difficultés techniques liées à la fermeture du parc à résidus KO2

Le parc à résidus KO2 présente en février 2023 une capacité résiduelle totale d'environ 13,6 Mm<sup>3</sup>.

Au vu des complexités techniques et opérationnelles liées à la fermeture du parc à résidus KO2 avant d'atteindre la cote ultime, PRNC a opté pour le maintien du parc à résidus KO2 opérationnel pour l'utiliser comme bassin tampon durant la durée de vie de la verse à résidus Lucy 2.0.

La fermeture du parc à résidus KO2 avant d'atteindre le remplissage maximal est très compliquée à mettre en œuvre. En effet, pour assurer la fermeture du parc KO2, il faut maintenir le bassin vide pendant les travaux. Ceci revient à :

- Pomper les eaux en continue de façon à maintenir le bassin vide : Cette configuration n'est pas possible en raison de la limitation de la capacité de traitement et de rejet à l'émissaire ;
- Abaisser la cote du déversoir : les travaux sur l'évacuateur de crues sont presque finalisés et abaisser la cote du déversoir n'est plus envisageable.

Même si on arrive à drainer les eaux correctement, le bassin ne peut pas être fermé en l'état (c'est-à-dire en laissant un volume résiduel de 13,6 Mm<sup>3</sup>) parce qu'un lac permanent sera formé au-dessus du système de couverture qui sera placé au-dessus des résidus humides et l'ouvrage ne pourra pas par conséquent être déclassé.

Compte tenu de ces contraintes techniques, le parc à résidus KO2 sera maintenu fonctionnel pour être utilisé comme bassin tampon pour stocker 10% de la production sous forme de résidus épaissis. Ces 10% correspondent aux :

- Arrêts de stockage sur la verse pendant les intempéries (8% du temps) ;
- Maintenance des installations de production des résidus secs (2% du temps).

La faisabilité du maintien du KO2 fonctionnel et de son utilisation comme bassin tampon sont justifiées moyennant des calculs hydrauliques spécifiques présentés ci-après.

## 7.2. Bilan Hydrique : Etude MECATER

Dans le cadre des études FEL3 du projet Lucy 2.0, une étude du bilan hydrique a été réalisée par MECATER Ingénierie en 2021.

Cette étude permettant de justifier le fonctionnement du parc à résidus KO2 pendant la construction de la verse Lucy 2.0 et ses installations annexes, a été élaboré **en considérant les données de production de janvier 2021.**

Les résultats de cette étude sont détaillés dans ce qui suit.

## 7.2.1. Bilan hydrique du parc à résidus KO2

Un bilan hydrique du parc à résidus KO2 pendant la construction de la verse Lucy 2.0 a été réalisé en 2022 (Cf. Rapport du bilan hydrique de référence MC-21-301-PRNC-01-R203 // EXT-140-8315-01-0300 [14]) moyennant le logiciel Goldsim et ce, en tenant compte d'un taux de bypass de 10%, afin de déterminer :

- La capacité utile du parc à résidus KO2,
- La variation du volume d'eau surnageant dans le parc à résidus KO2 en fonction du - temps,
- La variation des volumes de transferts des eaux vers l'unité de traitement 285.

Le parc à résidus a été modélisé comme un réservoir défini par un ensemble de paramètres (surface de l'impluvium KO2, volume d'eau de consolidation libérée par les résidus humides, etc.).

Les volumes entrants et sortants du bassin sont présentés dans le tableau ci-dessous (Cf. Tableau 24).

**Tableau 24 : Volumes entrants et sortants du parc à résidus KO2 [14]**

Réservoir	Volumes entrants	Volumes sortants
Parc à résidus KO2	Pluie efficace (Pluie -évaporation) au niveau de l'impluvium KO2 (130 ha)	Pompage vers l'usine de traitement des effluents (unité 285) avec un débit :
	Pompage CWP central (300 m <sup>3</sup> /h)	• de 1700 m <sup>3</sup> /h (correspondant à la valeur moyenne du pompage dans le parc KO2 durant les dernières années)
	Pompage du pump-pit (infiltration verse + sous drainage KO2) : débit variable en fonction des précipitations (3482 m <sup>3</sup> /j + 1250 m <sup>3</sup> /j)	• de 2000 m <sup>3</sup> /h (valeur retenue par itération de façon à limiter la lame d'eau surnageante dans le parc KO2)
	Débordement des canaux de dérivation Nord et Sud (pour période de retour de pluies > 10 ans)	Eaux de fuite (160 m <sup>3</sup> /j)
	Eaux de consolidation libérées par les résidus humides (707.87 m <sup>3</sup> /h pour une production annuelle de résidu de 5.3 Million de tonne)	
	Flush pond (50 m <sup>3</sup> /h)	
	Filtrat DWP2 (801 m <sup>3</sup> /h)	
	Eau brute pour utilités (117 m <sup>3</sup> /h)	

La Figure 48 présente le schéma conceptuel des flux d'eau des différentes installations.

## Schéma conceptuel des flux d'eau reçus/générés par KO2 et LUCY

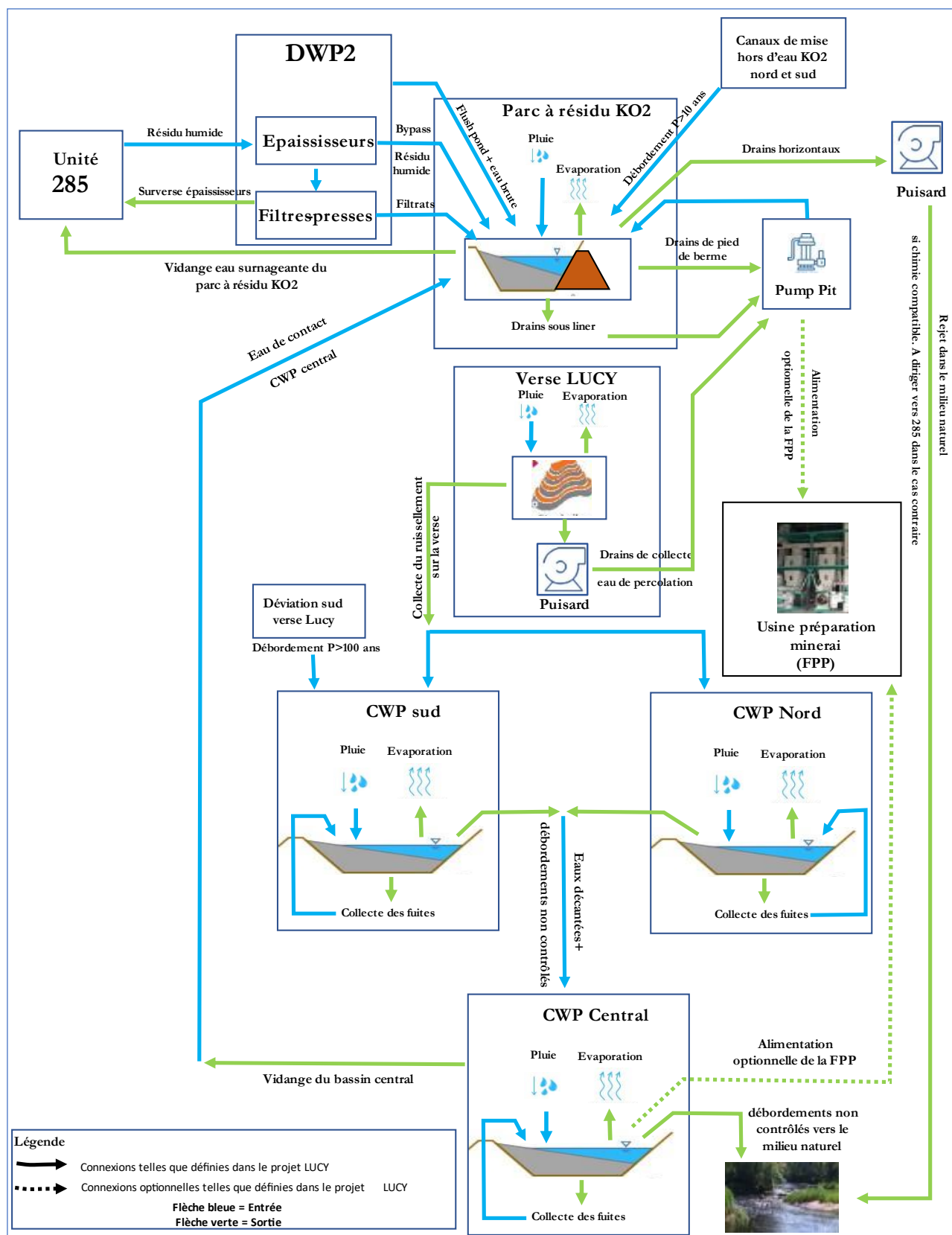


Figure 48 : Schéma conceptuel des flux d'eau des différentes installations - Structure du bloc « Bilan hydrique »

[14]



Les paramètres de modélisations retenus pour le parc à résidus KO2 sont présentés ci-dessous (Cf. Tableau 25). L'apport intercepté par l'impluvium KO2 correspond à la pluie efficace (pluie- évaporation) multiplié par sa superficie.

**Tableau 25 : Paramètres introduits – Parc à résidus KO2 [14]**

Paramètre	Valeur	Ref
Surface de l'impluvium KO2 (ha)	130	Déterminée à partir du levé topographique
Volume d'eau de consolidation libérée par les résidus humides	1,17*	Calculé en se basant sur une concentration massique des résidus humides déposés dans le parc à résidus de 35% et d'une densité sèche des résidus après décantation dans le parc égale à 1.

Toutes les simulations réalisées prennent en compte les volumes d'eau résiduels suivants :

- Le volume d'eau du bassin opérationnel qui est égal à 0,7 Mm<sup>3</sup>. Il correspond, à la fois, au volume initial utilisé dans la modélisation et au volume minimal pouvant être atteint ;
- Le volume d'eau équivalent à la crue centennale d'une durée de 10 jours, qui est estimé à 1,6 Mm<sup>3</sup>. Selon l'arrêté d'autorisation du parc à résidus KO2, ce volume doit être garanti en tout temps.

La date de mise en service de l'unité de filtration DWP2 est fixée au 1<sup>er</sup> janvier 2024 dans le modèle. La capacité utile du parc à résidus à cette date serait de l'ordre de 9 200 000 m<sup>3</sup>.

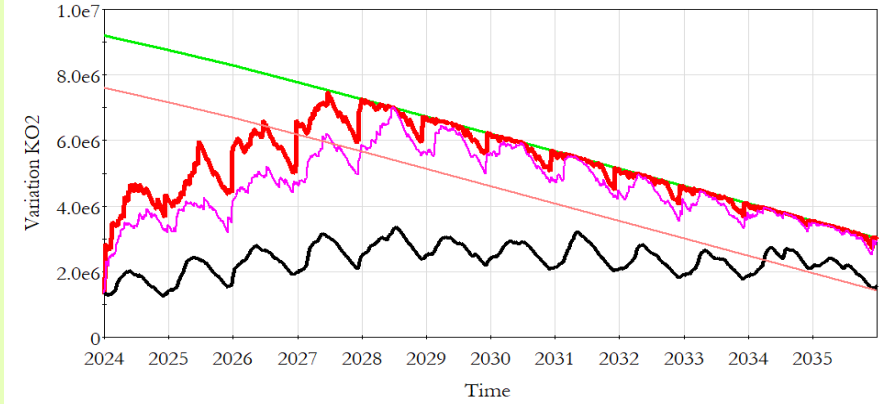
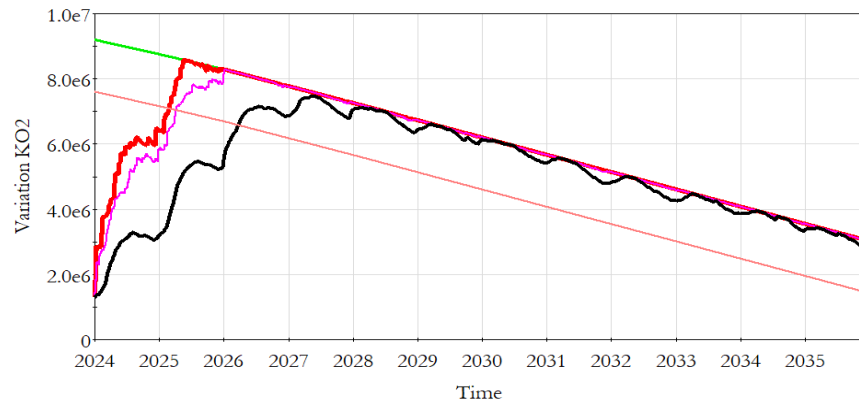
En tout 8 scénarios ont été étudiés :

- Scénario 1 : débit de pompage de 1700 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie standard sans envoi à la FPP ;
- Scénario 2 : débit de pompage de 1700 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie standard avec envoi à la FPP ;
- Scénario 3 : débit de pompage de 1700 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie de la Nina sans envoi à la FPP ;
- Scénario 4 : débit de pompage de 1700 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie de la Nina avec envoi à la FPP ;
- Scénario 5 : débit de pompage de 2000 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie standard sans envoi à la FPP ;
- Scénario 6 : débit de pompage de 2000 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie standard avec envoi à la FPP ;
- Scénario 7 : débit de pompage de 2000 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie de la Nina sans envoi à la FPP ;
- Scénario 8 : débit de pompage de 2000 m<sup>3</sup>/h /Série de pluie de la Nina avec envoi à la FPP ;

La variation des volumes d'eaux dans le parc à résidus KO2 pour le bypass de référence (10%) est présentés sous forme de graphiques aux figures 49 et 50.

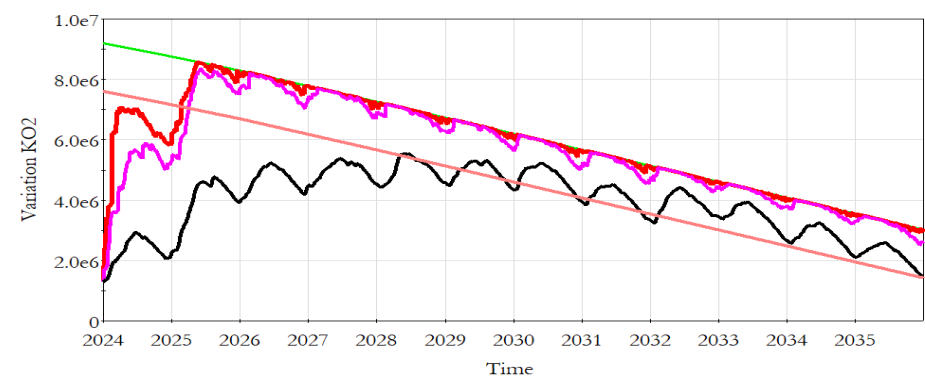
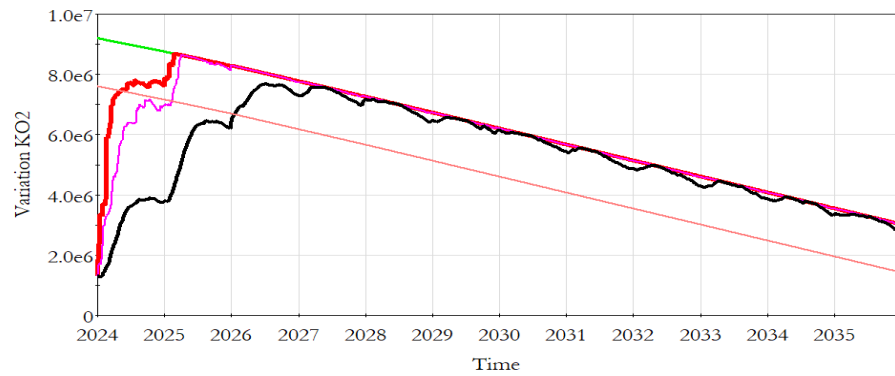
Chaque graphique présente :

- La variation de la capacité utile du parc à résidus KO2 (courbe en vert) ;
- La capacité utile du parc à résidus KO2 en tenant compte de la crue centennale de durée 10 jours (courbe rose) ;
- La variation médiane du volume d'eau dans le parc à résidus KO2 qui correspond au quantile 50 % (courbe noire) ;
- La variation maximale du volume d'eau dans le parc à résidus KO2 sur 100 ans (courbe rouge) ;
- La variation des eaux dans le parc à résidus KO2 pour un quantile de 95% (autrement dit 95% des scénariis modélisés présentent un volume d'eau dans le parc inférieur ou égal à ce résultat) (courbe rose magenta).



**Série de pluie standard sans envoi à la FPP**

**Série de pluie standard avec envoi à la FPP**



**Série de pluie la Nina sans envoi à la FPP**

**Série de pluie la Nina avec envoi à la FPP**

**Figure 49 : Evolution prévisionnelle du niveau d'eau dans le parc à résidus KO2 avec bypass 10 % (pompage 1700 m<sup>3</sup>/h à raison de 24h par jour) [14]**

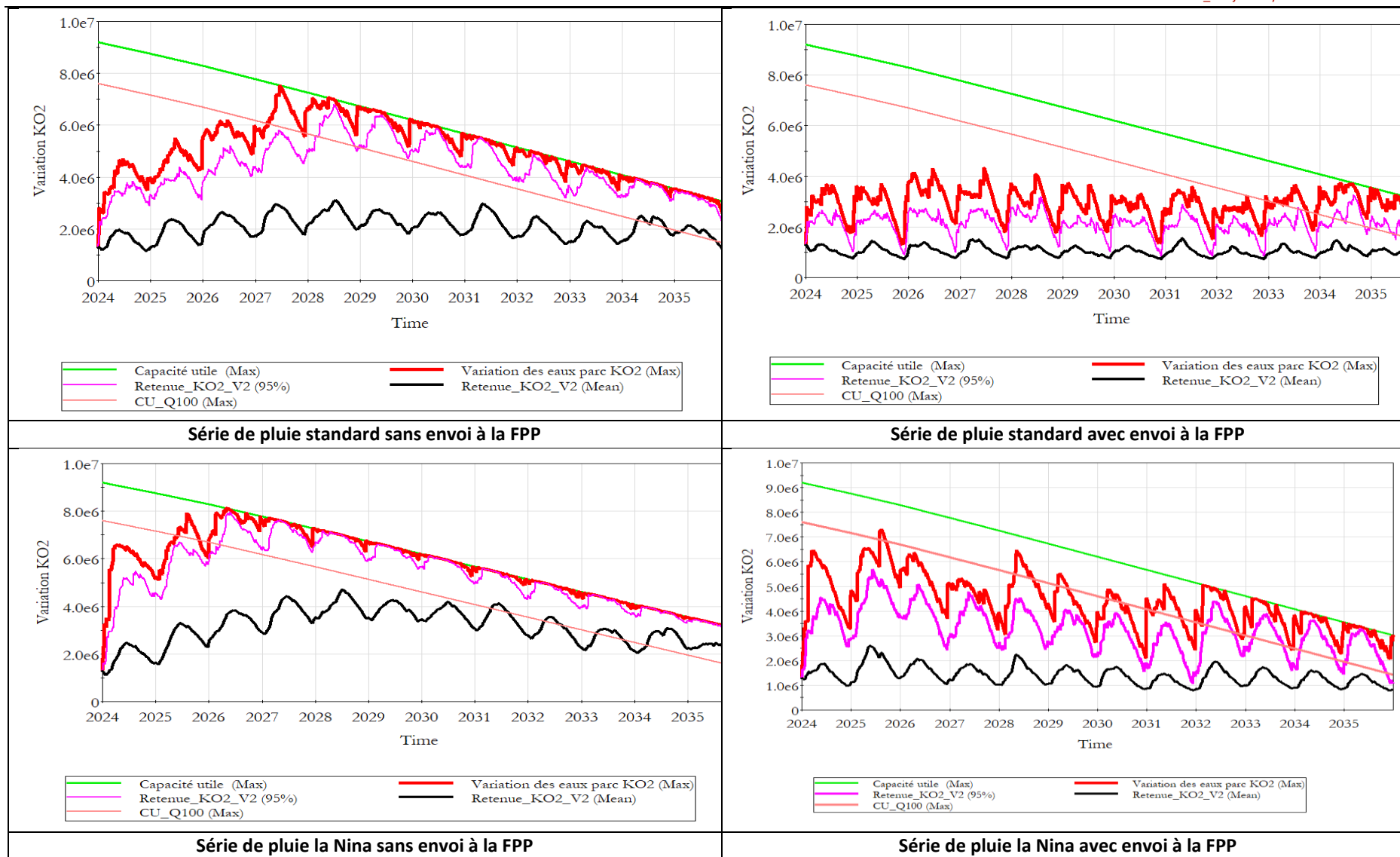


Figure 50 : Evolution prévisionnelle du niveau d'eau dans le parc KO2 avec bypass 10% (pompage 2000 m<sup>3</sup>/h à raison de 24h par jour) [14]

Les résultats pour un bypass de 10 % montrent que :

- Série de pluie standard avec un débit sortant du parc à résidus de 1700 m<sup>3</sup>/h à raison de 24 h de pompage par jour :
  - o Sans envoi à la FPP : le volume d'eau réservée à l'écêtement de la crue centennale d'une durée de 10 jours n'est plus garanti à partir de l'année 2025 et ce pour un quantile 95%, des débordements non contrôlés par l'évacuateur de crues du parc à résidus KO2 sont observés à partir de l'année 2026 et ce pour un quantile 95%.
  - o Avec envoi à la FPP : la tranche réservée pour écêter une crue centennale n'est plus assurée à partir de l'année 2027 et des débordements non contrôlés par l'évacuateur de crues du parc à résidus KO2 sont observés à partir de l'année 2028 et ce pour un quantile 95%.
- Série de pluie La Nina avec un débit sortant du parc à résidus de 1700 m<sup>3</sup>/h à raison de 24 h de pompage par jour :
  - o Sans envoi à la FPP : le volume d'eau réservée à l'écêtement de la crue centennale d'une durée de 10 jours n'est plus garanti à partir de l'année 2025 et ce pour un quantile 95% , les débordements non contrôlés par l'évacuateur de crues du parc à résidus KO2 sont observés à partir de l'année 2025 et ce pour un quantile 95%.
  - o Avec envoi à la FPP : la tranche réservée pour écêter une crue centennale n'est plus assurée à partir de l'année 2025 et des débordements non contrôlés par l'évacuateur de crues du parc à résidus KO2 sont observés à partir de l'année 2026.
- Série de pluie standard avec un débit sortant du parc à résidus de 2000 m<sup>3</sup>/h à raison de 24 h de pompage par jour :
  - o Sans envoi à la FPP : le volume d'eau réservée à l'écêtement de la crue centennale d'une durée de 10 jours n'est plus garanti à partir de l'année 2028 et ce pour un quantile 95% , des débordements non contrôlés par l'évacuateur de crues du parc à résidus KO2 sont observés à partir de l'année 2031.
  - o Avec envoi à la FPP : la tranche réservée pour écêter une crue centennale n'est plus assurée à partir de l'année 2033.
- Série de pluie La Nina avec débit sortant du parc à résidus de 2000 m<sup>3</sup>/h à raison de 24 h de pompage par jour :
  - o Sans envoi à la FPP : le volume d'eau réservée à l'écêtement de la crue centennale d'une durée de 10 jours n'est plus garanti à partir de l'année 2026 et ce pour un quantile 95%, des débordements non contrôlés par l'évacuateur de crues du parc à résidus KO2 sont observés à partir de l'année 2027.
  - o Avec envoi à la FPP : la tranche réservée pour écêter une crue centennale n'est plus assurée à partir de l'année 2032.

Les résultats de ces modélisations ont montré que le débit moyen de pompage des eaux libres (surnageant) du parc à résidus KO2, constaté entre 2019 et 2021 (1700 m<sup>3</sup>/h), est insuffisant pour gérer les apports d'eaux supplémentaires en provenance des installations du projet Lucy. La modélisation montre qu'une opération basée sur ce débit conduirait à une augmentation rapide du niveau d'eau dans le parc à résidus. Dans ce cas, le volume nécessaire pour le stockage de la crue centennale de durée 10 jours ne serait plus disponible après (02) deux ans d'exploitation de l'usine DWP2.

Pour prolonger la durée d'exploitation du parc à résidus KO2, deux actions doivent être envisagées :

- Transférer la totalité des eaux du bassin des eaux de contact central et une partie des eaux collectées par le pump-pit vers l'unité FPP (Feed Preparation Plant – Unité de préparation du minerai) ;
- Augmenter le débit de pompage au niveau du parc à résidus KO2. En première analyse, un débit de 2000 m<sup>3</sup>/h serait suffisant.

La modélisation de ces deux solutions, prises en compte simultanément, montre que la durée de vie du parc à résidus KO2 pourrait ainsi être prolongée jusqu'à l'année 2033.

## 7.2.2.Vérification des seuils d'alerte et des plans d'action associés

Faisant suite à l'arrêté n°4301-2022/ARR/DIMENC du 27 novembre 2022 concernant les mesures complémentaires relatives à l'exploitation du parc KO2, une vérification des volumes d'eau dans le parc KO2 par rapport aux seuils définis a été réalisée pendant la durée de vie de la verse Lucy 2.0.

Selon cet arrêté, PRNC est tenu d'ajuster le fonctionnement de l'usine et la capacité de pompage du chaland installé selon les critères suivants :

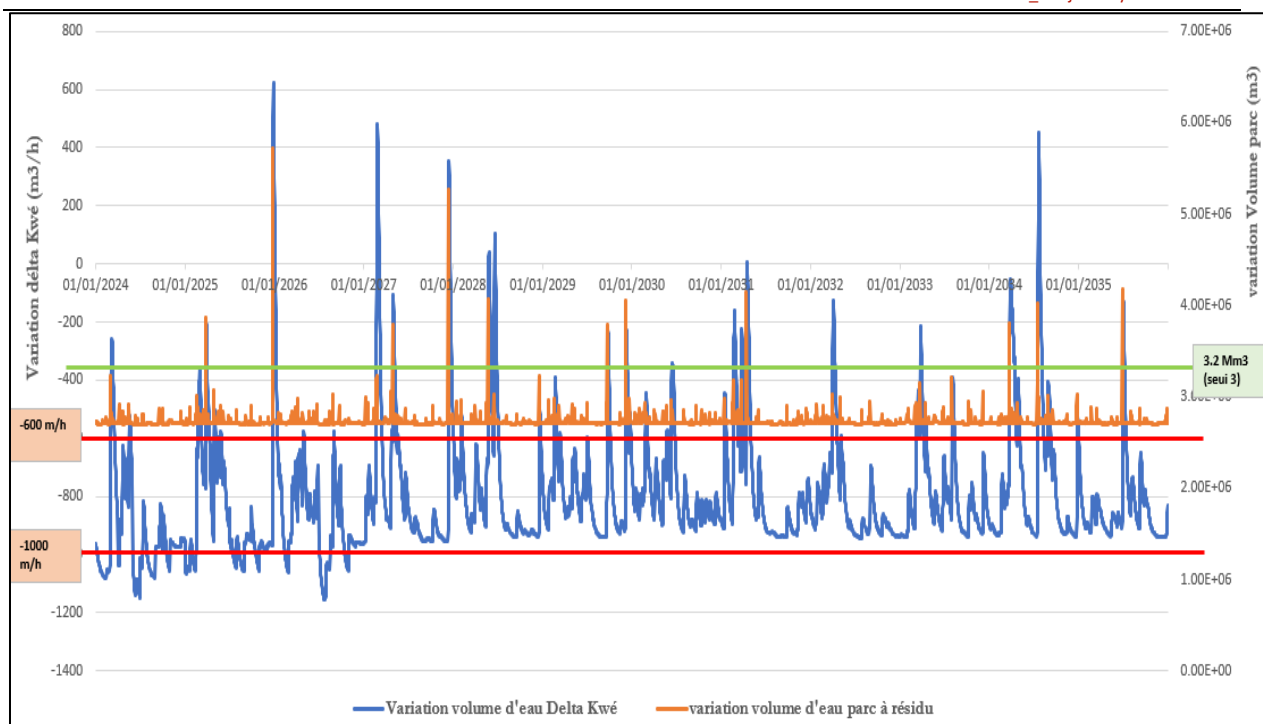
- Au-delà d'un volume d'effluent liquide dans le bassin de décantation de 1,3 Mm<sup>3</sup> (seuil 1), le delta Kwé doit atteindre un minimum de -300 m<sup>3</sup>/h en moyenne sur 24h ;
- Au-delà d'un volume d'effluent liquide dans le bassin de décantation de 2,6 Mm<sup>3</sup> (seuil 2), le delta Kwé doit atteindre un minimum de -600 m<sup>3</sup>/h moyenne sur 24h et la production de l'unité de lixiviation (U220) est limitée à deux (2) autoclaves (HPAL) ;
- Au-delà d'un volume d'effluent liquide dans le bassin de décantation de 3,2 Mm<sup>3</sup> (seuil 3), le delta Kwé doit atteindre un minimum de -1000 m<sup>3</sup>/h moyenne sur 24h et la production de l'unité de lixiviation (U220) est limitée à un (1) autoclave (HPAL)

Avec Delta Kwé :  $QvL \text{ Usine} \rightarrow Kwé + Qv \text{ Pump-pit} - QvL \text{ piégé} - Qv \text{ KWE} \rightarrow \text{usine}$

- $QvL \text{ Usine} \rightarrow Kwé$  : débit volumique moyen estimé d'effluent liquide envoyé depuis l'usine vers le bassin KO2 au sein de la pulpe. L'estimation est effectuée à partir des débits mesurés de pulpe de résidu envoyée vers le bassin KO2 et de la mesure laboratoire du pourcentage de solide de cette pulpe ;
- $Qv \text{ Pump-pit}$  : débit volumique moyen mesuré pompé depuis le puit de puit de pompage des drains sous géomembrane et des drains internes du barrage vers le bassin KO2 ;
- $QvL \text{ piégé}$  : débit volumique moyen estimé d'effluent liquide envoyé par l'usine vers le KO2 qui reste piégé au sein des résidus solides sédimentés.
- $Qv \text{ KWE} \rightarrow \text{usine}$  : débit volumique moyen mesuré d'effluent liquide présent dans le bassin de décantation, pompé depuis le bassin KO2 vers l'usine.

La figure suivante montre la variation du volume d'eau dans le parc et du delta Kwé calculés durant la durée de vie de la verse Lucy 2.0, et ce, en tenant compte d'un volume initial stocké dans le parc de 2.6 Mm<sup>3</sup> et d'un débit de pompage de 1700 m<sup>3</sup>/h.





**Figure 51 : Variation du volume d'eau dans le parc et du Delta Kwé calculé**

La simulation a montré que :

- Le volume d'eau dans le parc sera toujours supérieur à 1,3 Mm³ (seuil 1) et ce à cause du volume d'eau actuellement stocké dans le bassin ;
- Durant 97 % du temps le volume d'eau varie entre 2,6 Mm³ (seuil 2) et 3,2 Mm³. Dans ces intervalles de temps, 12% du temps le Delta Kwé est supérieur à - 600 m³/h. Pendant ces intervalles de temps PRNC doit augmenter le débit de pompage et réduire le fonctionnement de l'usine de manière à ce que le delta Kwé soit de l'ordre de -600 m³/h.
- Durant 3% du temps le volume d'eau dépasse le volume de 3,2 Mm³ (seuil 3). Dans ces intervalles de temps, 100 % du temps le delta kwé est supérieur à -1000 m³/h. Pendant ces intervalles de temps PRNC doit augmenter le débit de pompage et réduire le fonctionnement de l'usine de manière à ce que le delta Kwé soit de l'ordre de -1000 m³/h.

### 7.3. Bilan hydrique du parc à résidus KO2 réalisé par PRNC

En décembre 2022, PRNC a réalisé un modèle statique étudiant le bilan hydrique du parc à résidus KO2. Le but de ce modèle est d'évaluer l'impact de la mise en œuvre du projet Lucy sur l'équilibre des flux liquides au sein de l'usine et la capacité de vidange du bassin KO2.

Les modélisations ont été réalisées en considérant trois scénarii :

- Etat actuel du parc à résidus, sans le projet Lucy avec une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 2500 m³/h, et moyenne de 2250 m³/h ;
- Avec l'opération du projet Lucy et une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 2500 m³/h, et moyenne de 2250 m³/h ;
- Avec l'opération du projet Lucy et une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 3000 m³/h, et moyenne de 2700 m³/h.

Les résultats de ces simulations confirment les conclusions et les recommandations de l'étude du bilan hydrique réalisée par MECATER dans le cadre des études FEL3 :

- Le premier scénario étudiant l'état actuel du parc à résidus KO2 sans le projet Lucy et en considérant une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 2500 m<sup>3</sup>/h donne un delta Kwé de 1 000 m<sup>3</sup>/h qui permet difficilement de contrôler le volume de surnageant dans le KO2 avec la météo
- Le deuxième scénario étudiant le bilan hydrique du parc à résidus KO2 avec le projet Lucy et en considérant une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 2500 m<sup>3</sup>/h donne un delta 350m<sup>3</sup>/h qui ne permet pas la continuité de l'opération en raison du niveau d'eau dans le KO2
- Le troisième scénario étudiant le bilan hydrique du parc à résidus KO2 avec le projet Lucy et en considérant une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 3000 m<sup>3</sup>/h donne un delta 750 m<sup>3</sup>/h qui reste restreint et demande à augmenter encore plus la capacité de vidange.

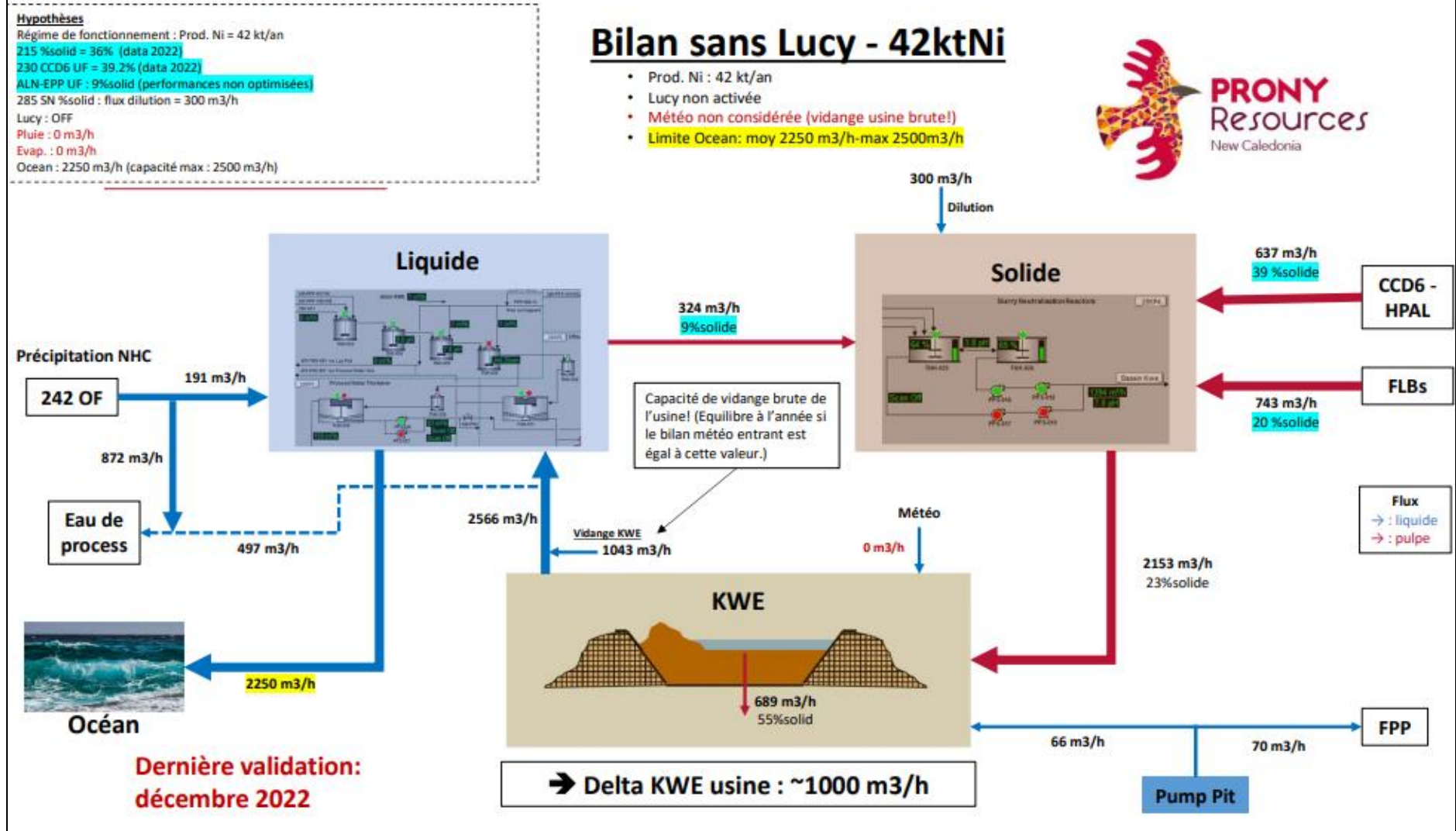


Figure 52 : Bilan d'eau sans Lucy \_ PRNC (Décembre 2022)

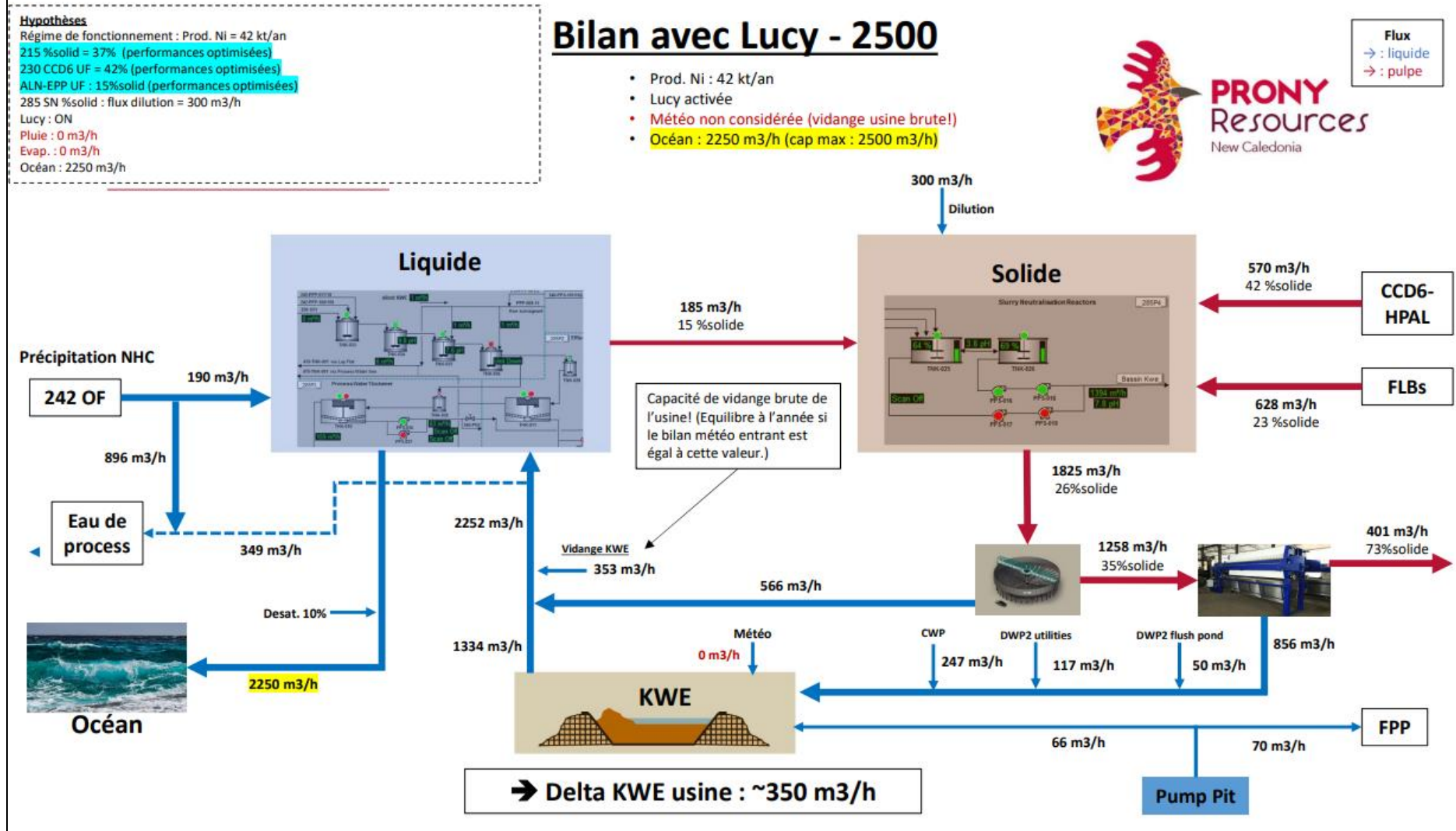


Figure 53 : Bilan d'eau avec le projet Lucy et une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 2500 m<sup>3</sup>/h\_ PRNC (Décembre 2022)

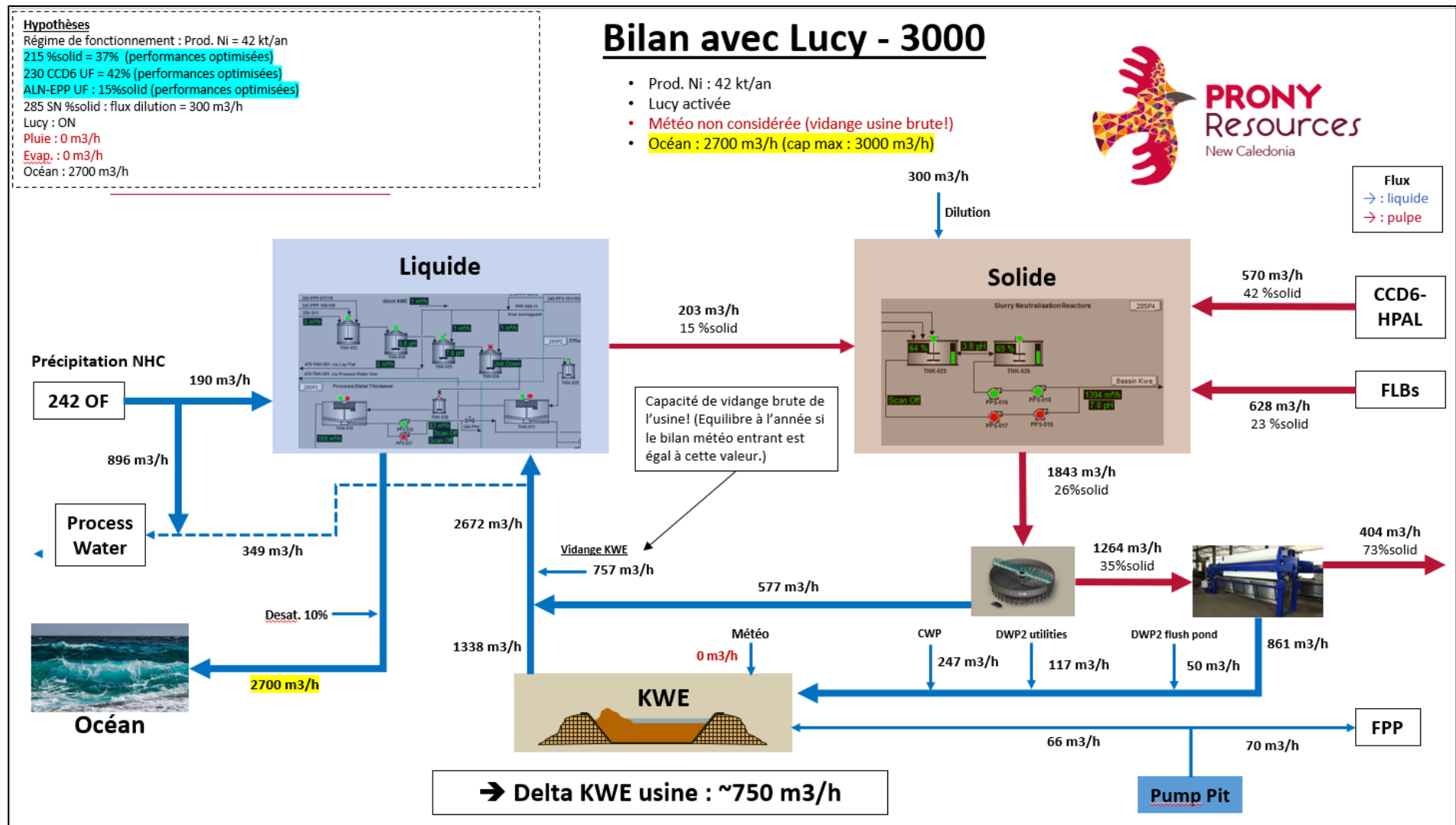


Figure 54 : Bilan d'eau avec le projet Lucy et une capacité de rejet maximale à l'émissaire de 3000 m<sup>3</sup>/h\_ PRNC (Décembre 2022)



## 7.4. Fermeture du parc à résidus KO2 réalisé par PRNC

Le parc à résidus KO2 sera maintenu fonctionnel pendant les opérations de la verse Lucy 2.0 et permettra de gérer le volume d'eau supplémentaire provenant de la zone aval et des effluents des installations de production de résidus asséchés.

La fermeture du parc à résidus KO2 démarre une fois le remplissage maximal possible en résidus humides est atteint. En effet, le parc à résidus est maintenu fonctionnel si le bassin présente une capacité suffisante pour permettre à la fois de stocker les résidus asséchés et d'écarter une crue centennale d'une durée de 10 jours.

En considérant le plan de production et un volume de surnageant moyen de 1,6 Mm<sup>3</sup> : Le parc à résidus KO2 fonctionnel jusqu'au **2034**.

Lorsque le parc à résidus est fermé, les effluents peuvent être envoyés directement vers l'unité de traitement. Par ailleurs, à ce stade, des études long terme sont en cours et d'autres alternatives de gestion d'effluents restent envisageables.

La méthode de fermeture n'est pas encore développée en détail. Elle dépendra de la méthode de stockage long terme qui sera retenue.

Des études long terme sont déjà en cours pour développer une stratégie de stockage long terme et une méthode de fermeture du parc à résidus KO2.

A ce stade d'étude, seul un schéma général de fermeture et de réhabilitation du parc à résidu peut être présenté. Les travaux de fermeture du bassin se feront progressivement par tronçon en allant de l'extrémité amont vers le spillway. Le phasage de fermeture sommaire se présente ainsi comme suit :

- Mise en place de drain verticaux en géo-composite permettant d'accélérer la consolidation des résidus et d'évacuer les eaux libérées suite au tassement des résidus humides ;
- Etalement d'une nappe de Géo-composite de drainage composée de géotextile et de tube en PVC permettant de drainer les eaux de consolidation sortant des drains verticaux et assurera la séparation physique entre les résidus humides et les matériaux qui seront déposés sur les résidus humides (Top soil ou résidus asséchés tout dépend de la stratégie long terme) ;
- Mise en place d'une couche de géosynthétique de renforcement afin d'assurer la traficabilité des engins au-dessus des premières couches de résidus asséchés ;
- Mise en place du top soil
- Plantation progressive

La zone en amont immédiat de spillway est à réhabiliter en dernier et idéalement en saison sèche. Au cours de cette phase, les eaux surnageantes seront évacuées (par pompage ou autres alternatives possibles sont en cours d'études) et la zone doit être maintenue hors d'eau pendant les travaux. Une fois l'eau surnageante évacuée, il est possible de combler la zone par des résidus asséchés. La méthode de déposition sera développée dans le cadre des études long terme.

Il est à noter qu'une capacité de stockage de 1,6 Mm<sup>3</sup> qui correspond au volume nécessaire pour écarter une crue centennale d'une durée de dix jours, doit être maintenue durant toute la phase de fermeture. Le comblement de cette zone qui constitue l'étape ultime de la fermeture, se fera par des matériaux inertes.

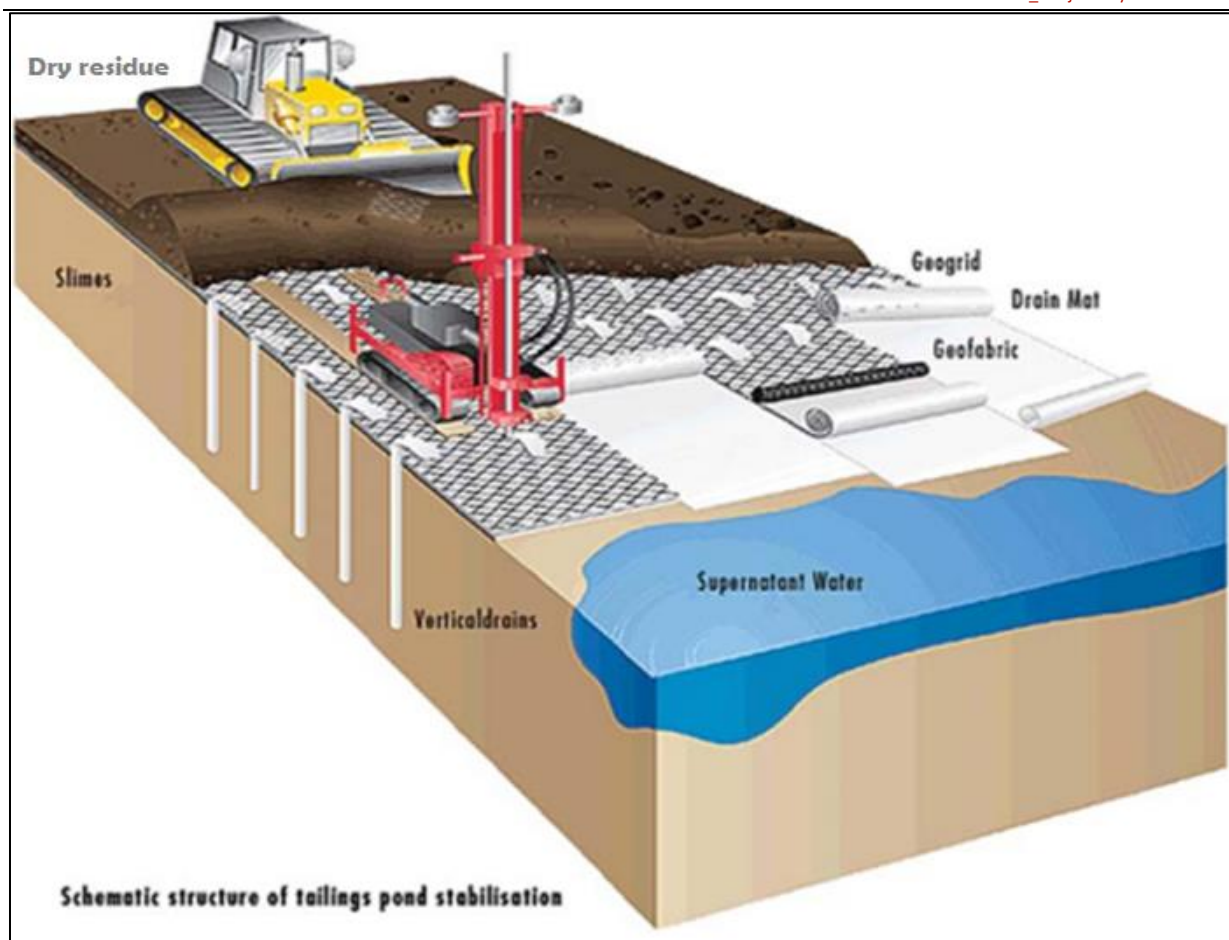


Figure 55 : Principe de fermeture du parc à résidus KO2

# 8 Présentation des modifications apportées au niveau de l'usine

Il s'agit principalement de la modification de l'aire de stockage temporaire des résidus asséchés

## 8.1. Justification des modifications

Le design initial de l'aire de stockage temporaire des résidus asséchés permettait de stocker l'équivalent de 6 jours de production, lors de toute problématique de mise en œuvre de résidus secs sur la verse aval due aux intempéries.

La capacité de stockage temporaire de résidus asséchés a été réduite à 17 800 m<sup>3</sup> soit l'équivalent de 20 heures de production de résidus par l'usine DWP2.

Les résidus seront dirigés vers ce stockage uniquement en cas de panne ou de maintenance sur la ligne d'alimentation des trémies de chargement des camions.

En cas d'intempéries (10% du temps) impactant la mise en œuvre de résidus secs, le résidu épaissi est envoyé directement dans le bassin KO2 ou vers l'installation de bypass (géotubes).

Le comparatif des modifications techniques des projets LUCY 1.0 et LUCY 2.0 est présenté dans le tableau ci-dessous.

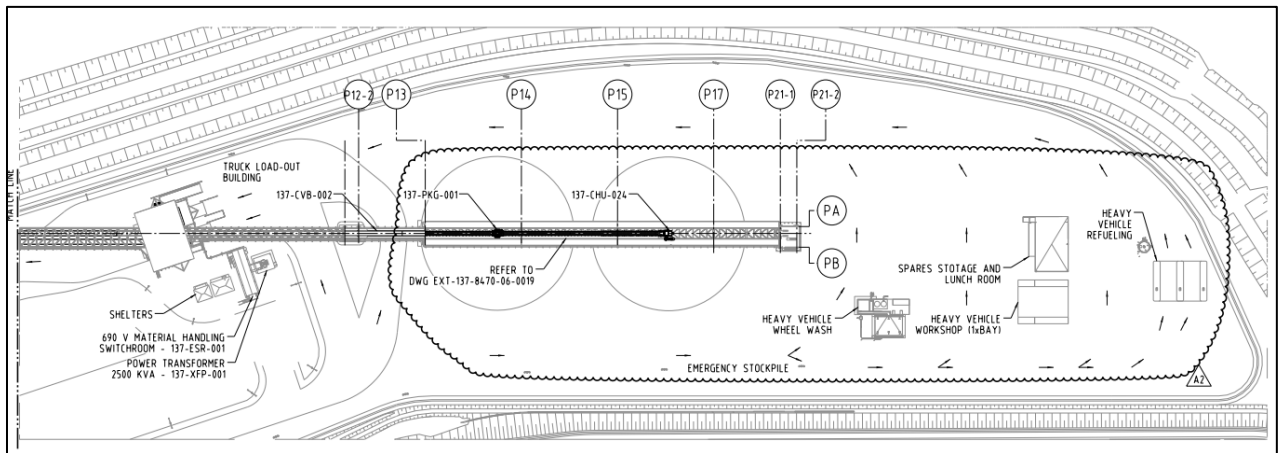
**Tableau 26 : Paramètres introduits – Parc à résidus KO2 [14]**

Paramètre	Lucy 1.0	Lucy 2.0
<b>Objectif de l'aire de stockage</b>	Permettre le stockage de 6 jours de production de production en cas de panne de la ligne d'alimentation des trémies OU difficulté de mise en œuvre du aux intempéries.	Permettre le stockage de 20 heures de production de résidu uniquement en cas de panne de la ligne d'alimentation des trémies.
<b>Capacité de stockage</b>	110 000 m <sup>3</sup>	17 800 m <sup>3</sup>
<b>Type de stockage</b>	Couvert	Non -couvert
<b>Mode de déchargement des résidus</b>	Au moyen d'un chariot mobile permettant d'excentrer le déchargement des résidus	Déversement des résidus directement dans des trémies
<b>Système de collecte des eaux de filtration et de ruissellement des stocks de résidus</b>	Stockage des résidus sur une plateforme constituée de : 55cm de Gravier Non Traitée (GNT) 20cm de gravier drainant de 20cm reposant sur	A- stockage des résidus sur une plateforme constituée de: - 55cm de Gravier Non Traitée (GNT) 20cm de gravier drainant de 20cm reposant sur - Une couche de Géotextile type A44 - Une couche de géomembrane type

	<p>Une couche de Géotextile type A44</p> <p>Une couche de géomembrane type BGM 4mm ES2.</p> <p>B- Evacuation des eaux vers les fosses périphériques</p>	<p>LLDPE 2mil</p> <p>- Une couche de Géotextile type A44</p> <p>B - Evacuation des eaux vers les fosses périphériques</p>
--	---	---

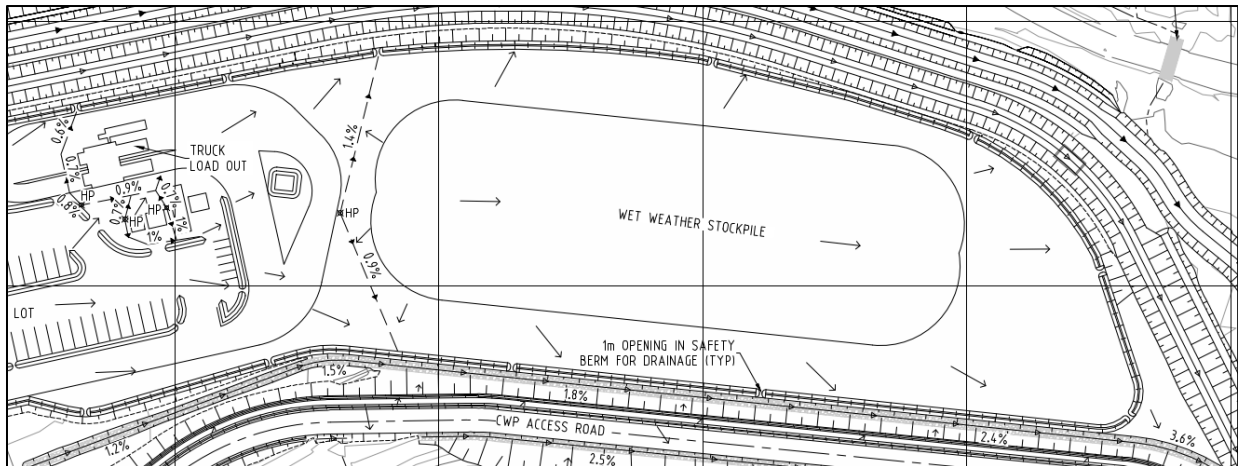
## 8.2. Plan de localisation du stockage

Le plan de masse avec les nouvelles installations est joint en Annexe 6, un extrait est présenté en Figure 56.



**Figure 56 : Plan de masse de l'aire de stockage temporaire des résidus asséchés : Lucy 2.0**

Le Plan de masse de l'installation précédente LUCY 1.0 est présenté par la figure ci-dessous.



**Figure 57 : Plan de masse de l'aire de stockage temporaire des résidus asséchés : Lucy 1.0**

## 8.3. Description de l'installation

### 8.3.1. Déchargement et stockage temporaire des résidus asséchés

Le déchargement de résidus se fera à deux endroits distincts, le premier aux droits du tas #1 grâce à un système de déflecteur et de deux trémies de part et d'autre du convoyeur, le deuxième au droit du tas #2 situé en fin de

convoyeur pour décharger directement dans une trémie (Figure 58 et Figure 59). Le chariot mobile initialement prévu dans le cadre du précédent fonctionnement (capacité de stockage de 6 jours) n'est plus considéré.

La hauteur maximum de stockage sera de 14 m, la pente générale du stockage sera de 35 degrés.

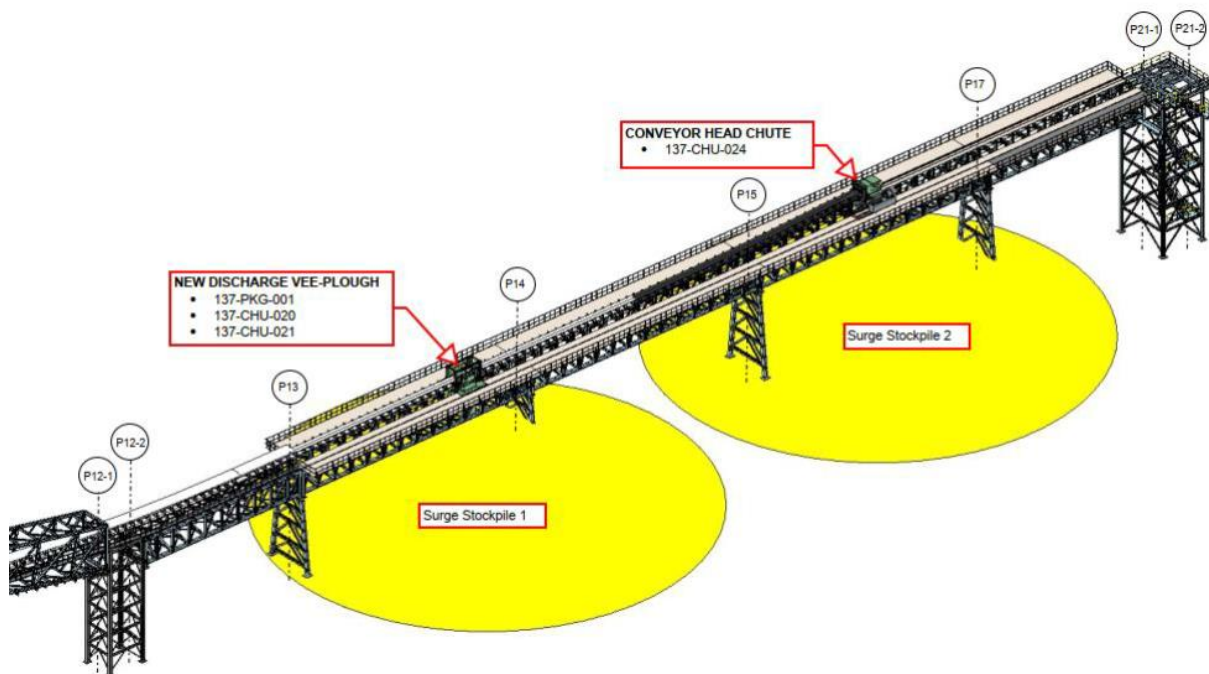


Figure 58 : Vue isométrique du stockage temporaire de résidus asséchés



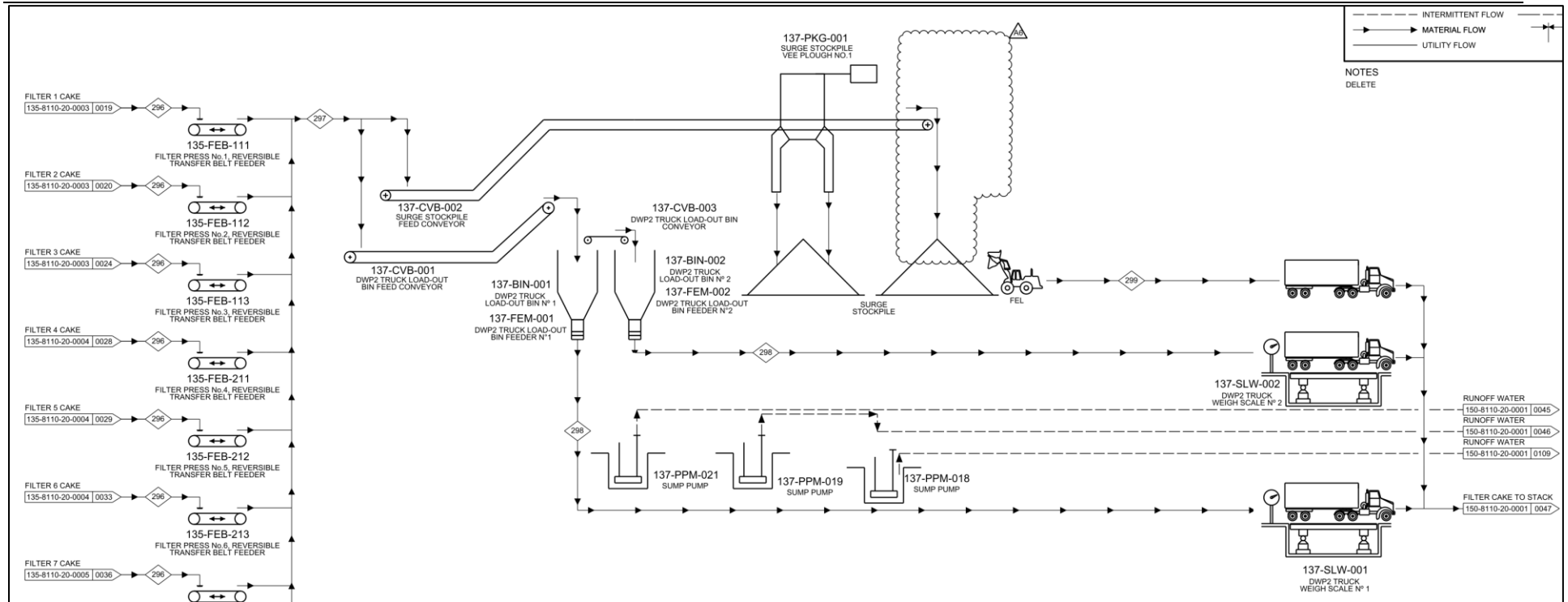


Figure 59 : Extrait du PFD

### 8.3.2.Reprise des résidus

La reprise des résidus au sein du stockage temporaire sera assurée par cinq chargeuses frontales de type CAT-988 qui chargeront directement les camions. Le temps de chargement d'un camion est estimé à environ 3 min.



**Figure 60 : Chargeuse frontale de type CAT-988**

## 8.4. Gestion des eaux de la plateforme

L'ensemble de la plateforme du stockage temporaire est composé d'un système sandwich « géotextile, d'une géomembrane Polyéthylène basse densité (LLDPE 2mil), géotextile » sur lequel repose une structure drainante qui collecte les eaux pluviales de ruissellement de la plateforme de stockage et dirige les eaux vers le système de drainage périphérique.

Ces eaux seront dirigées vers le bassin des eaux de contact nord.

La gestion des eaux de cette zone est décrite au niveau du plan *EXT-550-8310-41-0037* disponible en Annexe 7.

Aucun impact significatif sur l'environnement n'est engendré par cette modification.

# 9 Impact environnemental du projet

Cette partie a été rédigée en se référant aux rapports suivants :

- ➔ Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées -Projet Lucy – Livret C- Etude d'impact-Octobre 2016 [25]
- ➔ Manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance de l'aire de stockage des résidus de la Kwé Ouest (septembre 2017) [26]
- ➔ Parc à résidus de la Kwé Ouest – Rapport d'opération 2ème semestre 2020, Prony Resources, Janvier 2021[27]
- ➔ Expertise du risque de pollution par infiltration des eaux issues du parc KO2- BRGM – 2022 [28]
- ➔ Expertise ayant pour objet l'impact sanitaire et écotoxique lié à l'évolution d'une source de contaminants provenant du parc à résidus – INERIS-2022 [29]
- ➔ Rapport de critères de design hydrodynamiques (Réf. EXT-140-8315-01-0200) - Mecater 2022 [21] ;
- ➔ Rapport de modélisations hydrodynamiques de la verse Lucy (Réf. EXT-140-8315-01-0201)[11].
- ➔ Rapport du bilan hydrique global du projet (EXT-140-8315-01-0300)- Mecater 2022 [14]

## 9.1. Introduction et objet

L'objet de cette partie est d'identifier et analyser les impacts environnementaux liés aux différents changements envisagés par rapport au projet Lucy 1.0.

Il s'agit essentiellement de l'augmentation du volume de résidus asséchés stockés en aval du barrage KO2 et la modification des capacités des bassins des eaux de contact.

L'emprise concernée par la construction des ouvrages du projet Lucy en aval du parc à résidus reste inchangée.

Les effets potentiels attendus sur le climat, le milieu et richesses naturelles terrestres, les paysages, le patrimoine culturel et archéologique et sur les commodités de voisinage et la santé et sécurité publique sont tels que présentés dans le dossier de demande d'autorisation d'exploiter le projet Lucy d'octobre 2016. Aucun inconvénient négatif et significatif additionnel n'est attendu vis-à-vis des modifications relatives au projet Lucy 2.0.

Dans ce rapport, nous présentons principalement les impacts de la verse Lucy 2.0 sur **les eaux souterraines et les eaux de surface** pendant la phase de construction de la verse Lucy 2.0.

Les impacts pendant la phase de préparation de la zone aval restent inchangés par rapport au projet Lucy 1.0 et ne seront pas présentés dans ce rapport.

## 9.2. Méthodologie proposée pour l'évaluation des impacts

### 9.2.1. Définition des aires d'étude

Il est nécessaire de définir les aires d'étude au sein desquelles seront étudiées les caractéristiques de l'état actuel et seront analysés les effets directs et indirects du projet et des différentes solutions envisagées.

Dans ce rapport, les aires d'étude concernent uniquement les composantes environnementales suivantes : eaux de surface et eaux souterraines.

Les aires d'études correspondant aux composantes environnementales eaux de surface et eaux souterraines ont été définies de la manière suivante :

- Aire d'étude rapprochée : Correspondant à un périmètre susceptible d'être directement affecté par le projet comprenant l'empreinte des aménagements et leurs abords immédiats. Il s'agit principalement des aquifères et cours d'eau relatifs aux bassins versants KO1, KO2 et KO3 situés dans l'emprise de la verse Lucy 2.0 et des bassins des eaux de contact.
- Aire d'étude élargie : Elle correspond aux aquifères et aux cours d'eau et bassins versants en relation fonctionnelles avec les milieux de l'aire d'étude rapprochée qui sont directement ou indirectement affectés par le projet. Il s'agit du bassin Kwé Ouest et Kwé principal et les aquifères sous-jacents.

### 9.2.2. Définition des niveaux d'enjeux des composantes environnementales

L'étude de l'état initial du milieu d'insertion du projet a pour objectif de :

- Réunir, pour chaque thème environnemental, les données nécessaires à la caractérisation de l'état initial (avant-projet) de chaque composante environnementale identifiée ;
- Fournir une compréhension suffisante de chaque composante environnementale qui permettra l'évaluation des impacts environnementaux du projet ;
- Définir et hiérarchiser les niveaux d'enjeux, sans égard au projet, pour chaque composante environnementale identifiée. Ces enjeux serviront ultérieurement d'entrants à l'évaluation des impacts environnementaux.

L'enjeu est le résultat du croisement matriciel de la valeur écosystémique et de la valeur socioculturelle (ou patrimoniale).

**Tableau 27 : Matrice pour la détermination du niveau d'enjeu de chaque composante environnementale**

Valeur socio-économique	Valeur écosystémique		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
Moyenne	Moyenne	Moyenne	Forte
Forte	Moyenne	Forte	Forte

## 9.2.3. Identification et évaluation des impacts environnementaux

### 9.2.3.1. Identification des impacts environnementaux

L'identification des impacts potentiels du projet consiste à mettre en relation les enjeux environnementaux identifiés dans le cadre de l'état initial du milieu avec les différentes sources d'impacts correspondant aux activités du projet susceptibles d'avoir des effets sur le milieu d'insertion.

Ces sources d'impacts sont identifiées à partir de la description du projet pour les différentes phases de développement.

Les impacts du projet peuvent être positifs ou négatifs selon qu'ils sont bénéfiques ou néfastes vis-à-vis de la composante considérée et peuvent appartenir aux catégories suivantes :

- Impact **direct** ou **indirect** : un impact direct est directement attribuable au projet et traduit les conséquences immédiates du projet sur l'environnement dans l'espace et dans le temps ; alors qu'un impact indirect résulte d'une relation de cause à effet ayant à l'origine un impact direct ;
- Impacts **cumulatifs** : sont le résultat du cumul et de l'interaction de plusieurs impacts résiduels directs ou indirects générés par un même projet ou par des projets distincts, dans le temps et l'espace, et pouvant conduire à des changements brusques ou progressifs des milieux.

### 9.2.3.2. Evaluation des impacts environnementaux

Les impacts de construction de la verse Lucy 2.0 sont analysés en tenant compte des mesures d'évitement et d'atténuation. Ils seront donc dénommés « impacts résiduels » dans la suite de ce document (impacts qui subsistent après la mise en œuvre des mesures d'évitement et d'atténuation).

La démarche utilisée est issue des méthodologies précédemment utilisées par les experts en évaluation environnementale dans le cadre, entre autres, des dossiers d'autorisation ICPE ou de l'étude d'impact globale de PRNC Nouvelle-Calédonie.

L'approche méthodologique utilisée pour évaluer l'importance des impacts environnementaux résiduels du projet de construction de la verse Lucy 2.0 se base sur trois descripteurs qui sont **l'intensité, l'étendue et la durée** des impacts positifs ou négatifs appréhendés.

#### **Intensité de l'impact :**

L'intensité de l'impact environnemental exprime l'importance relative des conséquences attribuables à l'altération d'une composante. Elle résulte du croisement de l'enjeu environnemental de la composante considérée et du degré de la perturbation subi par cette composante. Les enjeux environnementaux déterminés dans le cadre de l'état initial sont donc repris ici, pour l'évaluation de l'intensité de l'impact. Ainsi, plus une composante présentera un enjeu fort compte tenu de son caractère particulier, plus son altération risquerait de se répercuter sévèrement sur son environnement.

Le degré de perturbation d'une composante définit l'ampleur des modifications structurales et fonctionnelles qu'elle risque de subir. Il est évalué à partir des résultats d'études spécifiques ou à partir de l'expérience et des pratiques acquises sur le projet. Il prend en compte les mesures d'évitement et d'atténuation mises en place par PRNC pour éviter, limiter, réduire ou maîtriser les effets néfastes du projet.

En fonction des composantes de l'environnement étudiées, les critères utilisés peuvent être des critères réglementaires, des valeurs guides, des normes et des recommandations établies par les organisations nationales et internationales ou bien encore l'opinion d'experts formulée sur la base de l'expérience acquise et de l'analyse des données.

Le degré de perturbation est jugé :



- **Fort** : lorsque la perturbation détruit la composante, met en cause son intégrité ou entraîne un changement majeur de sa qualité, sa répartition ou son utilisation dans le milieu ;
- **Moyen** : lorsque la perturbation modifie de façon limitée la qualité, la répartition dans le milieu ou l'utilisation de la composante, sans pour autant mettre en cause son intégrité ;
- **Faible** : lorsque la perturbation modifie de façon peu perceptible la qualité, la répartition dans le milieu ou l'utilisation de la composante.

L'intensité de l'impact résulte des combinaisons entre les trois degrés de perturbation et les trois niveaux d'enjeux environnementaux de la composante.

Le tableau ci-dessous présente la grille d'évaluation de l'intensité d'un impact.

**Tableau 28 : Grille d'évaluation de l'intensité d'un impact résiduel**

Degré de perturbation	Enjeu environnemental		
	Fort	Moyen	Faible
<b>Fort</b>	Forte	Forte	Moyenne
<b>Moyen</b>	Forte	Moyenne	Faible
<b>Faible</b>	Moyenne	Faible	Faible

#### Étendue de l'impact

L'étendue de l'impact est directement liée aux aires d'étude du projet :

- **Régionale** : lorsque l'impact est ressenti sur le Grand Sud calédonien ;
- **Locale** : lorsque l'impact est ressenti dans la zone d'étude élargie ou dans une portion de la zone d'étude élargie (La station KAL est considérée dans cette étude comme la station de référence de l'étendue locale de l'impact sur les eaux souterraines et les eaux de surface) ;
- **Ponctuelle** : lorsque l'impact est ressenti dans la zone d'étude rapprochée ou dans une portion de la zone d'étude rapprochée (La station KOL est considérée dans cette étude comme la station de référence de l'étendue ponctuelle de l'impact sur les eaux souterraines et les eaux de surface).

#### Durée de l'impact

La durée de l'impact fait référence à la période durant laquelle l'effet du projet sera ressenti dans le milieu. Ce critère prend en compte le caractère d'intermittence de l'impact. La méthode distingue trois niveaux de durée d'impact :

- **Longue** : lorsque l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue sur une période égale ou excédant la durée de vie du projet (ici, durée supérieure à 10 ans) ;
- **Moyenne** : lorsque l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue sur une période inférieure à la durée de vie du projet (ici, durée comprise entre 2 et 10 ans) ;
- **Courte** : lorsque l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue durant une période de temps limitée (ici, durée inférieure à 2 ans).

#### Importance de l'impact résiduel

Une fois évalués, ces 3 critères sont intégrés dans une grille d'analyse (cf. tableau suivant) qui permet de qualifier l'importance de l'impact résiduel. L'importance de l'impact résiduel peut être majeure, modérée, mineure et dans certains cas négligeables voire nulle.

**Tableau 29 : Grille d'évaluation de l'importance de l'impact résiduel**

Critères			Importance
Intensité	Etendue	Durée	
Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Majeure
	Locale	Longue	Majeure
		Moyenne	Modérée
		Courte	Modérée
	Ponctuelle	Longue	Majeure
		Moyenne	Modéré
		Courte	Mineure
Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Modérée
		Courte	Modérée
	Locale	Longue	Modérée
		Moyenne	Modérée
		Courte	Mineure
	Ponctuelle	Longue	Modérée
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure
Faible	Régionale	Longue	Modérée
		Moyenne	Modérée
		Courte	Mineure
	Locale	Longue	Modérée
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure
	Ponctuelle	Longue	Mineure
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure

#### 9.2.4. Propositions de mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC)

L'application du principe ERC (Evier, réduire, compenser) pour les impacts négatifs a été favorisée :

- Mesures d'évitement (E) : les mesures d'évitement interviennent en amont de la mise en œuvre du projet dès sa phase de conception. Elles sont considérées comme la forme la plus acceptable des mesures d'atténuation des impacts, notamment pour l'évitement des enjeux les plus critiques ;
- Mesures de réduction (R) : lorsque l'évitement des impacts n'est pas possible, des mesures de réduction doivent être mises en œuvre. Ces mesures visent à minimiser l'importance de l'impact mais ne peut l'éliminer ;

Mesures de compensation des impacts résiduels (C) : les mesures compensatoires sont les actions de conservation destinées à compenser les impacts inévitables. Elles ne doivent jamais être employées à la place de mesures appropriées d'évitement et de réduction des impacts. Elle vise à compenser les impacts résiduels subsistant après l'application des mesures d'évitement et de réduction. Elles n'éliminent pas les impacts négatifs identifiés, mais visent à les contrebalancer avec une mesure positive comparable à l'extérieur des emprises du projet. Ces mesures

compensatoires sont en général destinées à reconstituer ailleurs des milieux ayant un intérêt écologique ou une même fonctionnalité que les milieux dégradés par le projet.

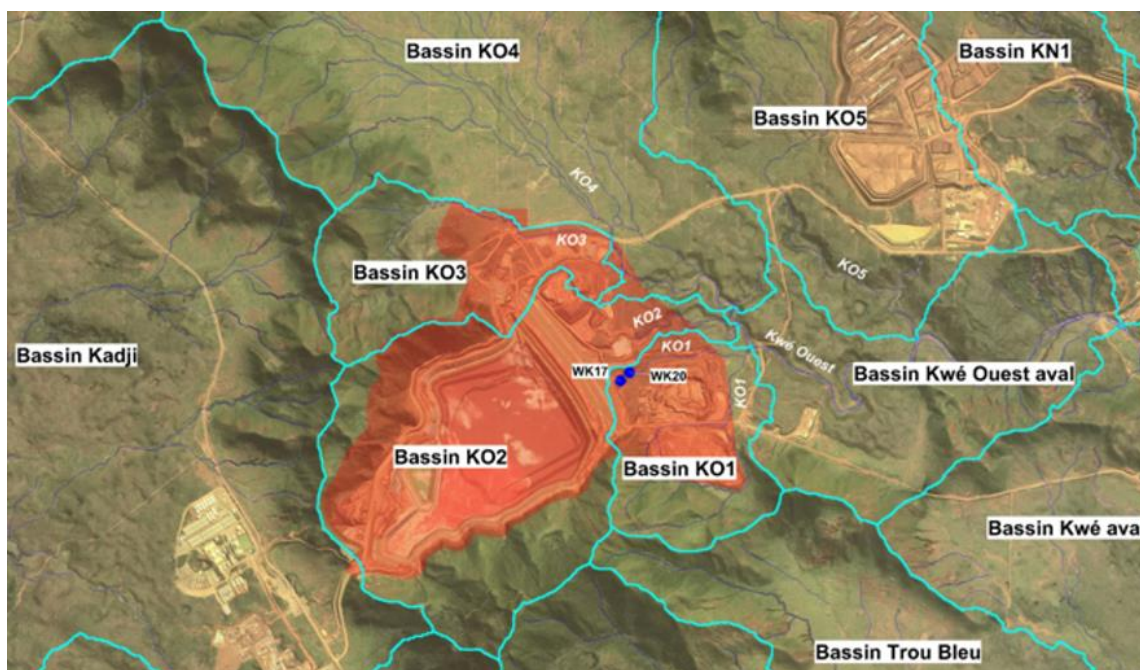
### 9.3. Etat initial des eaux de surface et des eaux souterraines de la zone d'étude

Le contexte hydrologique et hydrogéologique sont présentés en détail dans le dossier ICPE Lucy. Nous présentons dans ce rapport un rappel succinct du contexte hydrologique et hydrogéologique général de la zone d'étude.

En revanche, nous détaillons dans ce rapport l'évolution de la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface et l'extension du panache déjà constaté en 2016.

#### 9.3.1. Rappel du contexte hydrologique de la zone d'étude

La zone concernée par le projet Lucy se situe en aval du parc à résidus, à cheval sur trois sous-bassins versants (KO1, KO2 aval et KO3) de la Kwé Ouest. La superficie cumulée atteint 5,53 Km<sup>2</sup>, ce qui représente 30 % de la superficie totale du bassin de la Kwé Ouest (18,09 Km<sup>2</sup>).



**Figure 61 : Emprise du projet Lucy et délimitation des sous-bassins versants [25]**

Les creeks associés aux bassins KO3, KO2 et KO1 sont peu développés. Les lits restent généralement superficiels sauf le creek KO2 avec sa partie aval qui incise un peu plus profondément les terrains.

Le bassin KO1 est atypique avec deux creeks bien individualisés qui contournent la carrière Audemard au nord et au sud. Les écoulements dans la branche nord sont pérennes du fait d'une alimentation par deux émergences appelées KW17 et WK20.

Les écoulements dans le creek KO2 sont également pérennes au moins dans la partie la plus aval du creek. Ces écoulements sont alimentés par les eaux souterraines (drainage de l'aquitard latéritique) notamment en période de hautes eaux. Les relations hydrauliques entre creeks et eaux souterraines dans la zone d'étude sont présentées à la section 8.3.3.

Le creek KO3 et la branche sud de KO1 sont quant à eux non pérennes. Les écoulements qui se mettent en place dans ces creeks correspondent à du ruissellement lors des pluies et à du ré-essuyage des formations superficielles qui va perdurer quelques jours après les précipitations.

### 9.3.2. Rappel du contexte hydrogéologique de la zone d'étude

Dans la zone d'étude sont distingués, selon les zones, une ou deux aquifères : l'aquifère supérieur dans la cuirasse, à perméabilité et porosité forte surmontant une unité semi perméable (aquitard) constitué par la latérite rouge et jaune, l'aquifère inférieur (principal) correspondant à la saprolite grossière et la partie fracturée du socle. La perméabilité de cet aquifère inférieur est variable mais plus faible que celle de l'aquifère supérieur. Des failles plus ou moins colmatées accompagnées de phénomènes de karstification modifient notablement les circulations générant un système pseudo-karstique. Les dolines participent à ce système karstique.

En effet, cette succession hydrostratigraphique est variable selon le bassin considéré :

- Elle est complète dans le bassin KO3, à l'aval du bassin KO2 (aval du parc à résidus KO2) et à l'aval du bassin KO1 (aval de la carrière de limonite sud).
- En amont du bassin KO2, l'aquifère supérieur a été en grande partie supprimé lors des travaux de construction de l'actuel parc à résidus humides. Il est par conséquent peu épais et fortement discontinu. Son rôle hydrogéologique et hydrologique est considéré comme négligeable.
- En amont du bassin KO1, l'aquifère supérieur, l'aquitard et une partie de l'aquifère principal ont été entièrement excavés durant le développement de la carrière de limonite sud.

L'aquitard contient une nappe d'eau à surface libre dont l'extension latérale est limitée par les pieds de crêtes. Ponctuellement, elle peut être captive sous l'aquifère supérieur lorsque ce dernier est présent. Cette nappe est pérenne sauf en périphérie de bassin. Dans les parties plates des bassins, l'aquitard est alimenté directement par les précipitations s'infiltrant et indirectement par un éventuel drainage de l'aquifère supérieur dans les zones où cette unité est effectivement présente. En complément, des apports latéraux en provenance des crêtes rocheuses sont possibles par infiltration dans la latérite.

Contrairement à l'aquitard, l'aquifère contient une nappe d'eau dont l'extension géographique n'est pas limitée par les pieds de crête. Ce système se développe dans les crêtes et met en continuité hydraulique des bassins contigus.

Ainsi, Le bassin de la Kwé Ouest contient une seule et même nappe principale, elle possède des modalités de fonctionnement variable d'un secteur à l'autre. Dans la zone d'étude, cette nappe est captive sous l'aquitard. Elle devient libre dans les crêtes et mamelons rocheux. Elle est alimentée à la fois par les précipitations et/ou les ruissellements s'infiltrant le long des flancs de crêtes et par l'aquitard latéritique via des phénomènes de drainance. En effet, un gradient hydraulique vertical du haut vers le bas assez prononcé existe sur l'ensemble de la zone d'étude quel que soit le contexte hydrologique (hautes eaux ou basses eaux).

Le secteur des sources (WK17 et WK20) correspond à la fois à une zone de débordement de l'aquitard latéritique et à une zone dans laquelle l'aquifère présente un comportement artésien. Cette zone s'étale en aval le long de la branche nord du creek KO1. Sa longueur et sa largeur fluctuent saisonnièrement. Compte tenu de leur signature chimique, les sources WK17 et WK20 sont principalement alimentées par l'aquifère.

### 9.3.3. Relations nappe/cours d'eau

Le réseau hydrographique principal qui se développe dans les vallées encaissées recoupe généralement l'ensemble de la succession stratigraphique. Les tronçons de rivière concernés drainent alors tous les réservoirs

hydrogéologiques. Dans le secteur de la Kwé, le débit de base (débit provenant du drainage des eaux souterraines) représente environ 50 % du débit total des rivières.

Pour le réseau hydrographique secondaire (creeks des plateaux et des crêtes), la situation est différente. L'écoulement des cours d'eau reste sporadique car il ne dépend que du ruissellement et du drainage des réservoirs hydrogéologiques les plus superficiels (cuiresse et épikarsts) abritant des nappes temporaires.

Les relations nappe-cours d'eau dans la zone d'étude ont été caractérisées sur la base de huit campagnes de jaugeage, réalisées entre 2011 et 2013 avec des très hautes eaux en février 2012, des hautes eaux en juillet 2012 et juin 2013, des moyennes eaux en novembre 2012 et octobre 2013, des basses eaux en juillet 2011 et février 2013 et des très basses eaux en novembre 2011.

Les profils étudiés des tronçons de la Kwé Ouest ont montré que :

- Des relations complexes à proximité et en aval du parc à résidus avec des sections à apports (amont, aval) et pertes (milieu) en basses eaux et plutôt en apport ou neutre en hautes eaux ;
- Il est supposé que les creeks soient alimentés par l'aquitard latéritique en période de hautes et moyennes eaux ;
- L'aquifère principal participe au débit de base du creek KO1 au travers des sources WK17 et WK20 et via le drainage plus ou moins marqué de la nappe par la carrière de limonite sud ;
- Les eaux souterraines en provenance des bassins KO1, KO2 et KO3 convergent vers la rivière Kwé Ouesr puis circulent sous son lit avant d'émerger dans la rivière plus en aval.
- L'essentiel des eaux souterraines circulant dans le bassin de la Kwé Ouest est drainé par la rivière Kwé Ouest ;
- Les eaux souterraines représentent un débit de base correspondant à 50% du débit total de la rivière.

#### 9.3.4.Limites environnementales retenues pour l'évaluation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines

Le fond géochimique de l'hydrosystème a été établi, à l'échelle de l'emprise globale du site minier de Prony, sur la base des données existantes en 2011, complétées par des données acquises en 2012.

Les analyses ont été acquises dans le cadre d'études visant à définir la qualité des eaux souterraines et superficielles sur trois principaux secteurs du plateau de Goro, que sont :

- Le secteur FM25 – situé en périphérie de la fosse minière –,
- Le secteur SMTL – situé en amont de l'usine de préparation des minerais (UPM) – et
- Le secteur KO4 – secteur dans la zone la plus amont de la rivière Kwé ouest.

Les valeurs de centile 90 ont été retenues comme valeurs seuils pour chacun des 20 éléments chimiques au sein des différents types d'eau dissociées (Tableau 30).

Le dépassement de ces valeurs seuils est considéré **comme un indicateur de perturbation** de la composition naturelle des eaux de surface et des eaux souterraines vis-à-vis des différents éléments chimiques considérés.



**Tableau 30 : Fond géochimique en fonction de la géologie et pour les eaux superficielles**

Paramètre	Géologie			Eau de surface (mg/L)	Critère de qualité de l'eau (mg/L)
	Latérite (mg/L)	Saprolite / Péridotite (mg/L)	Péridotite (mg/L)		
	n = 131	n = 167	n = 20	n = 50	
Aluminium dissous	0,16	0,16	0,12	0,08	-
Ammonium dissous*	0,178	0,216	0,064	<0,01	2
Calcium dissous	6,95	4,96	5,8	1,1	-
Carbonates	<3	<3	<3	0,1	-
Chlorures dissous	15,1	10,3	12,9	12,4	200
Chrome dissous**	0,049	0,047	0,036	0,018	0,05
Chrome VI**	0,05	0,06	0,04	<0,01	0,05
Fer dissous*	0,09	0,14	0,07	0,12	1
Fluorures dissous*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7/1
Hydrogénocarbonates	60	104	109	51	-
Hydroxydes	<2	<2	<2	<2	-
Magnésium dissous	10,0	19,7	16,5	11,2	-
Manganèse dissous*	0,134	0,137	0,018	0,016	1
Nitrates dissous*	1,8	0,9	1,1	<0,5	50
Nitrites dissous*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Phosphates dissous*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7
Potassium dissous	2,0	1,3	0,6	0,2	-
Silice dissous	13	22	26	7	-
Sodium dissous	9,9	9,3	9,2	7,1	-
Sulfates dissous	12,00	7,12	5,98	5,02	150

\* Paramètre indésirable

\*\* Substance toxique

### 9.3.5. Qualité des eaux souterraines

#### 9.3.5.1. Réseau de surveillance

Un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines a été mis en place dans le bassin versant de la Kwé, afin d'assurer un suivi de l'impact de l'ensemble des activités liés à la production de minerai (de l'extraction aux rejets des résidus).

Dans la zone du parc à résidus KO2 et du projet Lucy, PRNC effectuée depuis 2008 un suivi des eaux souterraines à partir de 51 piézomètres et deux sources (WK17 et WK20) et ce, conformément aux arrêtés n°1466-2008/PS du 9 octobre 2008 et n° 3690 -2017 du 29 novembre 2017 correspondant respectivement aux prescriptions des ICPE du parc à résidus actuel et du projet Lucy.

Il est à noter que le suivi piézométrique décrit dans l'arrêté n°1466-2008 n'est plus en vigueur. Il est toutefois maintenu jusqu'à destruction des piézomètres en fonction de l'avancée des travaux de construction de la future usine DWP2 et de la verse Lucy.

Avec les travaux préparatoires du projet Lucy, le suivi des sources a été suspendu depuis septembre 2021 et le nombre de piézomètres a diminué.

Le tableau ci-dessous montre la répartition des piézomètres dans les différentes zones relatives au milieu eaux souterraines.

Tableau 31 : Répartition des piézomètres

Station	Longitude	Latitude	Raison d'être	Hydrostratigraphie	Type de suivi
PP1 - B	494835	211429	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	Proche
WKBH112	495441	211554	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH114	495881	211130	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH115	496103	210904	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH115A	496101	210901	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
PP5 - B	496386	210774	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH116	496427	210702	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH116A	496425	210705	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH117	496357	210330	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH117A	496358	210330	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WK 6-9	495191.4	211087.3	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WK 6-11	495478.8	210727.3	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WK 6-12	495643.2	210520.4	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WK 6-13	495682.3	210360.7	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 102	495571.6	210620	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 103	495638.8	210590.4	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 12	495243.9	211142.6	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WK 6-10	495439.8	211029	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 109	495827	210559.7	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 110	495681.2	210676.7	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 110A	495684.2	210675.7	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 111	495585.7	210742	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 118	495593.5	210921.1	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 118a	495590.5	210920.1	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WKBH 113	495539.3	211227.6	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
WTBH 9	496847.6	210476.6	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
PP1 - A	494835	211429	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	Proche
WKBH112A	495441	211554	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
WKBH114A	495879	211127	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
WKBH115B	496100	210899	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
PP5 - A	496386	210774	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
WKBH116B	496424	210707	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
WKBH117B	496361	210331	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
WK 6-9A	495190.4	211086.3	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WK 6-11A	495478.8	210728.3	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WK 6-12A	495642.2	210520.4	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WKBH 102A	495572.6	210619	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WK 6-10A	495439.8	211026	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WKBH 109A	495824	210558.7	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WKBH 110B	495687.2	210674.7	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WKBH 118b	495588.5	210919	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WKBH 113A	495540.4	211219.7	Arrêté n°1466-2008	Aquitard latéritique	
WK6-14	493803	209347	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	Eloigné
WTBH11	496976	209200	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WTBH02	497472	209925	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WKBH 32	496571.5	211681.9	Arrêté n°1466-2008	Aquifère principal	
12EX 0083	496058	211869	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
11EX 0480	493107	211155	Arrêté n°3690-2017	Aquifère principal	
WTBH11A	496974	209200	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	Eloigné
11EX 0560	496058	211869	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
11EX 0481	493106	211153	Arrêté n°3690-2017	Aquitard latéritique	
Source WK17	496617	210613	Arrêté n°3690-2017	Sources	Sources
Source WK20	496673	210663	Arrêté n°3690-2017	Sources	
Source WK17-20	195740	210666	Arrêté n°3690-2017	Sources	

La localisation des piézomètres est présentée dans la figure suivante :

Les piézomètres sont également classés par PRNC en quatre groupes :

- Groupe A : Piézomètres d'alerte au pied du barrage KO2 ;
- Groupe B : Suivi de la qualité de l'eau souterraine dans la zone tampon. Les limites ICPE de l'arrêté d'autorisation d'exploitation du parc à résidus humides actuel s'appliquent « à minima » sur ce groupe de piézomètre ;
- Groupe C : Suivi de la qualité de l'eau souterraine près de la rivière Kwé Ouest ;
- Groupe D : Suivi de la qualité de l'eau souterraine dans les vallées adjacentes.

Il est à noter que les piézomètres actuellement situés au niveau de l'emprise de la future verse ne seront plus fonctionnels et seront substitués par un réseau composé de 36 piézomètres projetés en aval de la verse. Cf. Figure 63.







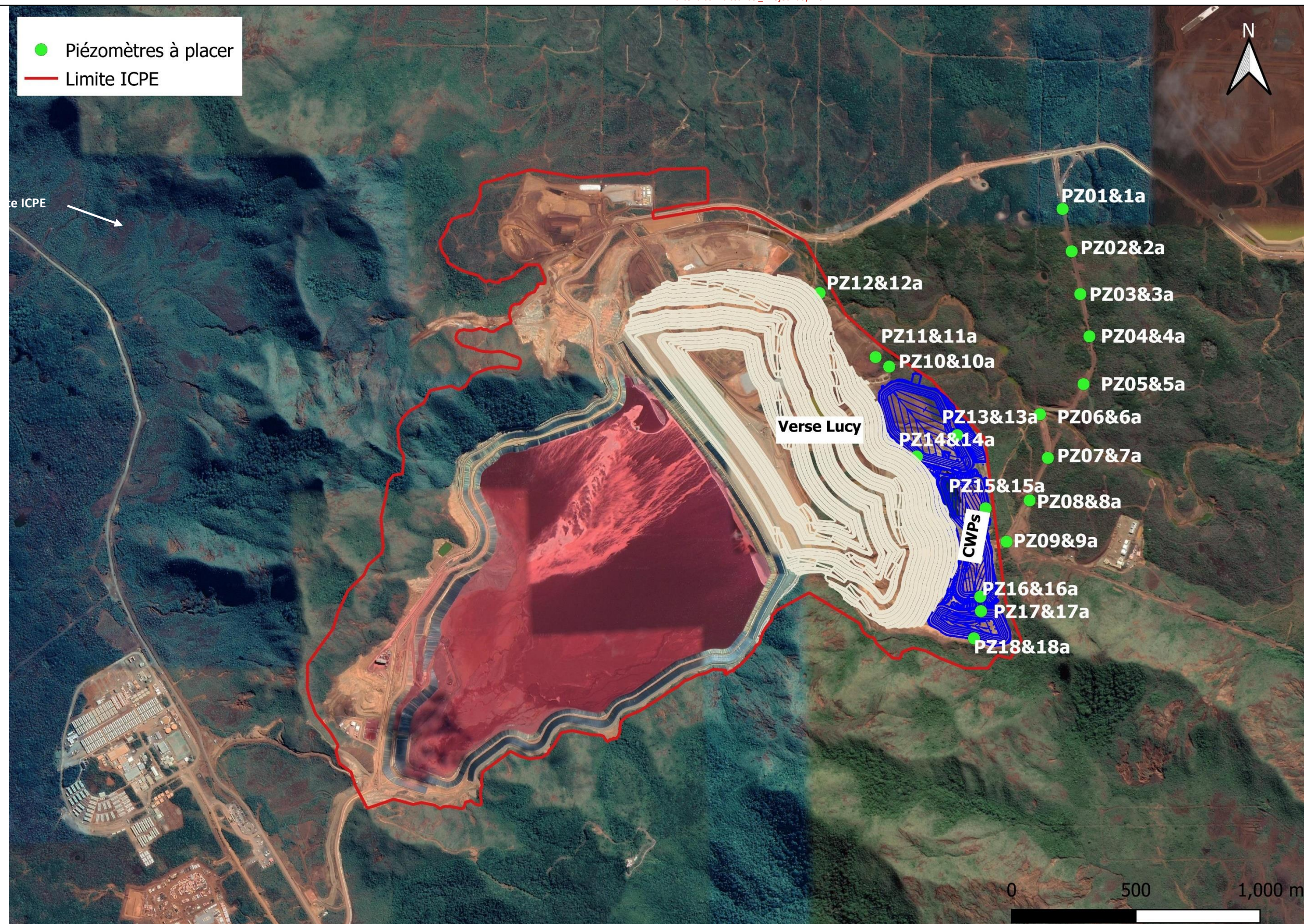
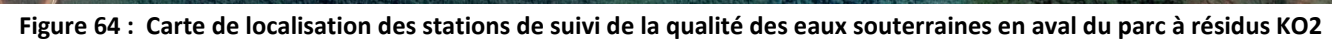


Figure 63 : carte de localisation des piézomètres de suivi complémentaires







Les paramètres et la périodicité de l'autosurveillance des piézomètres sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 32 : Paramètres et périodicité de l'autosurveillance des piézomètres**

Paramètre	Périodicité	Piézomètres concernés
Mesure in-situ		
Suivi physico-chimique : température, pH, Eh, conductivité électrique et oxygène dissous	Semestriel (saison des pluies et saison sèche)	Tous les piézomètres du réseau de suivi
Mesure en laboratoire		
Alcalinité : bicarbonates, carbonates, hydroxydes	Semestriel (saison des pluies et saison sèche)	Tous les piézomètres du réseau de suivi
Anions majeurs: HCO <sub>3</sub> , F, Cl, SO <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub>		
Cations majeurs : Na, K, Ca, MG, NH <sub>4</sub>		
Métaux : Al, As, Cr, Cr VI, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Sn		
Silice : SiO <sub>2</sub>		
DCO + hydrocarbures totaux en cas de valeurs anormales sur la DCO		

Afin de suivre les fluctuations saisonnières et de détecter de potentielles perturbations temporaires, les piézomètres WKBH114, WKBH114A, WKBH115, WKBH115B, PP5-A, PP5-B, WKBH116, et WKBH116B font l'objet d'une surveillance mensuelle pour les sulfates, manganèse, Chrome et Nickel et horaire pour la conductivité électrique et température.

Les paramètres et la périodicité de l'autosurveillance des sources WK17 et WK20 sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 33 : Paramètres et périodicité de l'autosurveillance des sources**

Paramètre	Périodicité
Mesures in situ	
Conductivité et débit	En continue
Suivi physico-chimique : température, pH, Eh, conductivité électrique et oxygène dissous	Semestriel (saison des pluies et saison sèche)
Mesures en laboratoire	
pH, conductivité, MES, SO <sub>4</sub> , Mn, Ni, Cr	Bihebdomadaire
Alcalinité : bicarbonates, carbonates, hydroxydes	Semestriel (saison des pluies et saison sèche)
Anions majeurs: HCO <sub>3</sub> , F, Cl, SO <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub>	
Cations majeurs : Na, K, Ca, MG, NH <sub>4</sub>	
Métaux : Al, As, Cr, Cr VI, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Sn	
Silice : SiO <sub>2</sub>	
DCO + hydrocarbures totaux en cas de valeurs anormales sur la DCO	

### 9.3.5.2. Résultats du suivi de l'aquifère principal proche :

Les mesures enregistrées de 2008 jusqu'à 2020 sont présentées en Annexe 8.

Les mesures montrent que les piézomètres **WKBH103**, **WKBH102**, **WKBH110**, **WKBH110A** et **WK6-12** de l'aquifère principal proche sont les plus impactés du réseau de suivi puisqu'ils présentent le plus grand nombre de paramètres perturbés, les concentrations les plus élevées et des tendances à l'augmentation des concentrations de ces paramètres. Les paramètres les plus perturbés par rapport à leurs valeurs de référence (fond géochimique) sont les Sulfates, le Magnésium, le Calcium et le Nickel.

En effet ces mesures confirment la persistance des perturbations de la qualité physico-chimique de la nappe au niveau des piézomètre **WKBH103**, **WKBH102**, **WKBH110**, **WKBH110A** et **WK6-12** depuis 2015, à savoir ;

L'augmentation significative de la conductivité, des sulfates, du magnésium, calcium à plus ou moindre mesure au piézomètre **WKBH103** ;

Les fluctuations saisonnières des concentrations au niveau du piézomètre **WKBH102** ;

La croissance plus légère pour la conductivité, les sulfates, magnésium, sodium aux piézomètres **WKBH110**, **WKBH110A** et **WK6-12** depuis 2015.

### 9.3.5.3. Résultats du suivi de l'aquitard latéritique proche

La nappe des horizons latéritiques proche de la zone de stockage des résidus montre toujours des déséquilibres de la qualité physico-chimique de la nappe au niveau des piézomètres **WKBH110B** et à moindre teneur au piézomètre **WK6-12A**. Les résultats de suivi en conductivité, sulfates et magnésium pour ces piézomètres montrent une tendance à la hausse observée depuis 2014.

Les mesures enregistrées de 2008 jusqu'à 2020 sont présentées en Annexe 8.

### 9.3.5.4. Résultats du suivi de l'aquifère principal éloigné :

Le suivi de l'aquifère principal éloigné atteste d'une évolution de la qualité physico-chimique au niveau des piézomètres **WK6-14** (depuis 2014) et **WKBH32** (depuis 2020).

En effet, l'analyse des résultats de suivi de ces piézomètres indique une croissance légère et constante de la conductivité, des teneurs en sulfates et magnésium. Les valeurs mesurées ne sont pas indicatrices de perturbation majeure de la qualité physico-chimique mais l'évolution de ces paramètres sera suivie de près par PRNC.

Les mesures enregistrées de 2008 jusqu'à 2020 sont présentées en Annexe 8.

### 9.3.5.5. Résultats du suivi de l'aquifère latéritique éloigné :

Le suivi dans la zone éloignée du stockage de résidu ne révèle aucune tendance particulière pour l'ensemble des paramètres de suivi de la nappe latéritique.

Les mesures enregistrées de 2008 jusqu'à 2020 sont présentées en Annexe 8.

### 9.3.5.6. Résultats du suivi des sources : WK17 et WK20

L'analyse des résultats de suivi des sources de la Kwé Ouest, **WK17** et **WK20**, montrent les mêmes caractéristiques physico-chimiques et les mêmes comportements que ceux de la nappe profonde de la Kwé Ouest.

La source **WK17** est la plus impactée puisqu'elle présente le plus grand nombre de paramètres perturbés, les concentrations les plus élevées et des tendances à l'augmentation des concentrations de ces paramètres. Les paramètres les plus perturbés sont les Sulfates, le Magnésium, le Calcium et le Nickel.

Dans une moindre mesure que la source **WK17**, la source **WK20** est également fortement perturbée. Les paramètres les plus perturbés sont les Sulfates.

Les mesures enregistrées de 2008 jusqu'à 2020 sont présentées en Annexe 8.

#### 9.3.5.7. Interprétation des résultats

Les chroniques de concentrations aux droits des piézomètres captant l'aquifère principal entre le barrage KO2 et la Kwé ouest révèlent qu'après 2016, les teneurs en sulfate, en Magnésium, et en Calcium ont continué à augmenter dans les eaux souterraines. Ces évolutions sont liées à l'exploitation du parc à résidus, qui continue d'apporter des éléments dissous via des circulations d'eau souterraines préférentielles et des infiltrations qui influent sur la qualité physico-chimique de la nappe profonde en certains points localisés, notamment sur les piézomètres pour lesquelles des perturbations sont observées.

Ces augmentations traduisent la mise en place et le développement progressif d'un **panache de contamination** qui touche principalement l'aquifère principal.

Les eaux au droit des piézomètres WKH102 et WKB103, où les concentrations en **sulfates** étaient proches de 200 mg/l en mai 2016, atteignent respectivement 900 mg/l et 1200 mg/l en 2020.

Ces mêmes piézomètres présentaient en janvier 2015 des concentrations en **magnésium** proches de 30 mg/l. En 2020, les concentrations en magnésium mesurées atteignent 340 mg/l au niveau du piézomètre WKB103 et 240 mg/l au niveau du piézomètre WKH102. Ces chroniques confirment que ces deux piézomètres captent les eaux les plus influencées par la perturbation hydrogéochimique imposée par panache dans l'aquifère principal. Les teneurs en sulfate et en magnésium au droit de ces piézomètres sont relativement équivalentes aux concentrations analysées dans l'eau émergente au niveau de la source WK17.

Ce phénomène d'augmentation des teneurs en sulfate et en magnésium est également significatif au droit des piézomètres WK6-12, WKBH110 et WKBH110A.

Dans les eaux de l'aquitard latéritique, les teneurs en sulfate et en magnésium sont inférieures aux teneurs maximales mesurées dans les eaux de l'aquifère principal. Une augmentation progressive des concentrations est néanmoins observée depuis 2014, au droit du piézomètre WK6-12A ainsi qu'au droit des piézomètres WKBH109A et WKB110B.

#### 9.3.6. Extension actuelle du panache de polluant issu du parc à résidus KO2 (sans projet Lucy)

Les simulations initiales prédictives du devenir du panache ont été réalisées en 2008 en se basant sur le manganèse.

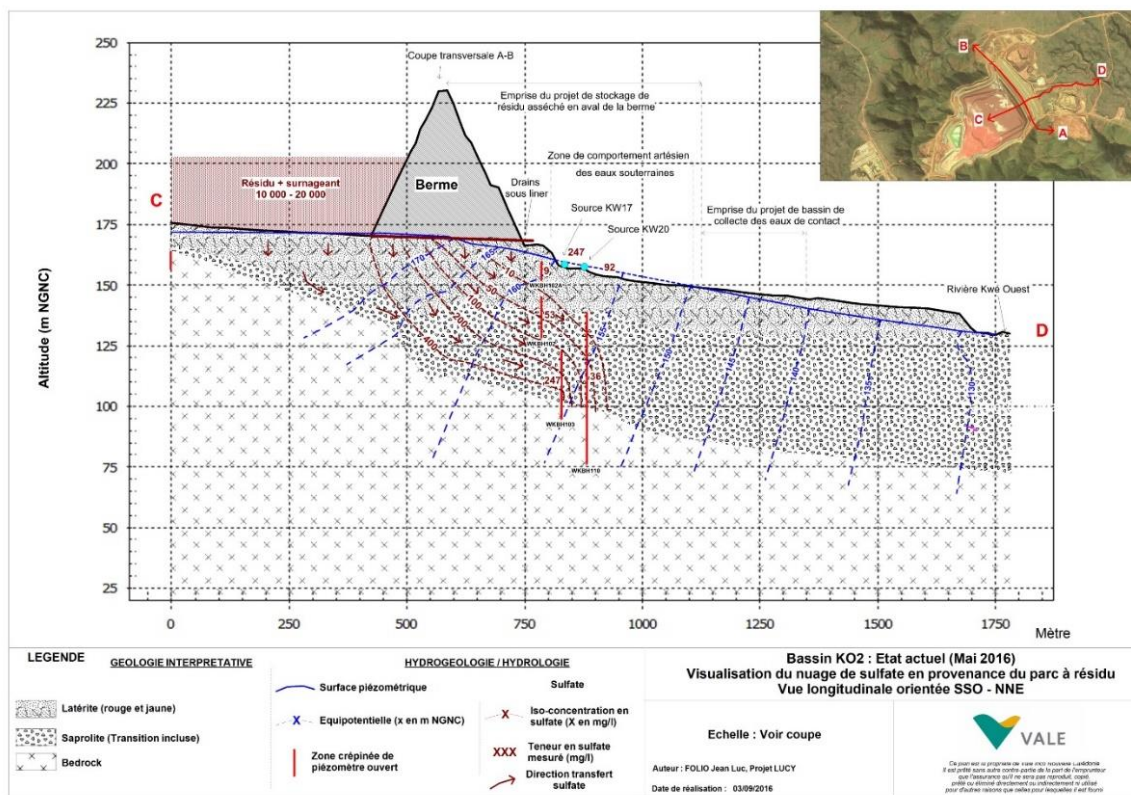
Le suivi des eaux souterraines réalisé sur la période 2008-2020 a montré une faible concentration en Manganèse au droit des piézomètres situés en aval du barrage et au niveau des sources WK17 et WK20 et ce contrairement aux sulfates et au magnésium. Ces observations, issues des analyses chimiques, rejettent les projections de fortes concentrations en Manganèse initialement prédites par les simulations numériques. Des études spécifiques de lixiviation réalisées ont confirmé que le manganèse était piégé dans les formations latéritiques naturelles.

Les concentrations en sulfate ont été par la suite utilisées par PRNC, en remplacement du Manganèse, pour suivre et prédire l'étendue du panache en provenance du parc KO2 dans l'aquitard et l'aquifère principal.

Ce choix fait suite à une augmentation significative des teneurs en sulfate, observée depuis 2013, dans les eaux souterraines en aval du parc à résidu, ainsi que dans le réseau de drain installé sous la géomembrane du parc KO2.

Cet élément constitue donc un bon marqueur de contamination des eaux souterraines par des fuites d'eaux industrielles stockées dans le parc à résidu et présente l'avantage de ne pas interagir avec l'encaissant géologique contrairement au manganèse.

Un schéma conceptuel de la propagation du panache (de SO<sub>4</sub>) depuis le parc à résidus vers l'aquitard et l'aquifère principal en aval du barrage, a été réalisé en 2016, en intégrant les teneurs en SO<sub>4</sub> ainsi que les caractéristiques techniques des piézomètres (profondeurs de crépine) captant le panache.



**Figure 65 : Visualisation du nuage de sulfates en provenance du parc à résidus KO2 (PRNC 2016)**

D'après ce schéma conceptuel, les eaux s'infiltrent en fond du bassin à résidus vers l'aquitard pour former un panache (en SO<sub>4</sub>) qui est dilué en partie par les eaux souterraines dans les latérites. Suivant le gradient hydraulique vertical, le panache migre depuis l'aquitard vers l'aquifère principal, avant de se propager vers l'aval hydraulique. Les sources WK17 et WK20 constituent l'axe de convergence des eaux souterraines dans le sous bassin KO2. Le panache en provenance du bassin KO2 s'écoule vers cet axe de convergence des eaux souterraines, expliquant les plus fortes concentrations en SO<sub>4</sub> au droit des piézomètres situés à proximité des sources. Au cours de l'écoulement dans l'aquifère principal, le panache se dilue et s'étale donc spatialement sous l'action des propriétés dispersives de l'aquifère.

Le cœur du panache correspond à la zone de l'aquifère principale exposée aux concentrations en SO<sub>4</sub> les plus élevées. Il se situe au niveau de l'axe de convergence des eaux souterraines, au pied du barrage (source WK17 et des piézomètres voisins WKH102 et WKB103).

Concernant le front du panache, il a été démontré depuis 2016 qu'il se situait entre les piézomètres WKBH110 (groupe B) et WKBH115 (Groupe C) ou WKBH116 (Groupe C).

En effet, aucun piézomètre du groupe C (suivi de la qualité des eaux souterraines avant l'arrivée dans la rivière Kwé) ne présente d'anomalie géochimique vis-à-vis des teneurs en SO<sub>4</sub>.

Le suivi des concentrations dans les eaux souterraines révèle des teneurs en SO<sub>4</sub> équivalentes ou proche du fond géochimique dans l'aquitard et l'aquifère principal au droit des piézomètres du groupe C, excluant à ce jour une détection du front du panache dans les eaux souterraines avant l'arrivée dans la rivière Kwé.



Toutefois, les piézomètres des groupes B et C étant distants de plusieurs centaines de mètres, le réseau actuel d'ouvrages de surveillance ne permet de définir précisément la localisation du front du panache dans l'aquifère.

Eu égard aux fortes concentrations actuelles en SO<sub>4</sub> par rapport à 2016, il est considéré que le front du panache a progressé dans la zone de transition dépourvue de piézomètres, située entre les piézomètres des groupes B et C.

### 9.3.7. Composition actuelle du panache de polluant issu du parc à résidus KO<sub>2</sub>

Les connaissances de l'étendue du panache, acquises principalement à partir des concentrations en SO<sub>4</sub>, désignent les piézomètres WKH102 et WKB103, ainsi que la source WK17, comme des points de contrôle clés pour étudier la composition du panache dans les eaux souterraines.

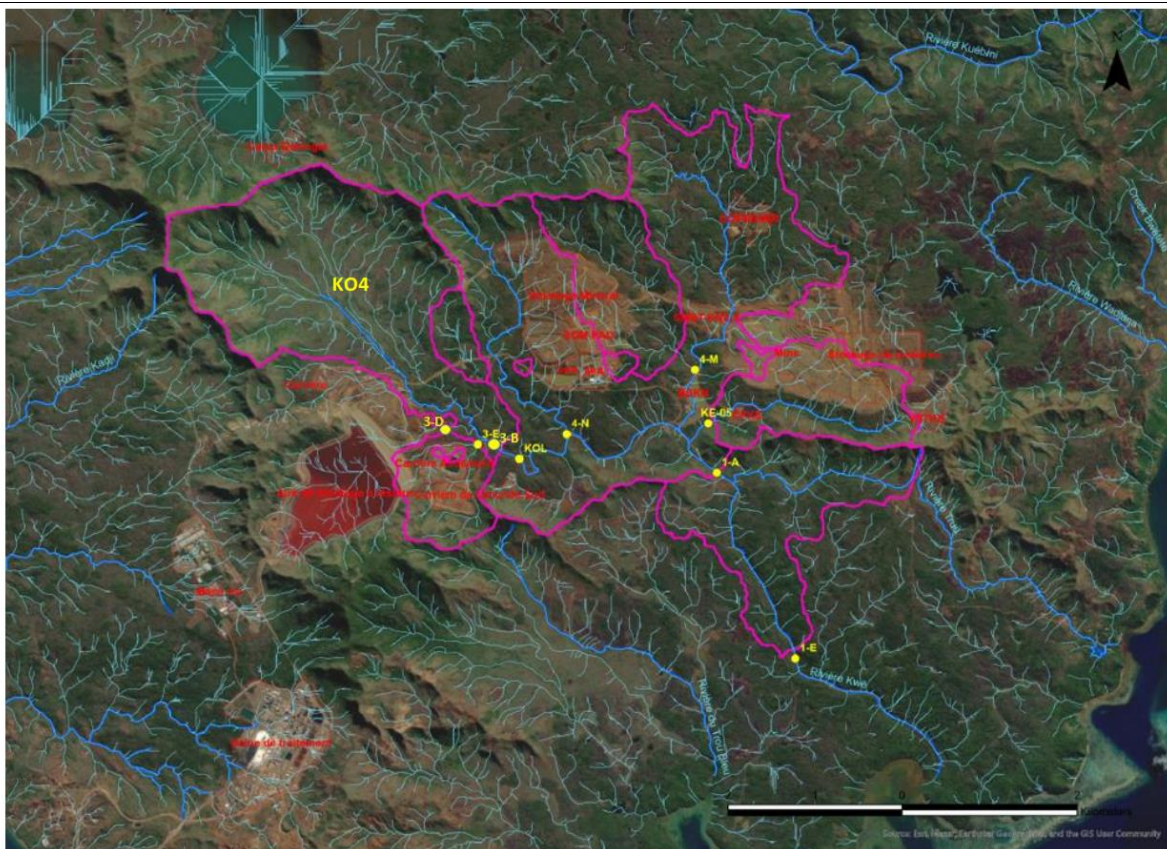
L'évolution synchrone des chroniques de concentrations en SO<sub>4</sub>, Mg, Cl, Ni et Cr amène à considérer une origine commune à ces éléments chimiques dans les eaux souterraines, origine attribuée au panache en provenance du bassin à résidus.

Seuls les éléments chimiques dont les concentrations dépassent la valeur seuil du fond géochimique sont considérés comme des polluants. Selon cette définition, les **SO<sub>4</sub>**, **Mg** et **Cl** sont les principaux éléments polluants identifiables au sein de l'aquifère.

### 9.3.8. Qualité des eaux de surface

#### 9.3.8.1. Réseau de surveillance

Un réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface a été mis en place dans le bassin versant de la Kwé, afin d'assurer un suivi de l'impact de l'ensemble des activités liées à la production de minerai (de l'extraction aux rejets des résidus).



**Figure 66 : Stations de suivi physicochimique des eaux de surface de la kwé ouest (3D, 3B, 3 E, KOL, 4N), Kwé nord (4M), Kwé est (KE05) et Kwé principale (1A et 1 E)**

Dans la zone du parc KO2, ce réseau se compose de plusieurs stations le long de la Kwé ouest, situés en grande majorité en aval du barrage KO2.

Les stations 3D, 3B, 3E, KOL sont les plus directement impactées par le parc à résidus KO2.

Les stations KOL et 3B se trouvent également alimentées par le bassin versant KO4 (ce qui engendre sur ces stations une dilution des perturbations dues au parc à résidus KO2).

La station 4N située sur la Kwé ouest n'est pas sous influence du parc à résidus KO2, mais de l'UPM (Unité de Préparation du Minéral).

La station 1A (également appelé KAL) située à l'aval des bras Ouest, Nord et Est de la rivière se trouve influencée par l'ensemble des installations de PRNC présentes sur la Kwé (Parc à résidus KO2, UPM et mine, entre autres). Il en est de même de la station 1E qui constitue la station de bouclage du réseau de suivi de la Kwé.

L'article 8.5 des prescriptions techniques annexées à l'arrêté ICPE Lucy n° 3690-2017 du 29 novembre 2017 décrit le réseau de surveillance des eaux de surface qui doit être mis en place dans le cadre du projet Lucy.

Ce réseau réglementaire comprend les stations : 3-E, KOL, KAL et 1-E.

Les paramètres à mesurer et la périodicité sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 34 : Paramètres et périodicité de l'autosurveillance des eaux de surface**

Paramètre	Remarque	Périodicité de l'autosurveillance	Station
Mesures in-situ			
Suivi débitmétrique	Limnimètre et jaugeages de contrôle	En continu et jaugeage de contrôle mensuels	3-E KOL KAL 1-E
Suivi de la phase solide en suspension : Turbidité		En continu	
Suivi physico-chimique : pH, Eh, température, conductivité électrique, oxygène dissous		En continu	
Mesures en laboratoire			
Alcalinité : bicarbonates, carbonates, hydroxydes	Fraction dissoute	En continu (KOL) Bihebdomadaire (3-E et KAL) Bimensuelle (1E)	3-E KOL KAL 1-E
Anions majeurs : HCO3, F, Cl, SO4, NO2, NO3, PO4	Fraction dissoute		
Cations majeurs : Na, K, Ca, MG, NH4	Fraction dissoute		
Métaux : Al, As, Cr, Cr VI, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Sn	Fraction dissoute		
Silice : SiO2	Fraction dissoute		
DCO + hydrocarbures totaux en cas de valeurs anormales sur la DCO	Fraction dissoute		
Matières en suspension			
DBO	Fraction dissoute	Mensuelle	

Chaque station peut faire l'objet d'un suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et/ou des sédiments ainsi qu'un éventuel suivi de la faune.

Ce suivi faunistique peut prendre les formes suivantes :

- IBNC : échantillonnage des maro-invertébrés selon la méthode « IBNC » afin d'obtenir un indice IBNC ;
- Echantillonnage des macro- invertébrés sans calcul de l'indice IBNC
- Echantillonnage de la faune ichtyenne (poissons) et carcinologique (crevettes).

La station KOL présente la station de suivi des indices biotiques avec une fréquence de suivi annuelle.

Les stations KWO-10 et KWO-20 présentent les stations de suivi des poissons avec une fréquence annuelle.

### 9.3.8.2. Résultats du suivi des stations

Les mesures enregistrées de 2008 jusqu'à 2020 sont présentées en Annexe 9.

- Conductivité :

Les résultats du suivi des stations montrent une augmentation de la conductivité depuis 2016.

Les plus fortes conductivités sont mesurées à la station 3-E. Cette station est en aval direct du parc à résidus et est sous influence de ses rejets. Une dilution amont/aval est constatée en comparaison des mesures de conductivités aux stations KOL, 1-A et 1-E. En effet, un gradient amont/aval décroissant est observé. Les stations KAL et 1-E présentent des mesures similaires.

---

- Anions majeurs

Pour l'ensemble des stations de suivi de la Kwe, les résultats d'analyse révèlent un enrichissement en nitrates et en sulfates et de depuis 2016. Ces teneurs sont toujours plus élevées au niveau de la station 3-E.

Dans la Kwe principale (KAL, 1-A et 1-E), les concentrations sont en hausse légère et progressive depuis 2013.

Les autres anions majeurs analysés, les fluorures, nitrites et phosphates, sont en majorité inférieures à la limite de quantification, ils ne sont pas présentés graphiquement car le pourcentage de valeurs exploitables est inférieur à 5%.

- Cations majeurs

Les résultats du suivi des stations montrent une augmentation des concentrations en Calcium, magnésium et sodium depuis 2016, particulièrement au niveau de la station 3 E.

En effet, la station 3E présente les concentrations les plus élevées en calcium (11 mg/l), magnésium 150 mg/l) et sodium (12 mg/l), suivie par la station KOL qui présente des concentrations beaucoup moins élevées, à savoir 5 mg/l pour le calcium, 25 mg/l pour le magnésium et 7 mg/l pour le sodium.

Plus en aval, dans la Kwe principale (KAL/1-A et 1-E), les concentrations sont beaucoup plus faibles : 1 mg/l pour le calcium, 15 mg/l pour le magnésium et 6 mg/l pour le sodium.

- Métaux

Les résultats du suivi des stations montrent une augmentation des concentrations en Nickel depuis 2016, particulièrement à la station 3-E.

En effet, les concentrations en nickels sont plus élevées sur la station 3-E que sur les autres stations.

Les concentrations en manganèse sont très faibles. (< 0.1 mg/l). La station KAL a enregistré en 2018 et 2019 des pics allant jusqu'à 0.7 mg/l.

Les concentrations en chrome VI sont faibles sur l'ensemble des stations (0.01 mg/l en moyenne.).

### 9.3.8.3. Interprétation des résultats

- Station 3-E :

Des tendances à l'augmentation des valeurs sont constatées sur la période à partir de 2016, notamment pour les paramètres suivants : Sulfates, Conductivité, Magnésium, Chlorures, Calcium et Sodium.

Ces perturbations chimiques et physicochimiques sont principalement dues à l'influence du parc à résidus KO2 qui se trouve sur le bassin versant à l'amont de cette station.

En effet, des infiltrations sous géomembrane se produisent et contaminent les eaux souterraines qui alimentent le cours d'eau de la Kwe Ouest.

Les surfaces exposées à l'érosion sur le bassin versant à l'amont de la station 3-E peuvent également être à l'origine des perturbations en métaux (Nickel, Chrome VI, Silicium).. d

- Station KOL :

Les perturbations chimiques et physicochimiques observées au niveau de la station KOL, qui se trouve juste à l'aval de la station 3-E, sont également probablement dues à l'influence du parc à résidus KO2.

Les paramètres concernés sont notamment : Sulfates, Nickel, Conductivité, Magnésium, Calcium. Ces perturbations sont cependant bien moindres qu'au niveau de la station 3-E qui se trouve juste à l'aval du parc à résidus KO2 et dont le bassin versant à l'amont qui l'alimente est de petite taille, tandis que la station KOL est



alimentée par un bassin versant à l'amont de bien plus grande taille, produisant un effet de dilution des concentrations.

Les concentrations relevées sont mesurées dans des proportions plus faibles qu'au niveau de 3-E, en respectant le gradient de dilution de l'amont vers l'aval.

- Stations KAL et 1-E :

Ces stations se trouvent sur la Kwé principale collectant les eaux de l'ensemble des bassins versants amont (Kwé Ouest, Kwé Nord et Kwé Est). Les perturbations chimiques et physicochimiques observées au niveau des stations sont probablement dues à l'influence des différentes installations de PRNC (parc à résidus KO2, UPM et fosse minière) présentes sur les bassins versants à l'amont de ces stations.

Des tendances à l'augmentation des valeurs sont également constatées sur la période 2016-2020 pour les paramètres suivants : Chrome, Chrome VI, Conductivité et Magnésium.

Si certaines perturbations observées sur les stations à l'amont du cours d'eau restent décelables à l'aval sur les stations 1-A et 1-E, elles sont de moindre importance en raison de l'effet de dilution qui se produit à aval du cours d'eau.

Les surfaces exposées à l'érosion présentes sur les bassins versants à l'amont des stations peuvent également être à l'origine des perturbations en métaux (Chrome, Chrome VI, Silicium), mais aussi en éléments majeurs (Magnésium).

### 9.3.9. Analyse de l'état écotoxicologique actuel des eaux de surface

Les limites de toxicité retenues par PRNC sont données dans le tableau suivant :

**Tableau 35 : Seuil écotoxicologiques des effluents étudiés**

Concentration en éléments dissous (mg/l)	Seuil de toxicité chronique	Seuil de toxicité aigu	Etudes de référence pour les valeurs de toxicité
Mg (mg/l)	50	500	CSIRO, 2003*
SO4 (mg/l)	190	1 900	
Mn (mg/l)	1 900	17 000	
Cr (µg/l)	100	310	Proposition sur la base du fond hydrochimique de la rivière Kwé Ouest (A2EP, 2014) et de la valeur limite de rejet autorisée en rivière de l'arrêté du 19 Avril 2010 relatif à la gestion des déchets des industries extractives

\*L'évaluation de toxicité chronique du lixiviat de résidus de Nickel sur le biote marin et dulcicole est présentée en annexe 13.

Les valeurs guides proposées montrent que la branche nord de KO1 (un petit affluent de la kwé ouest alimenté par les sources Wk17 et Wk20) situé en amont de la station 3-E présente des concentrations en sulfates et en magnésium supérieures aux seuils de toxicité chronique et ce, à partir de l'année 2017.

Aucun dépassement des seuils de toxicité n'est enregistré au niveau des autres stations situées en aval.

Les indicateurs biologiques étant originellement faibles sur le bassin versant de la Kwé Ouest, ceux-ci ne semblent pas avoir été affectés, à l'heure actuelle, par cette modification des conditions physico-chimiques du milieu.

### 9.3.10. Synthèse des enjeux liés aux eaux de surface et aux eaux souterraines

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des caractéristiques principales à prendre en compte pour l'évaluation des enjeux liés aux eaux souterraines et les eaux de surface.

Nous considérons que les niveaux d'enjeux relatifs aux composantes eaux souterraines et eaux de surface restent inchangés par rapport à l'étude d'impact présentée en 2016.

**Tableau 36 : Synthèse des enjeux liés aux eaux souterraines et eaux de surface**

Composante	Synthèse des enjeux	Niveau d'enjeu
Eaux souterraines	Des augmentations des concentrations en sulfates et magnésium sont observées en aval du parc à résidus KO2 depuis 2014.  Les eaux souterraines en aval du site et jusqu'à l'exutoire, à savoir la kwé ouest, ne sont cependant pas exploitées et ne font l'objet d'aucun usage.	Moyen
	Des interactions existent entre nappes et rivière : les eaux souterraines en provenance des bassins KO1, KO2 et KO3 convergent vers la rivière Kwé ouest puis circulent dans son lit avant d'émerger dans la rivière plus en aval.	Moyen
Eaux de surface	Dans les eaux superficielles en aval du parc à résidus KO2, il n'a pas été relevé de tendance particulière à la hausse pour les paramètres physico-chimiques analysés, sauf pour les sulfates et le magnésium qui présentent des augmentations de concentrations depuis 2013.  Par ailleurs, il a été constaté une augmentation de plusieurs paramètres (pH, conductivité, sulfates et magnésium) sur les sources situées au sein de l'emprise du projet.	Moyen

## 9.4. Impact du projet de construction de la verse Lucy 2.0 sur les eaux souterraines et les eaux de surface et les mesures proposées :

### 9.4.1. Identification des impacts et des sources d'impacts

Durant la phase d'exploitation de la verse Lucy les principales sources d'impact sur les eaux de surfaces et souterraines sont :

- Fuites des eaux de percolation non collectées par le système de drainage de la base de la verse ;
- Fuites d'eaux de contact à travers le système d'étanchéité des bassins de collecte de ces eaux (bassins dits « d'eau de contact »). Deux types de fuite sont considérés :
  - o Des fuites correspondant à des bassins constitués par un système d'étanchéité absolument parfait. Il s'agit de fuites théoriques obtenues par l'application de la loi de Darcy, en tenant compte des caractéristiques du système d'étanchéité envisagé (doubles géomembranes étanches séparées par une couche de collecte d'éventuelles fuites au travers de la première

géomembrane). Au regard de la quasi-imperméabilité des géomembranes, ce débit théorique de fuite est très faible ;

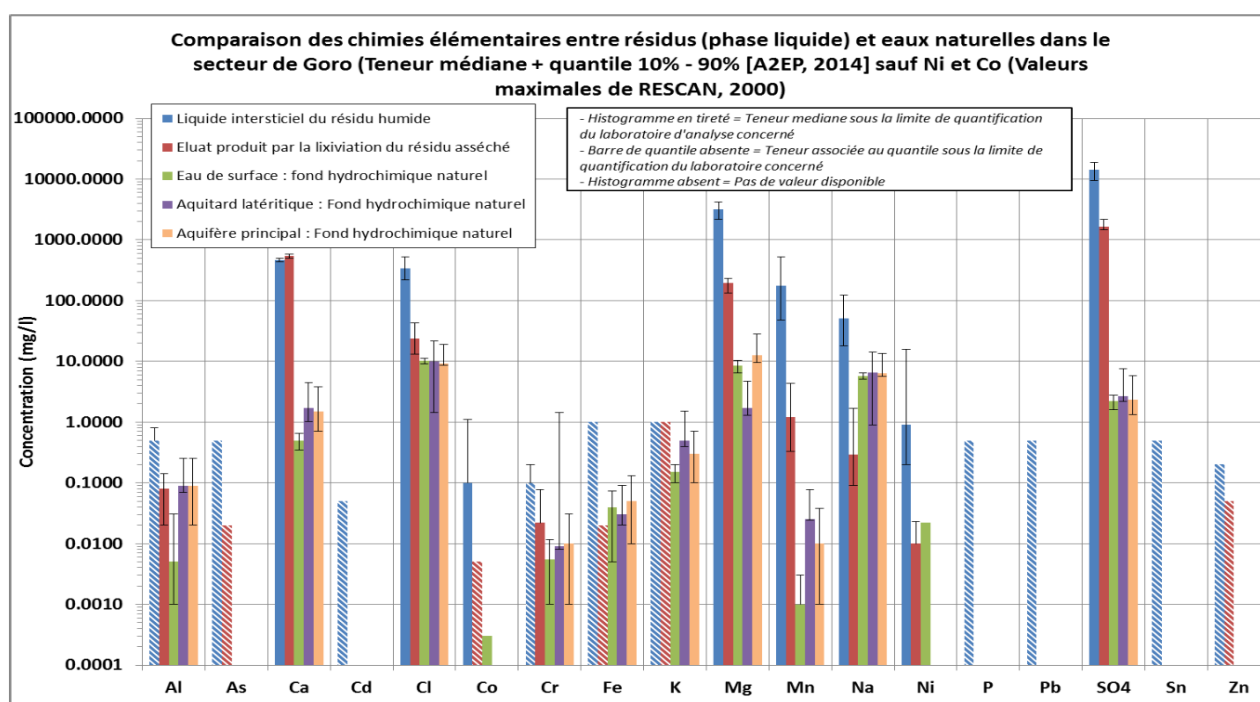
- Des fuites engendrées par un système d'étanchéité marqué par un ou plusieurs défauts de construction lors de la pose des géomembranes (déchirures, trous, soudures défectueuses etc.).
- Rejets non contrôlés des eaux de contact par l'évacuateur de crues du bassin central.

En effet, les caractéristiques chimiques élémentaires des eaux de percolation et des eaux de contact ont été étudiées de façon intensive au cours du projet LUCY 1.0. Cela a notamment permis de proposer des tableaux de chimie élémentaire montrant la variabilité statistique de ces caractéristiques.

Ces compositions chimiques ont fait l'objet d'une comparaison avec les fonds hydrochimiques naturels des eaux de surface et souterraines établis pour le contexte global de Goro (A2EP, 2012a et 2014b).

Cette étude comparative a porté sur les concentrations médianes et les quantiles 10% et 90% des 18 éléments chimiques suivants : Aluminium (Al), Arsenic (As), Calcium (Ca), Cadmium (Cd), Chlorure (Cl), Cobalt (Co), Chrome (Cr), Fer (Fe), Potassium (K), Magnésium (Mg), Manganèse (Mn), Sodium (Na), Nickel (Ni), Phosphore (P), Plomb (Pb), sulfate (SO<sub>4</sub>), Etain (Sn) et Zinc (Zn).

Les résultats obtenus sont présentés à la Figure 67.



**Figure 67 : Comparaison des chimies élémentaires entre la phase liquide des résidus (humides et asséchés) et les eaux naturelles dans le secteur de Goro**

Cette analyse comparative montre que :

- L'eau de percolation est beaucoup plus concentrée en éléments chimiques que les eaux naturelles,
- Ces fortes concentrations concernent principalement six éléments chimiques (classés par teneur décroissante) : SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Cl, Mn, Na.

Sur la base de cette analyse comparative, les éléments chimiques retenus par PRNC pour l'analyse d'impact de la verse Lucy 2.0 sont : le sulfate (SO<sub>4</sub>), le magnésium (Mg) et le manganèse (Mn).

En complément, le chrome (CrVI) a également fait l'objet d'une évaluation.

Les limites environnementales retenues dans le cadre de cette étude sont données dans le tableau suivant.

**Tableau 37 : Fond hydrochimiques et seuil écotoxicologiques des effluents étudiés**

Concentration en éléments dissous (mg/l)	Fond hydrochimique naturel : RESCAN, 2000 ; (*) =A2EP, 2014b	Seuil de toxicité chronique	Seuil de toxicité aigu	Etudes de référence pour les valeurs de toxicité
Mg (mg/l)	5,29	50	500	CSIRO, 2003
SO4 (mg/l)	2	190	1 900	
Mn (µg/l)	2,58	1 900	17 000	
Cr (µg/l)	10 (*)	100	310	Proposition sur la base du fond hydrochimique de la rivière Kwé Ouest (A2EP, 2014) et de la valeur limite de rejet autorisée en rivière de l'arrêté du 19 Avril 2010 relatif à la gestion des déchets des industries extractives

Les principaux impacts directs potentiels identifiés sont :

- Contamination des eaux souterraines par les fuites des eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0 ;
- Contamination des eaux souterraines par les eaux de contact issues des fuites à travers le système d'étanchéité des bassins ;
- Contamination des eaux de surface par les eaux de contact en cas du débordement du bassin central.

En tenant compte de la relation nappe/cours d'eau présentée au paragraphe 8.3.3. Les principaux impacts indirects potentiels identifiés sont :

- Contamination des eaux de surface via leur réalimentation par des eaux souterraines contaminées par les eaux de percolation issues de la verse ;
- Contamination des eaux de surface par les eaux de contact issues des fuites à travers le système d'étanchéité des bassins.

## 9.4.2. Description détaillée des impacts en phase exploitation de la verse Lucy 2.0

### 9.4.2.1. Contamination des eaux souterraines par les eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0

Il s'agit d'un impact direct de la verse Lucy 2.0 sur les eaux souterraines. En effet, des fuites d'eaux de percolation peuvent perturber la qualité des eaux souterraines et ce malgré les dispositifs d'étanchéité et de collecte prévus.

Durant leur percolation, ces eaux vont progressivement se charger en éléments chimiques par lixiviation du résidu asséché. Les débits de fuite et les concentrations en polluants sont présentés ci-après.

- Estimation des débits de fuites à travers la barrière étanche

Les débits de fuites des eaux de percolation à travers la barrière étanche ont été déterminés dans le cadre de l'étude de modélisations hydrodynamiques de la verse Lucy réalisées par Mecater en 2022 [11].



5 scénarios ont été étudiés en tenant compte de deux ans d'exposition :

- Scénario 1 (Scénario de base) : calcul du débit de fuite à travers la barrière étanche pour un fonctionnement optimal ;
- Scénario 2 : Diminution de la perméabilité des enrochements du système de drains de collecte des eaux de percolation et du système de drainage des sous écoulements par un facteur 10 ( $K=10^{-4}$  m/s au lieu de  $10^{-3}$  m/s). Cette modélisation a pour but d'étudier l'impact d'une diminution de la débitance des réseaux de drainage (soit par colmatage ou en cas d'utilisation d'un matériau non adéquat) sur le débit de fuite ;
- Scénario 3 : Augmentation de la perméabilité de la barrière étanche par un facteur 10 ( $K=10^{-7}$  m/s au lieu de  $10^{-8}$  m/s). Le but de cette modélisation est d'étudier l'impact d'une variation de la perméabilité, due à un défaut de compactage des latérites de la barrière étanche, sur le débit de fuite ;
- Scénario 4 : Absence du système de drains de collecte de eaux de percolations ou dysfonctionnement total.

Les différentes simulations réalisées montrent que :

- Le système de protection des eaux naturelles, envisagé pour la verse Lucy 2.0 (système de drains de collecte des eaux de percolation + barrière étanche + système de drainage des sous-écoulements), permet de limiter le débit moyen de fuite vers l'environnement à  $10 \text{ m}^3/\text{j}$ , soit 0,0125 litre d'eau de percolation par  $\text{m}^2$  de verse et par jour ;
- La barrière étanche est un élément important de protection des eaux naturelles. En cas de défaut de construction, le débit de fuite peut être augmenté par un facteur 2, comparé au scénario de référence ;
- Le système de drain de collecte des eaux de percolations joue un rôle particulièrement important pour le drainage interne de la verse ainsi que pour la protection des eaux naturelles. En cas d'absence ou de dysfonctionnement total de ce système, le débit de fuite vers l'environnement peut être augmenté par un **facteur 20**.

Les simulations réalisées sur 12 ans (durée d'exploitation de la verse Lucy) montrent que :

- Pour un fonctionnement optimal du système de drain de collecte des eaux de percolations, les débits de fuite varient entre  $5 \text{ m}^3/\text{j}$  et  $27 \text{ m}^3/\text{j}$  sur toute l'emprise de la verse, soit une moyenne de  **$12 \text{ m}^3/\text{j}$** , sur 12 ans d'exposition ;
- Pour un dysfonctionnement total du système de collecte des eaux de percolations, les débits de fuite varient entre  $140 \text{ m}^3/\text{j}$  et  $320 \text{ m}^3/\text{j}$  sur toute l'emprise de la verse, soit une moyenne de  **$222 \text{ m}^3/\text{j}$**  sur 12 ans d'exposition.
- Estimation des concentrations en éléments chimiques provenant des eaux de percolation de la verse Lucy 2.0 :

L'estimation des concentrations des eaux de percolation de la verse Lucy 2.0 a est basée sur l'étude de faisabilité (AEL, 2018) « Réalisation d'essais géochimiques sur un mélange de déchets miniers : résidus asséchés et latérite rouge, ». Dans ce cadre, des essais de lixiviation en mode dynamique ont été réalisées<sup>10</sup> (Lixiviation sur colonnes, selon la norme NF EN 140052). Le principe de ces essais consiste à soumettre le matériau étudié à la percolation d'un flux ascendant d'eau ultra pure dans une colonne, avec un ratio L/S cumulé qui varie progressivement de 0,1 à 10 L/kg.

---

<sup>10</sup> David et al, 2018. In-pit Co-disposal Feasability Study Réalisation d'essais géochimiques sur un mélange de déchets miniers : résidus asséchés et latérite rouge. AEL

Ce ratio R (litres/kg) calculé est utilisé comme référence dans l'estimation des concentrations en éléments lixivés à travers la verse Lucy :

$$R = \frac{\text{Volume de pluie percolé dans la verse Lucy}}{\text{Volume total de la verse}}$$

Le ratio L/S relatif à la verse Lucy est donné dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 38 : Ratio L/S relatif à la verse Lucy 2.0 [11].**

Paramètres (unité)	Sur 12 ans	Sur 24 ans
L : Volume total de pluie infiltrée (litres)	$6.10^9$	$1,1.10^{10}$
S : Volume total de la verse (Kg)	$4,6.10^{10}$	
Ratio R (L/S)	0,1	0,2

Ainsi, en se référant aux essais de lixiviation disponible, les concentrations en éléments dissous retenus dans le cadre de cette étude sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 39 : Concentrations en effluents calculés sur les résidus asséchés (verse Lucy 2.0) [11].**

Eléments chimiques	Concentrations (Ratio = 0,1 litres/kg)	Concentrations (Ratio = 0,2 litres/kg)
SO <sub>4</sub> (mg/l)	9 630	8 620
Mg (mg/l)	3 035	2 553
Mn (mg/l)	40,3	35,7
CrVI (µg/l)	0,72	0,63

#### 9.4.2.2. Contamination des eaux souterraines par les eaux de contact issues des fuites à travers le système d'étanchéité des bassins

Il s'agit d'un impact direct des bassins des eaux de contact sur les eaux souterraines. En effet, des fuites d'eaux de contact à travers le dispositif d'étanchéité peuvent perturber la qualité des eaux souterraines.

En effet, les eaux de pluie qui vont ruisseler au sommet des zones de stockage du résidu asséché (appelées « eaux de contact ») vont également se charger en éléments chimiques par solubilisation plus ou moins rapide du résidu asséché.

Les débits de fuite et les concentrations en polluants sont présentés ci-après.

- Estimation des débits de fuites à travers les bassins des eaux de contact

Deux types de fuite sont considérés :

- Des fuites correspondant à des bassins constitués par un système d'étanchéité absolument parfait. Il s'agit de fuites théoriques obtenues par l'application de la loi de Darcy, en tenant compte des caractéristiques du système d'étanchéité envisagé (doubles géomembranes étanches séparées par une couche de collecte d'éventuelles fuites au travers de la première géomembrane).

Au regard de la quasi-imperméabilité des géomembranes, ce débit théorique de fuite est très faible. Les débits de fuite calculés pour les bassins d'eau de contact sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau 40 : Débits de fuite à travers les deux géomembranes des bassins d'eaux de contact [11]**

Bassin	Q fuites (m <sup>3</sup> /j)
Nord	10-4
Central	4.10-5
Sud	3,4.10-5
Fuites totales	1,75.10-5

- Des fuites engendrées par un système d'étanchéité marqué par un ou plusieurs défauts de construction lors de la pose des géomembranes (déchirures, trous, soudures défectueuses etc.). **Le débit de fuite accidentelle est estimé à  $8,7.10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s/bassin et 89 m<sup>3</sup>/j pour les trois bassins.**
- Estimation des concentrations en éléments chimiques provenant des eaux de contact de la versée Lucy 2.0 :

Dans le cadre du projet Lucy 2.0, l'évaluation des caractéristiques chimiques des eaux de contact s'est basée sur l'étude de faisabilité « In-Pit Tailings and Waste Co-Disposal, AEL, 2019 (Référence : D036A1-A4-V1.0) ». Ces concentrations sont données dans le tableau suivant :

**Tableau 41 : Concentrations en effluents majeurs dissouts (Ca, Mg et SO<sub>4</sub>) et en métaux (CrVI) 11 retenues pour les CWP [11]**

Eléments chimiques (mg/l)	Concentration (mg/l)
SO <sub>4</sub>	840
Mg	34
Mn	1,4
CrVI	0,005

#### 9.4.2.3. Contamination des eaux de surface par les eaux de contact en cas de débordement du bassin central

Le bilan hydrique du projet Lucy 2.0 a permis de Justifier le débit de pompage dans les bassins ainsi que leurs dimensions pour permettre de limiter les débordements non contrôlés.

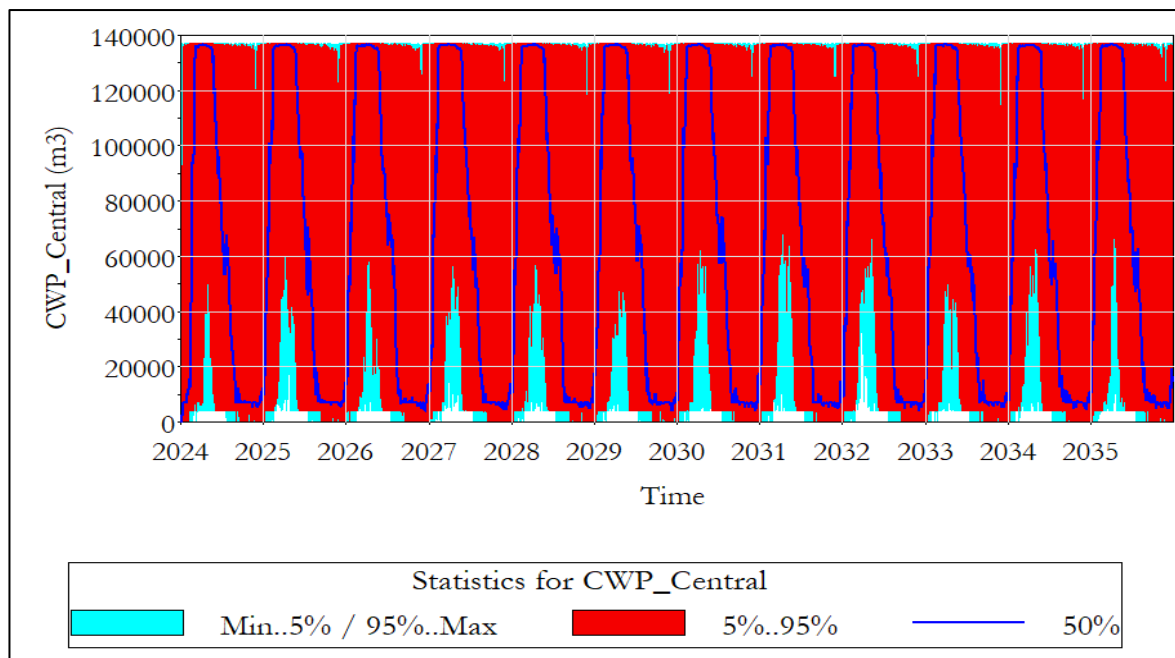
Les bassins Nord et Sud reçoivent les eaux de contact de leur bassin versant respectifs et les eaux de pluies de leurs impluviums. Le bassin central ne reçoit que les eaux de pluie interceptées par son impluvium et les eaux évacuées ou débordées des bassins Nord et Sud.

Les transferts entre les trois bassins des eaux de contact sont organisés de façon à ce que la décantation de la matière solide soit réalisée dans les bassins Nord et Sud. Sur cette base, le bassin central ne reçoit que des eaux déjà décantées.

<sup>11</sup> Etude de faisabilité – stockage simultané des déchets (résidus asséchés et stériles miniers) : tests de comportement des déchets pour différents régimes de précipitations, note technique : D036A1-A4-V1.1, Novembre 2018

Dans le cadre de cette étude d'impact, nous présentons uniquement les résultats relatifs au bassin central car en cas de débordement, les eaux de contact seront rejetées directement dans le milieu naturel par l'évacuateur de crues et ce, contrairement aux autres bassins.

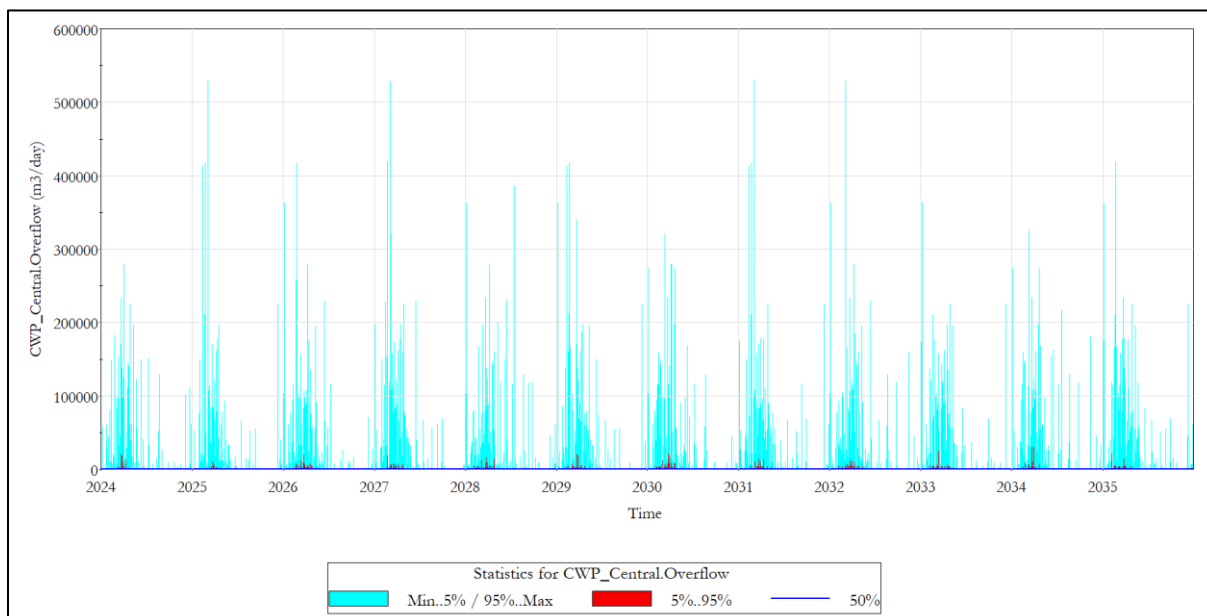
La figure suivante montre la variation du volume d'eau dans le bassin central en fonction du temps.



**Figure 68 : Variation du volume d'eau dans le bassin des eaux de contact Central (Série standard : série de pluies probabilistes générées sur 100 ans)[14]**

Ce résultat montre que le volume d'eau dans le bassin subit des fluctuations importantes en fonction des saisons et garde une valeur inférieure à la capacité maximale pour plus de 90% du temps.

Le débordement maximal journalier vers l'environnement est de 534 131 m³ (Figure 69).



**Figure 69: Volumes de débordement non contrôlé du bassin des eaux de contact Central vers l'environnement - Série standard (série de pluies probabilistes générées sur 100 ans) [14]**



Il est à noter que le taux de débordement non contrôlés dans le cas du projet Lucy 2.0 est inférieurs à celui de Lucy 1.0. Le projet Lucy 2.0 permet de limiter le taux de débordement non contrôlé à moins de 5% du temps, contrairement à Lucy 1.0 où le taux de débordement atteindra presque 7%. Cf. Tableau ci-dessous.

**Tableau 42 : Taux de débordement Lucy 1.0 et Lucy 2.0**

Design	Paramètres	Bassin nord	Bassin central	Bassin sud
<b>Design Hatch Lucy 1.0</b>	Emprise du bassin (ha)	4,6	7,1	5
	Surface du bassin versant (ha)	133.5	4	99
	Capacité utile (m <sup>3</sup> )	164 674	225 533	209 644
	Nombre de débordement maximal par an	9 <i>Vers bassin central</i>	24 <i>Vers rivière KO2</i>	9 <i>Vers bassin central</i>
	% débordement	2,70%	<b>6,80%</b>	2,5%
<b>Design MEACTER Lucy 2.0</b>	Emprise du bassin (ha)	5.82	5.06	2,3
	Surface du bassin versant (ha)	82.2	-	26.4
	Capacité utile (m <sup>3</sup> )	259 050	137 000	89 803
	Nombre de débordement maximal par an	8 <i>Vers bassin central</i>	15 <i>Vers rivière KO2</i>	1 <i>Vers bassin central</i>
	% débordement	2,20%	<b>4,10%</b>	0.43%

#### 9.4.2.4. Contamination des eaux de surface par les eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0

Il s'agit d'un impact indirect de la verse Lucy 2.0 sur les eaux de surface. En effet, en égard aux relations nappes/cours d'eau de la zone d'étude, il est considéré que les rivières drainent l'ensemble des eaux souterraines de la zone d'étude.

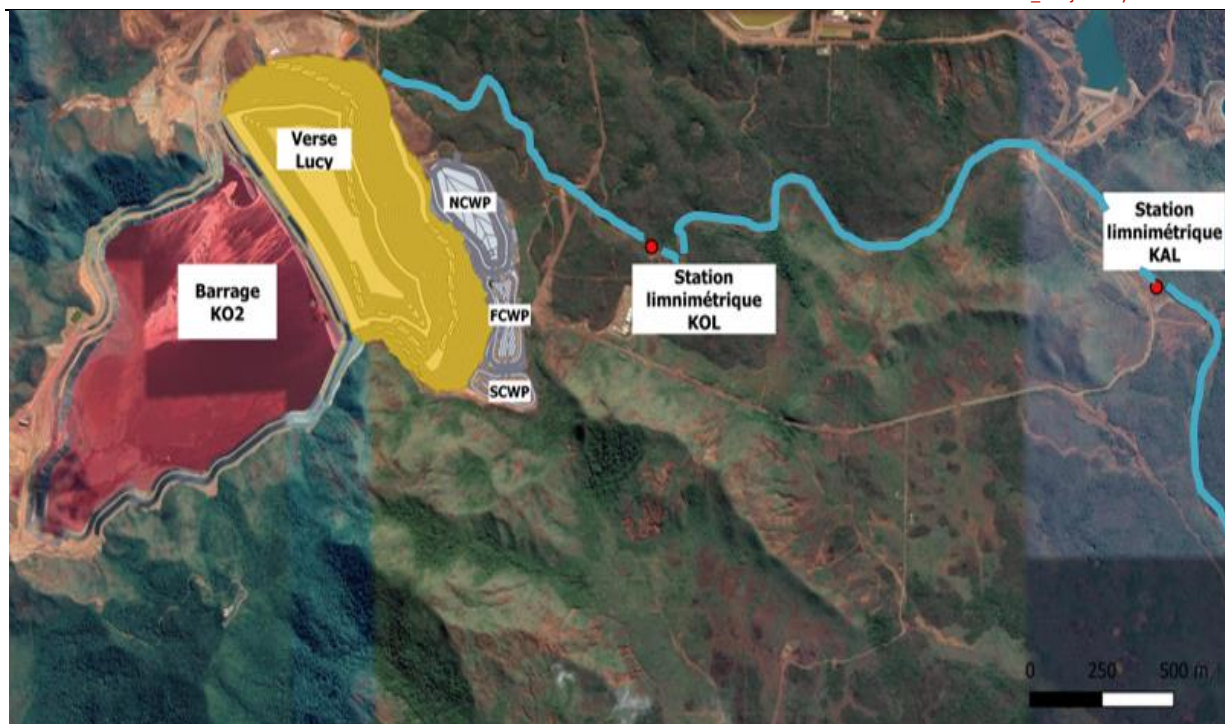
Une évaluation quantitative des impacts des eaux de percolation sur les eaux de surface a été menée par Mecater dans le cadre de cette étude d'impact.

Cette évaluation est réalisée en appliquant un modèle simplifié de dilution des effluents par le débit des rivières ciblées (Kwé ouest et Kwé principale), en intégrant les flux massiques issus du fond hydrochimique de la rivière Kwé Ouest en situation naturelle (avant la construction du parc à résidu KO2). Ce fond hydrochimique est issu de l'étude Rescan (2000).

Le modèle de dilution a permis ainsi de déterminer la concentration des polluants au niveau des stations KOL et KAL.

Les débits considérés dans les calculs sont issus d'un modèle Pluie-Débit développé par PRNC pour les deux stations.

La localisation des deux stations par rapport à la verse Lucy 2.0 et les bassins des eaux de contact est présentée dans la figure suivante :



**Figure 70 : Localisation des stations KOL et KAL, utilisées pour l'évaluation de l'impact du projet LUCY sur la qualité des eaux de surface**

Deux scénarios ont été simulés dans le cadre de cette étude :

- Scénario 1 : Modèle de dilution en tenant compte d'un dysfonctionnement total du système de collecte des eaux de percolations ;
- Scénario 2 : Modèle de dilution en tenant compte d'un fonctionnement optimal du système de collecte des eaux de percolations.

Les résultats obtenus ont été comparés par la suite aux seuils écotoxicologiques pour chaque élément.

Ces résultats montrent que dans le cas de dysfonctionnement du système de collecte des eaux de percolation, la qualité des eaux de surface au niveau de la station KOL présentera des fréquences de dépassements des seuils écotoxicologiques chroniques en SO<sub>4</sub> (26%) et en Mg (28%). Une faible fréquence de dépassement des seuils aigus est aussi constatée pour les même effluents (4%). La station KAL ne présente aucun dépassement des seuils écotoxicologique (effet de dilution).

Dans le cas d'un fonctionnement optimal de la verse, les fréquences de dépassement des seuils écotoxicologiques sont négligeables dans la station KOL. La station KAL ne présente aucun dépassement des seuils écotoxicologique.

Les tableaux suivants montrent les fréquences de dépassement des seuils suite à la contamination des eaux de surfaces par les eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0 pour chaque scénario étudié.

**Tableau 43 : Fréquence de dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (Verse Lucy 2.0 avec absence du système de collecte des eaux de percolation)**

Effluent	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique		Dépassement du seuil écotoxicologique aigu	
	KOL	KAL	KOL	KAL
SO4	26 %	0 %	4 %	0 %
Mg	28 %	0 %	4 %	0 %
Mn	0%	0 %	0%	0 %
CrIV	0%	0 %	0%	0 %

**Tableau 44 : Fréquence des dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (Verse Lucy 2.0 en fonctionnement optimale)**

Effluent	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique		Dépassement du seuil écotoxicologique aigu	
	KOL	KAL	KOL	KAL
SO4	2 %	0 %	0 %	0 %
Mg	2 %	0 %	0%	0 %
Mn	0 %	0 %	0 %	0 %
CrIV	0 %	0 %	0 %	0 %

#### 9.4.2.5. Contamination des eaux de surface par les eaux de contact issues des fuites à travers le système d'étanchéité des bassins.

Il s'agit d'un impact indirect des bassins des eaux de contact sur les eaux de surface.

L'évaluation des impacts de contamination des eaux par des fuites d'eau à travers le dispositif d'étanchéité a été également menée via un modèle de dilution.

Les résultats obtenus ont été comparés par la suite aux seuils écotoxicologiques pour chaque élément.

Le tableau suivant montre les fréquences de dépassement des seuils suite à la contamination des eaux de surfaces par les fuites d'eau à travers les bassins des eaux de contact.

**Tableau 45 : Fréquence de dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (Fuite au niveau des bassins des eaux de contact)**

Effluent	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique		Dépassement du seuil écotoxicologique aigu	
	KOL	KAL	KOL	KAL
SO4	2%	0 %	0%	0 %
Mg	0%	0 %	0%	0 %
Mn	0%	0 %	0%	0 %
CrIV	0%	0 %	0%	0 %

Les résultats montrent que les fréquences de dépassement des seuils écotoxicologiques sont quasi nulles dans la station KOL.

La station KAL ne présente aucun dépassement des seuils écotoxicologique.

### 9.4.3. Mesures envisagées

#### 9.4.3.1. Mesures d'évitement

Le choix de l'emplacement de la verse Lucy 2.0 en aval direct du barrage KO2 peut être considéré comme une mesure d'évitement. En effet, le projet évite d'impacter un nouveau bassin versant non concerné par une activité de stockage de résidus.

#### 9.4.3.2. Mesures d'atténuation

- Mesures d'atténuation pour limiter les débits de fuite des eaux de percolation vers les eaux souterraines :
  - Mesure 1 : Mise en place d'un système de collecte des eaux de percolation et de consolidation ;
  - Mesure 2 : Mise en place d'une couche de latérites compactées (à faible perméabilité) intercalée entre le réseau de collecte des eaux de percolation et le réseau de drainage des sous écoulements et permettra de séparer les eaux de percolation des écoulements souterrains ;
  - Mesure 3 : Respect des recommandations techniques spécifiques à l'aménagement des renforts internes et externes et au compactage localisé des résidus stocké dans les casiers.
- Mesures d'atténuation pour limiter les débits de fuite des eaux de contact vers les eaux souterraines :
  - Mesure 4 : Respect des recommandations techniques spécifiques à l'aménagement des bassins des eaux contact. En effet, les bassins seront munis à leur base, de haut en bas, de :
    - Un système d'étanchéité constitué d'une double géomembrane entre lesquelles est intercalée une couche de géocomposite de drainage ;
    - Un système de détection de fuites connecté à la couche de géocomposite de drainage et constitué par des drains en enrochements pourvus d'une conduite crépinée et qui déboucheront dans des regards équipés d'un système de pompage ;
    - Une couche d'étanchéité secondaire constituée par une couche de 30 cm de latérites ;
    - Un système de drainage des sous écoulements constitué par des drains en enrochements et une conduite crépinée qui déboucheront dans des regards de collecte équipés d'un déversoir.

#### 9.4.3.3. Mesures de suivi

Les mesures de suivi envisagées concernent la poursuite du suivi de l'ensemble des paramètres actuellement recherchés sur la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface. Ce réseau pourra être adapté et renforcé ponctuellement en fonction des résultats futurs du suivi.

### 9.4.4. Evaluation des impacts résiduels pendant la phase d'exploitation

Les mesures de réduction envisagées permettront de réduire le degré de perturbation sur les eaux souterraines et sur les eaux superficielles.

#### 9.4.4.1. Evaluation des impacts résiduels sur les eaux souterraines :

Les impacts identifiés sur les eaux souterraines sont tous considérés comme impacts directs. Le degré de perturbation est jugé faible compte tenu des faibles débits calculés.

L'étendue des impacts est jugée ponctuelle car l'impact de la contamination des eaux souterraines a été ressenti uniquement à la station KOL avec une très faible fréquence de dépassement du seuil écotoxicologique chronique pour le SO4.



Aucun dépassement des seuils d'écotoxicité n'a été détecté dans la station KAL.

L'impact résiduel sur les eaux souterraines a été caractérisé comme mineur.

L'évaluation des impacts résiduels sur les eaux souterraines est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 46 : Evaluation des impacts résiduels sur les eaux souterraines en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0**

Impact	Type d'impact	Critères d'évaluation de la composante		Critère d'évaluation de l'impact			Importance de l'impact
	Direct/Indirect	Enjeu/Valeur	Degré de perturbation	Intensité	Etendue	Durée	
Contamination des eaux souterraines par les eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0 en fonctionnement optimale	Direct	Moyen	Faible	Faible	Ponctuelle	Longue	Mineure
Contamination des eaux souterraines par les eaux de contact issues des fuites à travers le système d'étanchéité des bassins	Direct	Moyen	Faible	Faible	Ponctuelle	Longue	Mineure

#### 9.4.4.2. Evaluation des impacts sur les eaux de surface :

Les impacts identifiés sur les eaux de surface sont tous considérés comme impacts indirects, sauf pour le cas de Contamination des eaux de surface par débordement du bassin central qui est considéré comme impact direct.

Le degré de perturbation est jugé faible vu l'effet de dilution amont/aval constaté et le faible taux de débordement du bassin central (< à 5%).

L'étendue des impacts est jugée ponctuelle car l'impact de la contamination des eaux de surface a été ressenti uniquement à la station KOL avec une très faible fréquence de dépassement du seuil écotoxicologique chronique pour le SO4.

Aucun dépassement des seuils d'écotoxicité n'a été détecté dans la station KAL.

L'impact résiduel sur les eaux souterraines a été caractérisé comme mineur.

L'évaluation des impacts résiduels sur les eaux souterraines est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 47 : Evaluation des impacts bruts potentiels sur les eaux de surface en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0**

Impact	Type d'impact	Critères d'évaluation de la composante		Critère d'évaluation de l'impact			Importance de l'impact
	Direct/Indirect	Enjeu/Valeur	Degré de perturbation	Intensité	Etendue	Durée	
Contamination des eaux de surface par les eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0 en	Indirect	Moyen	Faible	Faible	Ponctuelle	Longue	Mineure

fonctionnement optimale							
Contamination des eaux de surface par débordement du bassin des eaux de contact central	Direct	Moyen	Faible	Faible	Ponctuelle	Moyenne	Mineure
Contamination des eaux de surface par les eaux souterraines contaminées par les fuites à travers le dispositif d'étanchéité des bassins des eaux de contact	Indirect	Moyen	Faible	Faible	Ponctuelle	Longue	Mineure

## 9.5. Impacts cumulatifs du projet Lucy 2.0 sur la rivière Kwé Ouest et Kwé principale

### 9.5.1. Impact cumulatif du projet Lucy 2.0 sans tenir compte du parc à résidus KO2

L'objectif de cette partie est d'étudier l'impact cumulatif du projet Lucy 2.0 sur la qualité des eaux de la rivière Kwé Ouest et Kwé principale.

L'évaluation des impacts du projet Lucy 2.0 a été également menée via un modèle de dilution en intégrant cette fois toutes les sources ensemble, à savoir :

- Fuites potentielles des eaux de percolation à travers la verse Lucy 2.0 (en fonctionnement normal et en cas de dysfonctionnement du système de collecte) ;
- Fuites potentielles des eaux de contact à travers les bassins des eaux de contact malgré la présence d'une double géomembrane entre les quelles est intercalée une couche de géocomposite de drainage.

Les résultats obtenus ont été comparés par la suite aux seuils écotoxicologiques pour chaque élément.

Ces résultats montrent que dans le cas de dysfonctionnement du système de collecte des eaux de percolation, la qualité des eaux de surface au niveau de la station KOL présentera des fréquences de dépassements des seuils écotoxicologiques chroniques d'environ 28% pour le SO4 et également pour le Mg. Une faible fréquence de dépassement des seuils aigus est aussi constatée pour les même effluents (4%). La station KAL ne présente aucun dépassement des seuils écotoxicologique (effet de dilution).

Dans le cas d'un fonctionnement optimal de la verse, les fréquences de dépassement des seuils écotoxicologiques sont négligeables dans la station KOL. La station KAL ne présente aucun dépassement des seuils écotoxicologique.

Les tableaux suivants montrent les fréquences de dépassement des seuils observées dans la station KOL et KAL.

**Tableau 48 : Fréquence des dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (fonctionnement optimal) - Projet Lucy 2.0 sans parc KO2**

Effluent	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique		Dépassement du seuil écotoxicologique aigu	
	KOL	KAL	KOL	KAL
SO4	4 %	0 %	0 %	0 %
Mg	2 %	0 %	0%	0 %
Mn	0 %	0 %	0 %	0 %
CrIV	0 %	0 %	0 %	0 %

**Tableau 49 : Fréquence de dépassements des seuils au niveau des stations KOL et KAL (dysfonctionnement ou absence du système de collecte des eaux de percolation) - Projet Lucy 2.0 sans parc KO2**

Effluent	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique		Dépassement du seuil écotoxicologique aigu	
	KOL	KAL	KOL	KAL
SO4	28 %	0 %	4 %	0 %
Mg	28 %	0 %	4 %	0 %
Mn	0%	0 %	0%	0 %
CrIV	0%	0 %	0%	0 %

L'évaluation des impacts cumulatifs résiduels en tenant compte des mêmes mesures d'atténuation détaillée dans le paragraphe 8.4.3 est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 50 : Evaluation des impacts cumulatifs résiduels sur les eaux de surface en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0 (sans parc à résidus KO2)**

Impact	Type d'impact	Critères d'évaluation de la composante		Critère d'évaluation de l'impact			Importance de l'impact
	Direct/Indirect	Enjeu/ Valeur	Degré de perturbation	Intensité	Etendue	Durée	
Contamination des eaux de surface par la verse Lucy 2.0	Indirect	Moyen	Faible	Faible	Ponctuelle	Longue	Mineure

**L'impact cumulatif résiduel de la verse Lucy 2.0 (sans le parc KO2) sur les eaux de surface a été caractérisé comme mineur.**

### 9.5.2.Impact cumulatif du projet Lucy 2.0 en tenant compte du parc à résidus KO2

L'objectif de cette partie est d'étudier l'impact cumulatif du projet Lucy 2.0 sur la qualité des eaux de la rivière Kwé Ouest et Kwé principale en intégrant les fuites potentielles à travers la géomembrane du parc à résidus KO2.

Les débits de fuite dépendent du volume d'eau surnageant au-dessus des résidus stockés dans le parc.

Pour ce faire, une étude de sensibilité a été réalisée afin d'identifier l'effet de la lame d'eau surnageante dans le parc KO2, sur la qualité des eaux de la rivière Kwé principale et son affluent ouest. Les volumes d'eau surnageants considérés varient entre 1,6 et 6 Mm<sup>3</sup> ce qui correspond à la gamme de volumes observés durant la période 2012-2020 (Modalités 1, 2, 3, 5, 6 et 7).

En complément, un dysfonctionnement total du système de drains de collecte des eaux de percolation est également simulé (Modalités 4 et 8).

Les caractéristiques des modalités étudiées sont données dans le tableau suivant.

**Tableau 51 : Modalités simulées**

Modalité	Station	Volume d'eau surnageante dans le parc KO2	Système de collecte des eaux de percolation sous la verse
Modalité 1	KOL	1,6 Mm <sup>3</sup>	Présent
Modalité 2		3,1 Mm <sup>3</sup>	
Modalité 3		5 à 6 Mm <sup>3</sup>	
Modalité 4		1,6 Mm <sup>3</sup>	Absent
Modalité 5	KAL	1,6 Mm <sup>3</sup>	Présent
Modalité 6		3,1 Mm <sup>3</sup>	
Modalité 7		5 à 6 Mm <sup>3</sup>	
Modalité 8		1,6 Mm <sup>3</sup>	Absent

Les résultats obtenus ont été comparés par la suite aux seuils écotoxicologiques pour chaque élément.

Les tableaux suivants montrent les fréquences de dépassement des seuils observées dans la station KOL et KAL.

**Tableau 52 : Fréquence des dépassements des seuils au niveau de la station KOL (Verse Lucy 2.0 et parc à résidus KO2)**

Effluent	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique				Dépassement du seuil écotoxicologique aigu			
	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4
V (Mm <sup>3</sup> )	1,6	3,1	5 à 6	1,6	1,6	3,1	5 à 6	1,6
SCEP	Présent	Présent	Présent	Absent	Présent	Présent	Présent	Absent
SO4	20 %	30 %	64 %	40 %	4 %	4 %	8 %	8%
Mg	20 %	34 %	64 %	44%	3 %	4 %	10%	6 %
Mn	24 %	40 %	52 %	32%	4 %	6 %	12 %	0 %
CrIV	4 %	3 %	12 %	3%	0 %			



**Tableau 53 : Fréquence des dépassements des seuils au niveau de la station KAL (Verse Lucy 2.0 et parc à résidus KO2)**

Effluents	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique				Dépassement du seuil écotoxicologique aigu			
	Modalité 5	Modalité 6	Modalité 7	Modalité 8	Modalité 5	Modalité 6	Modalité 7	Modalité 8
<b>V</b> <b>(Mm<sup>3</sup>)<sup>12</sup></b>	1,6	3,1	5 à 6	1,6	1,6	3,1	5 à 6	1,6
<b>SCEP<sup>13</sup></b>	Présent	Présent	Présent	Absent	Présent	Présent	Présent	Absent
<b>SO4</b>	0 %	0 %	4 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Mg</b>	0 %	0 %	4 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Mn</b>	0 %	0 %	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>CrIV</b>	0 %							

Ainsi, les résultats obtenus à l'aide du modèle de dilution montrent que :

- En intégrant le parc à résidus KO2, les fréquences de dépassement du SO4, le Mg et le Mn au niveau de la station KOL ont augmenté d'environ 20% pour un volume du surnageant de 1,6 Mm<sup>3</sup>, de 30% pour un volume du surnageant de 3,1 Mm<sup>3</sup> et de 60% pour un volume du surnageant de 5 à 6 Mm<sup>3</sup>.
- Les degrés de contamination sont atténués au niveau de la station KAL par comparaison à la station de KOL ;
- Au niveau de la station de référence KAL, de rares dépassements des seuils de toxicité chronique seront possibles pour le sulfate, le magnésium et le manganèse. Ces dépassements pourront survenir moins de 14 jours par an et ce, uniquement en période d'été.

En tenant compte des mesures d'atténuations proposées au paragraphe 8.4.3 et en considérant le plan d'action de PRNC pour garantir des conditions d'exploitation satisfaisantes et notamment en ce qui concerne une vidange pérenne du surnageant de l'aire de stockage de résidus de manière à maintenir un niveau d'effluent liquide acceptable dans le bassin de décantation de façon pérenne, l'évaluation des impacts cumulatifs du projet Lucy (avec Parc KO2) est présentée dans le tableau suivant :

<sup>12</sup> SCEP = système de drains de collecte des eaux de percolation

<sup>13</sup> V = Volume d'eau surnageante dans le parc KO2

**Tableau 54: Evaluation des impacts cumulatifs résiduels sur les eaux de surface en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0 (avec parc à résidus KO2)**

Impact	Type d'impact	Critères d'évaluation de la composante		Critère d'évaluation de l'impact			Importance de l'impact
	Direct/Indirect	Enjeu/Valeur	Degré de perturbation	Intensité	Etendue	Durée	
Contamination des eaux de surface par la verse Lucy 2.0 et le parc à résidus KO2	Indirect	Moyen	Moyenne	Moyenne	Ponctuelle	Longue	Modérée

L'impact cumulatif résiduel de la verse Lucy 2.0 et du parc à résidus KO2 sur les eaux de surface a été caractérisé comme modéré.

## 9.6. Comparaison de la performance des projets Lucy 1.0 et Lucy 2.0

Le modèle de dilution relatif au projet Lucy 1.0 a été réalisé uniquement pour les sulfates. Les données de base utilisées dans le modèle sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 55 : Paramètres utilisés du modèle Lucy 1.0**

Paramètres	Superficie (ha)	Débit de percolation (mm/an)	Débit de percolation (m³/jour)	Concentration en sulfate (g/l)
Débit de fuite, au travers de la géomembrane, d'eau de constitution du résidu humide et d'eau de percolation dans le résidu asséché	129	4	15	14,16
Débit de percolation au travers du résidu asséché en amont du barrage (hors zone avec géomembrane)	42	66	76	1,7
Débit de percolation au travers du résidu asséché en aval du barrage	57,45	66	104	1,7
Débit de fuite sous les bassins d'eau de contact	16,7	120	55	1,7

La concentration en SO4 utilisée dans le modèle de Lucy 1.0 est **1.7 g/l**. La concentration en SO4 utilisée dans le cadre du projet Lucy 2.0 est **9.9 g/l**.

De même, il est à noter que le système de collecte des eaux de percolation n'a pas été considéré dans le modèle du projet Lucy 1.0.

Ainsi, afin de pouvoir comparer les deux projets Lucy 1.0 et 2.0 dans les mêmes ordres de grandeur, le modèle de dilution du projet Lucy 1.0 a été actualisé en tenant compte des nouvelles concentrations en SO4 des eaux de percolation et des eaux de contact.

Une comparaison des seuils de dépassement est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 56 : Comparaison des fréquences des dépassement des seuils au niveau de la station KOL**

Effluent	Dépassement du seuil écotoxicologique chronique			Dépassement du seuil écotoxicologique aigu		
	Lucy 2.0 Modalité 1	Lucy 2.0 Modalité 4	Lucy 1.0	Lucy 2.0 Modalité 1	Lucy 2.0 Modalité 4	Lucy 1.0
V (Mm <sup>3</sup> )	1,6	1,6	Barrage fermé	1,6	1,6	Barrage fermé
Système de collecte des eaux de percolation	Présent	Absent	Absent	Présent	Absent	Absent
SO4	20 %	40 %	21 %	4 %	8%	4,5 %

Il en ressort de cette comparaison que la performance environnementale du projet Lucy 2.0 pourrait être équivalente au projet Lucy 1.0.

Cette performance ne peut être atteinte que si les mesures d'atténuation présentées au chapitre 8.4.3 sont effectivement mis en œuvre.

La performance environnementale du projet Lucy 2.0 pourrait être significativement améliorée en maintenant un volume d'eau surnageante inférieur à 1,6 Mm<sup>3</sup>.

Les modifications du projet Lucy faisant l'objet de ce dossier, à savoir l'augmentation de la capacité de stockage des résidus asséchés en aval du barrage KO2 et le maintien du barrage en fonctionnement durant la durée de vie de la verse Lucy, ne présentent aucun impact supplémentaire par rapport au projet Lucy 1.0.

## 9.7. Résumé et conclusion

Les principaux impacts identifiés en phase d'exploitation de la verse Lucy 2.0 sur les eaux souterraines et les eaux de surface sont les suivants :

- La contamination des eaux souterraines par les eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0 ;
- La contamination des eaux souterraines par les eaux de contact issues des fuites à travers le système d'étanchéité des bassins ;
- La contamination des eaux de surface par les eaux de contact en cas de débordement du bassin central ;
- La contamination des eaux de surface par les eaux de percolation issues de la verse Lucy 2.0 ;
- La contamination des eaux de surface par les eaux de contact issues des fuites à travers le système d'étanchéité des bassins.

### **Les justifications hydrologiques et hydrogéologiques couplées à l'étude de d'impact ont montré que :**

- Les impacts résiduels identifiés sont mineurs ;
- L'impact cumulatif résiduel de la verse Lucy 2.0 (sans le parc KO2) sur les eaux de surface a été caractérisé comme mineur ;
- L'impact cumulatif résiduel de la verse Lucy 2.0 et du parc à résidus KO2 sur les eaux de surface a été caractérisé comme modéré ;
- La performance environnementale du projet Lucy 2.0 est équivalente au projet Lucy 1.0 ;

- 
- Les modifications du projet Lucy faisant l'objet de ce dossier, à savoir l'augmentation de la capacité de stockage des résidus asséchés en aval du barrage KO2 et le maintien du barrage en fonctionnement durant la durée de vie de la verse Lucy, ne présentent aucun impact supplémentaire par rapport au projet Lucy 1.0.



# 10 Analyse des dangers du projet

## 10.1. Introduction

L'étude de dangers du parc à résidus KO2 a été réalisée et actualisée à plusieurs reprises.

La première étude de dangers a été réalisée en 2007. Une seconde étude de dangers a été réalisée en 2014 par Artelia. Cette étude de dangers a ensuite été actualisée par Golder en 2020. Dans le cadre du projet Lucy, une étude de dangers a été réalisée en 2022 par Mecater. Cette étude de dangers couvre à la fois le parc à résidus KO2 et la verse Lucy.

Le barrage KO2 est classé en fonction de ses caractéristiques dimensionnelles en barrage de classe A, suivant le classement des barrages défini par le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques, modifiant le décret 2007-1735 du 11 décembre 2007.

Toute modification substantielle apportée sur le barrage KO2 est donc soumise à l'avis du Comité Technique Permanent des Barrages et Ouvrages Hydrauliques (CTPBOH), conformément à l'article R214-120-1 du code de l'environnement.

Dans le cadre du projet Lucy 2.0, les travaux de modifications substantielles apportées sur le barrage KO2 concernent la réalisation de la verse Lucy, permettant le stockage des résidus asséchés contre le talus aval ainsi que le confortement du barrage KO2.

La construction de la verse Lucy a été autorisée par l'arrêté provincial n°3690-2017/ARR/DIMENC du 29/11/2017, émis par la Province Sud de la Nouvelle Calédonie. Cet arrêté autorise la construction de la verse sous la rubrique 2760 de la nomenclature ICPE : Installation de stockage de déchets non dangereux et non inertes.

Dans le cadre de la demande d'autorisation d'exploiter des installations classées ICPE pour le projet Lucy 1.0, une étude de dangers a été réalisée dans le but de préciser les risques d'installations internes et externes du projet Lucy (usine d'assèchement et parc à résidus) qui peuvent affectés directement ou indirectement la vie humaine et l'environnement en cas d'accident, et évaluer leurs causes internes et externes.

Cette étude a porté exclusivement sur les risques déclenchés par les installations d'assèchement des résidus humides et du stockage des résidus asséchés. Elle a été réalisée sans tenir compte des scénarios liés au stockage de résidus humides pendant la phase de transition.

L'étude en Lucy 1.0 a considéré que les modalités de construction et d'exploitation du projet Lucy ne génèrent pas de risques supplémentaires pour le parc à résidus KO2, ni même d'évènements initiateurs supplémentaires susceptibles de modifier les probabilités d'occurrence des scénarios accidentels identifiés dans l'étude de dangers du parc à résidus humides KO2.

Aujourd'hui, dans le cadre du projet Lucy 2.0, le parc à résidus KO2 reste opérationnel pendant la durée de vie de la verse Lucy 2.0.

Il est donc important d'actualiser l'étude de dangers du parc à résidus KO2 en tenant compte de la construction de la verse Lucy 2.0.

Il est présenté dans ce rapport un récapitulatif de l'analyse des risques réalisée dans le cadre de la dernière étude de dangers du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy (MC-21-301-PRNC-01-R513-O2) [32].

## 10.2. Phasage considéré dans l'analyse des risques

L'analyse des risques concerne le parc à résidus KO2 et la verse Lucy, en tenant compte des phases suivantes :

- Phase des travaux préparatoires : analyse des risques du parc à résidus KO2 à l'état actuel (avant confortement) ;
- Phase de confortement : analyse des risques du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy à la fin de la phase 7 de construction ;
- Phase finale : analyse des risques du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy en phase finale de construction ;
- Phase de fermeture : analyse des risques du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy après fermeture et réhabilitation des deux ouvrages.

## 10.3. Méthodologie adoptée pour l'analyse des risques

### 10.3.1. Etapes de l'analyse des risques

L'analyse des risques est menée en cinq étapes :

- 1- Identification des potentiels de dangers : Il s'agit de l'identification des potentiels de dangers liés au parc à résidus et à la verse Lucy. Le but est d'identifier les événements redoutés potentiels qui seront étudiés lors de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) ;
- 2- Modélisation des phénomènes dangereux : Une étude de propagation des résidus et/ou du surnageant est fournie pour les scénarios de rupture du barrage KO2 et de la verse. L'étendue des zones submergées fait l'objet d'une représentation cartographique à une échelle adaptée pour chacun des accidents étudiés. Les principales caractéristiques des phénomènes utiles à l'analyse sont : l'emprise, la hauteur de submersion, la cinétique (temps d'arrivée et vitesse).
- 3- L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) : L'analyse préliminaire des risques dresse un inventaire le plus exhaustif possible des modes de défaillance de l'ouvrage et de ses organes de sécurité pour toutes les conditions d'exploitation et pour toutes les phases de construction afin d'identifier les **Evènements Redoutés Centraux (ERC)** qui feront l'objet d'une Analyse Détaillée des Risques (ADR).

L'**Evènement Redouté Central (ERC)** est l'événement qui sera à l'origine de la libération des éléments potentiellement dangereux produisant des phénomènes impactant pour les humains et l'environnement. Les ERC traduisent généralement une perte d'intégrité d'un équipement ou un ouvrage, pouvant avoir des conséquences sur le milieu naturel, sur le plan humain ou encore sur les objectifs de production.

Les différentes étapes pour la conduite de l'APR sont les suivantes :

- L'identification des modes de défaillance de chaque élément de l'ouvrage, dans différentes conditions données, et des événements initiateurs associés. Cette identification s'appuie sur l'analyse fonctionnelle des ouvrages ;
- La description des conséquences directes et indirectes des défaillances. Les modes de défaillance ayant des conséquences directes sont retenus en tant qu'Evènement Redouté central (ERC). Les modes de

- défaillance ayant des conséquences indirectes seront retenus en tant qu'évènement initiateur d'un évènement redouté central ;
- L'évaluation du risque humain et environnemental « brut » (sans inclure la décote des Mesures de Maîtrise des Risques existantes, « MMR ») ;
  - L'évaluation du risque humain et environnemental « résiduel » (en incluant la décote des MMR existantes). Cette évaluation va permettre de sélectionner les scénarios et les ERC retenus dans l'ADR : ceux se situant dans une zone de risque résiduel environnemental et/ou humain « intermédiaire » ou « inacceptable ».
- 4- Analyse Détaillée des Risques (ADR) : L'Analyse Détaillée des Risques (ADR) poursuit et complète l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) pour les scénarios sélectionnés à l'étape de l'APR. L'ADR consiste à établir les arbres de défaillances pour ces scénarios. Une représentation synthétique de ces arbres est réalisée par la méthode du nœud papillon. **Un nœud papillon regroupe sur un même graphique les différents scénarios qui comprennent un même ERC.** Un scénario donné peut être lu à partir du logigramme en nœud papillon en suivant une branche unique depuis la partie gauche du graphique (arbre de défaillances) jusqu'à son extrémité droite (arbre d'évènements).

Le schéma suivant illustre les principales notions techniques :

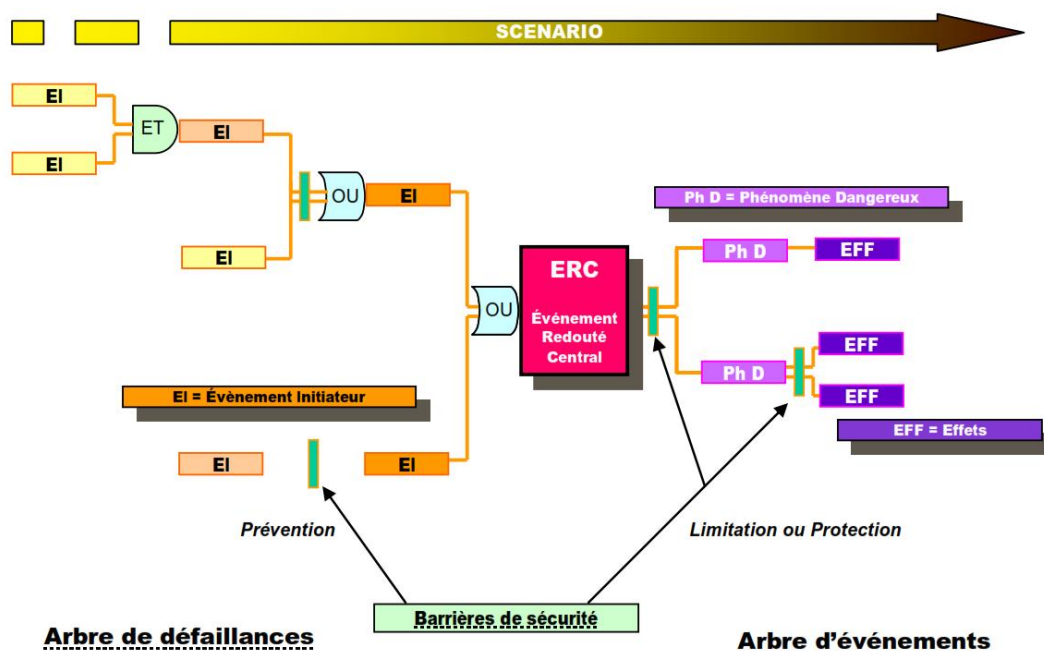


Figure 71 : Nœud papillon

- 5- Une synthèse avec classement des scénarios retenus en ADR en fonction de leur probabilité d'occurrence et de leurs conséquences sera enfin réalisée.

### 10.3.2. Mesures de Maitrises des Risques (MMR)

Les MMR, également appelées « barrières » dans l'arrêté du 3 septembre 2018, désignent les éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité.

Une MMR peut être classées en 2 catégories distinctes, selon le rapport d'étude Oméga 20 d'INERIS :

- ➔ MMR ou barrière de « vérification » : Ce type de MMR vise à réduire la probabilité du risque (soupape, ronde, surveillance, etc.). Ces barrières sont présentes dans l'arbre des causes des nœuds papillons c'est-à-dire en amont de l'événement redouté (fuite, crue extrême, etc.) ;
- ➔ MMR ou barrière de « rattrapage » : Ce type de MMR vise à réduire la gravité du scénario et lutter contre les sur-accidents (Arrêt d'urgence, moyens de lutte contre l'incendie, etc.). Ces barrières sont placées en aval de l'événement redouté dans les nœuds papillons (exemple : détection gaz et fermeture automatique d'une vanne)

**Tableau 57 : Tableau de référence des MMR existantes, de leur fonction et de leur décote**

N°	Description	Fonction	Décote de la		
			Probabilité	Gravité environ.	Gravité humaines
MMRT et MMRI (Mesures de Maitrise des Risques Techniques et Instrumentées) :					
1	Ensemble des équipements d'auscultation du parc à résidus et TARP	Permet d'alerter en amont du scénario afin de mettre les actions prévues dans le TARP (Trigger Action Response Plan) en place pour contrôler la situation dangereuse et éviter le scénario, ou d'alerter la population et le personnel afin d'évacuer la zone. Cet ensemble comprend les CPI, les repères de tassements, les plots topographiques, les inclinomètres/extensomètres, les suivis bathymétriques, des débits, des MES, des conductivités et des géophones (vibrations en cas de tir à proximité du barrage).	-1	0	0
2	Logiciel PI process book	Permet de suivre le process de traitement (paramètres pH, Q entrant, Q sortant, pourcentage solide, consommation d'acide...) des résidus et mettre en place des actions correctives en cas d'anomalie (exemple : arrêt de l'usine en cas de perte de contrôle)	-1	0	0
3	Contrôle PCS (process control system) et automatisation de la séquence de pompage, Logiciel PI	En cas de défaillance, des alertes sont visibles sur le contrôle PCS et des messages d'alerte sont envoyés sur les portables des personnes responsables. Le suivi du pompage est visible directement sur le logiciel PI process book	-1	0	0
4	BAT (Best Available Techniques) 2018 sur la gestion des déchets miniers	Conformément aux BAT (Best Available Techniques) 2018 sur la gestion des déchets miniers : Maintien du système de monitoring et de son suivi en place durant l'exploitation et adaptation au type de plan de fermeture, et pour une durée dépendant des enjeux humains et environnementaux et du risque résiduel	-1	0	-1
5	Evacuateur de crues	Conception pour évacuer une crue Q1 000 000 et ainsi conserver les conditions de stabilité de l'ouvrage	-1	0	0
6	1 pompe de secours et 1 groupe électrogène de	Maintenir un débit de pompage en cas de défaillance d'une ou plusieurs pompes	-1	0	0

N°	Description	Fonction	Décote de la		
			Probabilité	Gravité environ.	Gravité humaines
	secours installés au niveau du puits aval de pompage				
7	2 pompes de secours installées au niveau de la barge de pompage	Maintenir un débit de pompage en cas de défaillance d'une ou plusieurs pompes	-1	0	0
8	Enrochement au niveau de l'exutoire du drain 206 sud	Eviter l'érosion du pied aval du barrage au niveau de l'exutoire du drain horizontal sud de sous-banquette	0	0	0
9	Ensemble des équipements d'auscultation du projet Lucy et TARP	Permet d'alerter en amont du scénario afin de mettre les actions prévues dans le TARP (Trigger Action Response) en place pour contrôler la situation dangereuse et éviter le scénario, ou d'alerter la population et le personnel afin d'évacuer la zone. Cet ensemble comprend les CPI, les repères de tassements, les plots topographiques, les inclinomètres /extensomètres, le suivi des débits, des MES, des conductivités	-1	0	0
10	Evacuateur de crues provisoire du bassin des eaux de contact Nord	Conception pour évacuer la crue Q1000 ans, et ainsi éviter le débordement du bassin nord et des conditions de stabilité de l'ouvrage.	-1	0	0
11	Evacuateur de crues définitif du bassin des eaux de contact central	Conception pour évacuer la crue Q1000 ans, et ainsi éviter le débordement du bassin nord et des conditions de stabilité de l'ouvrage.	-1	0	0
12	Deuxième géomembrane à la base des bassins des eaux de contact	Le système d'étanchéité des bassins est constitué d'une double géomembrane entre lesquelles est intercalée une couche de géocomposite de drainage.	-1	0	0
13	Système de détection des fuites des bassins	Le système de détection de fuites est connecté à la couche de géocomposite de drainage et constitué par des drains en enrochements pourvus d'une conduite crépinée et qui déboucheront dans des puisards. Les eaux collectées seront renvoyées vers les bassins des eaux de contact.	0	-1	0
14	Vanne au niveau des bassins des eaux de contact Nord et Sud	Le transfert des eaux de contact des bassins nord et sud vers le bassin central se fait gravitairement. Deux vannes de contrôle sont installées entre les bassins nord et sud et le bassin central. Ces vannes permettront de réguler le transfert des eaux vers le bassin central.	-1	0	0



N°	Description	Fonction	Décote de la		
			Probabilité	Gravité environ.	Gravité humaines
15	Pompes de secours au niveau des bassins des eaux de contact Nord et central	Maintenir un débit de pompage en cas de défaillance d'une ou plusieurs pompes	-1	0	0
<b>MMRH (Mesures de Maitrise des Risques Humaines/ organisationnelles) :</b>					
16	Inspections journalière et maintenance	Les inspections et maintenance permettent d'éviter la défaillance d'un élément d'ouvrage et l'occurrence d'un scénario provoqué par un El spécifique	-1	0	0
17	Inspections hebdomadaire et maintenance		-1	0	0
18	Inspection et entretien des conduites de drainage sous la géomembrane par purge et par curage	Les inspections et entretiens des conduites permettent d'éviter le colmatage, la perte de fonction du système de drainage et l'impossibilité de réaliser l'inspection les conduites. Procédure de purge : « PRO-14001-LUCY »), Procédure de curage : Pas de procédure car méthode récemment mise en place, Vidéo inspection réalisées 1 fois tous les 2 ans.	-1	0	0
19	PAU, POI, Dispositif ORSEC aménagement hydraulique	Réduire la gravité des conséquences humaines par évacuation de la zone d'onde de submersion. Pour cela sont mis en place : des panneaux d'information aux limites d'entrée de la zone de submersion et 8 sirènes d'alerte à la population.	0	0	-1
20	Inspection post-séisme dans les 24h puis 2 semaines après	Permet de constater d'éventuelles anomalies suite à un séisme et mettre en place des actions correctives/ travaux de remise en état.	0	0	0
21	Inspection spéciale	Permet de constater d'éventuelle anomalie suite à un incident et mettre en place des actions correctives/ travaux de remise en état.	0	0	0
22	BAT (Best Available Techniques) 2018 sur la gestion des déchets miniers	Conformément aux BAT (Best Available Techniques) 2018 sur la gestion des déchets miniers : Maintien du système organisationnel en cas d'accident en place durant l'exploitation et adaptation au plan de fermeture, et pour une durée dépendant des enjeux humains et environnementaux et du risque résiduel (POI maintenu).	-1	0	-1

### 10.3.3. Evaluation de la probabilité d'occurrence d'un scénario

La probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et des accidents potentiels est évaluée à l'aide de l'échelle réglementaire définie par l'arrêté du 29 septembre 2005. Elle est présentée au tableau suivant :

**Tableau 58 : Echelle de probabilité (arrêté du 29 septembre 2005)**

Classes de probabilité	E	D	C	B	A
Qualitative	Événement possible mais extrêmement peu probable	Événement très improbable	Événement improbable	Événement probable	Événement courant
	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	S'est déjà produit et/ou peut se reproduire pendant la durée de vie de l'installation	S'est produit sur site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctrices
Semi quantitative	Echelle intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative permettant de prendre en compte les mesures de maîtrise des risques mises en place				
Quantitative (par unité et par an)	$P < 10^{-5}$	$10^{-5} \leq P < 10^{-4}$	$10^{-4} \leq P < 10^{-3}$	$10^{-3} \leq P < 10^{-2}$	$P \geq 10^{-2}$

Il est à noter que la méthode qualitative est appliquée dans le cadre de la phase d'analyse préliminaire des risques.

#### 10.3.4. Evaluation de la gravité des conséquences humaines et environnementales d'un scénario

Le niveau de gravité d'un accident est directement fonction des conséquences qu'il engendre. Dans le cas du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy, ces conséquences peuvent être principalement humaines ou environnementales.

##### - Conséquences humaines

La grille d'évaluation de la gravité des conséquences humaines réglementaire adaptée aux ICPE (arrêté du 29/09/2005) n'étant pas utilisable en l'état pour les scénarios du parc à résidus et de la verse, elle a été adaptée en tenant compte des pratiques internationales, notamment la norme industrielle mondiale pour la gestion des résidus miniers (2020) qui s'est fixée pour objectif final de n'engendrer aucun préjudice pour les personnes et l'environnement, avec aucune tolérance pour la perte de vies humaines.

Cette grille adaptée a été jugée plus représentative des conséquences liées à un accident survenant sur le barrage et sur la future verse Lucy et a été validée avec PRNC.

La grille utilisée pour l'évaluation de la gravité des conséquences humaines est présentée dans le tableau suivant.

**Tableau 59 : Grille d'évaluation du niveau de gravité des conséquences humaines utilisé dans l'étude de dangers**

Niveau de gravité	Commentaire
<b>5 – Désastreux</b>	Plusieurs morts
<b>4 – Catastrophique</b>	1 mort et/ou plusieurs blessures graves engendrant des incapacités de travail permanentes
<b>3 – Important</b>	Blessures engendrant des arrêts de travail et potentiellement une incapacité
<b>2 – Sérieux</b>	Blessures pouvant engendrer des arrêts de travail mais pas d'incapacité
<b>1 – Modéré</b>	Pas d'impact sur les personnes

- Conséquences environnementales

La grille utilisée pour l'évaluation de la gravité des conséquences environnementales est présentée dans le Tableau 60 ci-dessous. Comme la grille de gravité des conséquences humaines, la grille de gravité des conséquences environnementales est adaptée en tenant compte des pratiques internationales, notamment la norme industrielle mondiale pour la gestion des résidus miniers (2020) et a été validée par PRNC.

**Tableau 60 : Grille d'évaluation du niveau de gravité des conséquences environnementales utilisé dans l'étude de dangers**

Niveau de gravité	Description
<b>5 – Désastreux</b>	Déversement catastrophique entraînant une contamination des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines à <u>l'échelle régionale</u> et nécessitant des travaux majeurs de réhabilitation/dépollution. Suspension ou perte des arrêtés d'autorisation d'exploiter.
<b>4 – Catastrophique</b>	Déversement important entraînant une contamination des sols et des eaux dans une zone protégée. La contamination se répand au-delà du lieu de l'incident, avec des répercussions à <u>l'échelle locale</u> . La réhabilitation demande des investigations et des projets/travaux lourds de réhabilitation/dépollution.
<b>3 – Important</b>	Déversement entraînant une contamination des sols et des eaux. La contamination est contenue à <u>proximité</u> du lieu de l'incident. La réhabilitation demande des investigations et des projets/travaux de réhabilitation/dépollution.
<b>2 – Sérieux</b>	Fuite entraînant une contamination des sols et des eaux. La contamination est contenue <u>au lieu de l'incident</u> . La fuite peut être intégralement gérée par le personnel de l'opération et requiert des travaux minimes de réhabilitation.
<b>1 - Modéré</b>	Fuite en faible quantité, entraînant des actions correctives minimes et immédiates. Impact minime sur l'environnement.

### 10.3.5. Evaluation de la cinétique d'un scénario

La cinétique d'un scénario correspond à la durée nécessaire pour aboutir à l'atteinte des éléments vulnérables par le phénomène de danger, depuis l'événement initiateur à l'apparition de l'événement redouté et la propagation de ses effets. Selon l'arrêté du 29 sept 2005, la cinétique est qualifiée de :

- Lente, si dans le contexte du scénario, le délai permet la mise en place de MMR suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du scénario ;

- Rapide, si au contraire il n'est pas possible de mettre en place des MMR avant que le scénario n'atteigne les personnes à l'extérieur du site.

Cette cinétique est évaluée qualitativement en fonction des moyens mis en place afin d'anticiper la survenue du scénario et du délai de détection des événements initiateurs.

### 10.3.6. Matrice des risques

A partir du niveau de gravité et de la probabilité du scénario déterminé, le scénario est classé dans l'une des zones de la matrice des risques issue de la circulaire du 10 mai 2010 et présentée dans le guide méthodologique de PRNC.

**Tableau 61 : Grille d'évaluation du niveau de gravité des conséquences humaines utilisé dans l'étude de dangers**

Gravité des conséquences		Probabilité d'occurrence des scénarios provoqués par un EI spécifique				
		E	D	C	B	A
		Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable	Courant
Désastreuses	5	MMR Rang 2	NON	NON	NON	NON
Catastrophiques	4	MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON	NON	NON
Importantes	3	MMR Rang 1	MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON	NON
Sérieuses	2			MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON
Modérée	1					MMR Rang 1

La matrice de risque retenue définit trois niveaux de risque :

- **Une zone de risque élevé**, figurée en **rouge** avec le mot « **NON** » : risque inacceptable.
  - **Une zone de risque intermédiaire**, figurée en **jaune** « **MMR Rang 1** » et **orange** « **MMR Rang 2** » (Mesures de Maîtrise des Risques) : Pour qu'un scénario classé dans cette zone soit tolérable, il doit être justifié que les mesures de maîtrise des risques mises en place sont performantes. La gradation des cases " MMR " en " rangs ", correspond à un risque croissant, depuis le rang 1 jusqu'au rang 2. Cette gradation correspond à la priorité que l'on peut accorder à la réduction des risques, en s'attachant d'abord à réduire les risques les plus importants (rangs les plus élevés).
  - **Une zone de risque moindre**, en **vert**, sans mention « **NON** » ou « **MMR** » : risque acceptable.
- Seuls les scénarios classés en zones jaune (« MMR Rang 1 »), orange (« MMR Rang 2 ») et rouge (« NON ») seront concernés par l'ADR. Les scénarios classés en zone verte sont considérés comme acceptables et ne nécessitent pas de MMR supplémentaires et d'ADR.

## 10.4. Identification des potentiels de dangers

Les principaux potentiels de dangers considérés pour le parc à résidus KO2 et la verse Lucy, sont liés :

- À la stabilité et aux mécanismes de rupture susceptibles de se produire ;
- À la nature des résidus stockés et des effluents générés pouvant affecter l'environnement.

Les sources potentielles de dangers identifiées sont listées ci-dessous :

- Le barrage KO2 et la verse sujets à risque de rupture ;
- Les bassins des eaux de contacts sujets à risque de rupture ;
- Les résidus stockés à l'intérieur du parc à résidus et dans la verse ;
- Les eaux de contact stockés dans les bassins des eaux de contact ;
- Les ouvrages de gestion des eaux du parc à résidus et de la verse, sujets à risque de dysfonctionnement ;
- Les conduites de transport des résidus, du surnageant et des eaux de contact, sujets à risque de perte de confinement.

## 10.5. Modélisation de rupture du barrage KO2 et de la verse Lucy

Les ouvrages et les phases concernés qui ont fait l'objet de modélisations sont les suivants :

- Barrage KO2 à l'état actuel (avant la phase de confortement) ;
- Barrage KO2 après la phase de confortement (fin de la phase 7) ;
- Verse Lucy à la fin de phase 7 barrage ;
- Verse Lucy en phase finale et post-fermeture.

Pour chaque ouvrage étudié, une simulation de rupture est réalisée selon chaque mode de rupture identifié.

Les modes de rupture modélisés pour le barrage KO2 sont :

- Rupture par glissement ;
- Rupture par débordement ;
- Rupture par phénomène de piping.

Les modes de rupture modélisées pour la verse Lucy est :

- Rupture par glissement ;
- Rupture par phénomène de piping ;
- Rupture par liquéfaction statique.

Les résultats des modélisations sont présentés en Annexe 10.

## 10.6. Synthèse de l'analyse des risques

### 10.6.1. Analyse préliminaire des risques

L'APR a permis de mettre en évidence les scénarios pouvant avoir des conséquences de gravité modérées à désastreuses sur les personnes ou sur l'environnement lors des différentes phases de construction de la verse Lucy. L'APR est présentée en détail en Annexe 12. Elle est synthétisée dans ce paragraphe.



### 10.6.1.1. Analyse préliminaire des risques pendant la phase des travaux préparatoires (avant stockage des résidus)

L'analyse préliminaire des risques pendant la phase des travaux préparatoires a permis d'étudier les scénarios d'accidents potentiels en relation avec le parc à résidus KO2 en tenant compte de la situation actuelle du site et des travaux préparatoires achevés avant le démarrage de stockage des résidus.

L'analyse des risques a permis de mettre en évidence 13 évènements redoutés, **dont 4 retenus pour l'ADR.**

**Tableau 62 : Evènements redoutés identifiés pendant la phase des travaux préparatoires**

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Rupture du barrage pendant la phase des travaux préparatoires	OUI	Zone de risque inacceptable /intermédiaire.
Phénomène de piping pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable.
Débordement par le barrage pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable.
Débordement incontrôlé de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase des travaux préparatoires	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.
Percolation dans le milieu souterrain pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable
Envol de poussières de résidus pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable
Débordement du puits de pompage aval pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable
Perte de capacité de stockage des résidus et des évènements pluvieux intenses dans le parc à résidus pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable
Perte d'intégrité du système d'étanchéité et rejet par les drains horizontaux de sous-banquette pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable
Débordement d'un ou plusieurs fossés de pied aval du barrage pendant la phase des travaux préparatoires "	NON	Zone de risque acceptable
Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides en zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires	NON	Zone de risque acceptable
Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase préparatoires	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.

Les 4 ERC retenus pour l'ADR sont les suivants :

- ➔ Rupture du barrage pendant la phase des travaux préparatoires ;
- ➔ Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase des travaux préparatoires ;
- ➔ Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires ;
- ➔ Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires.

#### 10.6.1.2. Analyse préliminaire des risques (phase de confortement)

L'analyse préliminaire des risques en phase de confortement a permis d'étudier les scénarios d'accidents possibles en relation avec le parc à résidus KO2 en tenant compte des travaux préparatoires finalisés et des travaux de construction de la verse jusqu'à la phase de confortement, c'est-à-dire jusqu'à la phase 7.

L'analyse des risques a permis de mettre en évidence 26 évènements redoutés, **dont 7 retenus pour l'ADR.**

**Tableau 63 : Evènements redoutés identifiés (phase de confortement)**

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Rupture du barrage (phase de confortement)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Phénomène de piping (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Débordement par le barrage (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Débordement incontrôlé de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue (phase de confortement)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Percolation dans le milieu souterrain (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Envol de poussières de résidus (phase de confortement)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Phénomène de piping dans la verse (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable.
Débordement du puits de pompage aval (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable.
Perte de capacité de stockage des résidus et des évènements pluvieux suite à une perte de contrôle du niveau d'eau dans le parc à résidus (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Perte d'intégrité du système d'étanchéité et rejet par les drains horizontaux de sous-banquette (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides en zone étanchéifiée (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée (phase de confortement)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.
Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase de confortement)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.
Fuite voire rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des eaux du puits de pompage aval vers le bassin de stockage KO2 (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Rupture de la verse (phase de confortement)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.
Ravinement et rejet des résidus et des eaux de contact dans l'environnement (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Difficulté d'accès pendant la période sèche (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Difficulté d'accès pendant la période pluvieuse (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Dégradation des conditions de stabilité de la verse (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Dégradation des conditions de stabilité de la fondation et de la base de la verse (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Débordement des puisards de collecte des eaux de percolation dans la verse (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Rupture du bassin des eaux de contact nord (phase de confortement)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Débordement des eaux de contact par l'évacuateur de crues du bassin Nord (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Phénomène de Piping dans le bassin Nord (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable
Dégradation des conditions de stabilité du bassin Nord (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Fuite voire rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des eaux de contact du bassin nord vers le bassin KO2 (phase de confortement)	NON	Zone de risque acceptable

Les 7 ERC retenus pour l'ADR sont les suivants :

- ➔ Rupture du barrage (phase de confortement) ;
- ➔ Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues (phase de confortement) ;
- ➔ Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée (phase de confortement) ;
- ➔ Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase de confortement) ;
- ➔ Rupture de la verse (phase de confortement) ;
- ➔ Envol de poussières de résidus (phase de confortement) ;
- ➔ Rupture du bassin des eaux de contact Nord (phase de confortement).

### 10.6.1.3. Analyse préliminaire des risques (phase finale de la verse Lucy)

L'analyse préliminaire des risques en phase de finale a permis d'étudier les scénarios d'accidents possibles en relation la verse Lucy et ses ouvrages associés ainsi que les scénarios d'accidents encore possibles du parc à résidus après la construction de la verse à la cote finale.

Le scénario, rupture du barrage n'est plus d'actualité car le barrage KO2 sera complètement confiné par la verse. L'analyse des risques a permis de mettre en évidence 25 évènements redoutés, **dont 6 retenus en ADR**.

**Tableau 64 : Evènements redoutés identifiés pendant la phase finale**

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Phénomène de piping pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Rejet incontrôlé des résidus humides et du surnageant dans l'environnement (par débordement du barrage) pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Débordement incontrôlé de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase finale	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.
Percolation dans le milieu souterrain pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Envol de poussières de résidus pendant la phase finale	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Débordement du puits de pompage aval pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Perte de capacité de stockage des résidus et des évènements pluvieux intenses dans le parc à résidus pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Perte d'intégrité du système d'étanchéité et rejet par les drains horizontaux de sous-banquette pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides en zone étanchéifiée pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase finale	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase finale	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Fuite voire rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des eaux du puits de pompage aval vers le bassin de stockage KO2 pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Rupture de la verse pendant la phase finale	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire
Ravinement et rejet des résidus asséchés et des eaux de contact dans l'environnement pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Difficulté d'accès pendant la période sèche pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Difficulté d'accès pendant la période pluvieuse pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Dégradation des conditions de stabilité de la verse pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable.
Dégradation des conditions de stabilité de la fondation et de la base de la verse pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Débordement des puisards de collecte des eaux de percolation pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Rupture d'un bassin des eaux de contact pendant la phase finale	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire



Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Débordement incontrôlé des eaux de contact par l'évacuateur de crues du bassin central pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Fuite voire rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des eaux de contact du bassin central vers le bassin KO2 pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Phénomène de Piping dans les bassins pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Dégradation des conditions de stabilité d'un bassin pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable
Erosion de la descente d'eau N°09 et de l'appuis sud de la verse pendant la phase finale	NON	Zone de risque acceptable

Les 6 ERC retenus pour l'ADR sont les suivants :

- ➔ Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues (phase finale) ;
- ➔ Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée (phase finale) ;
- ➔ Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase finale) ;
- ➔ Rupture de la verse (phase finale) ;
- ➔ Envol de poussières de résidus (phase finale) ;
- ➔ Rupture du bassin des eaux de contact Nord (phase finale) .

#### 10.6.1.4. Analyse préliminaire des risques après la phase de réhabilitation et de fermeture

L'analyse préliminaire des risques pendant la phase de réhabilitation de la fermeture du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy a permis d'étudier les scénarios d'accidents encore possibles après la phase de réhabilitation et de fermeture.

L'analyse des risques a permis de mettre en évidence 8 évènements redoutés, **dont 1 retenu en ADR**.

**Tableau 65 : Evènements redoutés identifiés pendant la phase de fermeture**

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Phénomène de piping (phase de fermeture)	NON	Zone de risque acceptable
Percolation dans le milieu souterrain (phase de fermeture)	NON	Zone de risque acceptable
Débordement du puits de pompage aval (phase de fermeture )	NON	Zone de risque acceptable
Perte d'intégrité du système d'étanchéité et rejet par les drains horizontaux de sous-banquette (phase de fermeture)	NON	Zone de risque acceptable

Evènement redouté	Retenu en ADR	Commentaires
Rupture de la verse (phase de fermeture)	OUI	Zone de risque inacceptable/intermédiaire.
Ravinement et rejet des résidus asséchés et des eaux de contact dans l'environnement (phase de fermeture)	NON	Zone de risque acceptable
Dégradation des conditions de stabilité de la fondation et de la base de la verse (phase de fermeture)	NON	Zone de risque acceptable
Débordement des puisards de collecte des eaux d'infiltration (phase de fermeture)	NON	Zone de risque acceptable

L' ERC retenu pour l'ADR est le suivant :

➔ Rupture de la verse après la phase de fermeture.

## 10.6.2. Analyse détaillée des risques

L'ADR a été réalisée en se basant sur la méthode de Nœud papillon.

Un nœud papillon regroupe sur un même graphique les différents scénarios d'accidents qui comprennent un même ERC. La représentation des ERC et des différents scénarios est présentée en Annexe 11.

**Les 18 scénarios** d'accident ayant fait l'objet d'une ADR sont présentés dans le tableau ci-dessous. Leurs zones de risque résiduel humain et environnemental, suite à la réduction des risques par les moyens de maîtrise des risques existantes (MMR), sont également indiqués. Les scénarios sont classés en fonction de leur criticité, le scénario n°1 étant le plus critique.

**Tableau 66 : Tableau de synthèse des scénarios de l'ADR**

N°	Scénario	Zone de risque env.	Zone de risque humain
1	Rupture du barrage pendant la phase des travaux préparatoires	5D	4D
2	Rupture du barrage (phase de confortement)	5E	4E
3	Débordement incontrôlé de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase des travaux préparatoires*	3D	3D
4	Rupture de la verse (phase finale)	4E	4E
5	Rupture de la verse (phase de confortement)	4E	4E
6	Rupture du bassin des eaux de contact nord (phase de confortement)	4E	4E
7	Rupture d'un bassin des eaux de contact (phase finale)	4E	4E
8	Rupture de la verse (phase de fermeture)	4E	4E
9	Fuite voire rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires	3E	3E
10	Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase préparatoires	3E	3E
11	Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue du parc à résidu humide (phase de confortement)*	3E	3E
12	Fuite voire rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée (phase de confortement)	3E	3E
13	Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase de confortement)	3E	3E
14	Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue du parc à résidu humide (phase finale)	3E	3E
15	Fuite voire rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée (phase finale)	3E	3E
16	Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase finale)	3E	3E
17	Envol de poussières de résidus (phase de confortement)**	2C	1C
18	Envol de poussières de résidus (phase finale)**	2C	1C

Parmi les événements initiateurs conduisant à un débordement incontrôlé de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue, nous avons identifié l'évènement suivant : effondrement local de talus et création d'une vague suite à une défaillance du système de drainage des résurgences sous les banquettes (drain 206 S et drain 220N). La différence de cotation de la probabilité entre les scénarios 3 (D) et 11 (E) est justifiée par la mise en place d'un système de suivi de la qualité des eaux des drains 206 sud et 220 nord dans le cadre des travaux de construction de la verse Lucy 2.0 Ce système fait partie de la MMR n°9 qui décote la probabilité de 1 (phase de confortement/phase finale) (voir APR présentée en Annexe 12)

\*\* La cotation de la probabilité brute est B. L'inspection du dépôt de résidus et sa protection par arrosage permet de maintenir les résidus humides en cas de vents violents (MMR 16). La MMR 16 décote la probabilité de 1 (voir APR présentée en Annexe 12).

## 10.6.3. Etude de réduction des risques

### 10.6.3.1. Risque humain

Le positionnement des scénarios sur la matrice des risques humains est représenté ci-dessous.

**Tableau 67 : Positionnement des 18 scénarios de l'ADR sur la matrice des risques humains**

Gravité des conséquences		Probabilité d'occurrence des scénarios provoqué par un EI spécifique				
		E	D	C	B	A
		Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable	Courant
Désastreuses	5					
Catastrophiques	4	2,4, 5,6,7 et 8	1			
Importantes	3	9,10,11,12,13, 14,15 et 16	3			
Sérieuses	2					
Modérée	1			17 et 18		

Les scénarios 17 et 18 présentent des risques humains classés en zone de risque « verte », c'est-à-dire des risques dit « moindres », il s'agit des scénarios suivants :

17 Envol de poussières de résidus (phase de confortement)

18 Envol de poussières de résidus pendant la phase finale

Le risque humain lié à ces scénarios est jugé acceptable et ne nécessite pas des mesures supplémentaires.

Les 15 scénarios suivants présentent des risques humains classés en zone de risque « jaune », c'est-à-dire des risques dit « intermédiaires » :

- 2 Rupture du barrage (phase de confortement)
- 3 Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase des travaux préparatoires
- 4 Rupture de la verse pendant la phase finale
- 5 Rupture de la verse (phase de confortement)
- 6 Rupture du bassin des eaux de contact nord (phase de confortement)
- 7 Rupture d'un bassin des eaux de contact pendant la phase finale
- 8 Rupture de la verse pendant la phase de fermeture de la verse
- 9 Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires
- 10 Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase préparatoires
- 11 Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue (phase de confortement)
- 12 Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée (phase de confortement)
- 13 Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase de confortement)
- 14 Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue pendant la phase finale

- 15 Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase finale
- 16 Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase finale

Le scénario 1 : Rupture du barrage pendant la phase des travaux préparatoires présente des risques humains classés en zone de risque « Orange »,

Compte tenu des MMR existantes en termes de mesures techniques et instrumentés (« MMRI ») et de mesures humaines et organisationnelles (« MMRH ») mises en œuvre afin de gérer les risques humains liés à ces scénarios, ces risques sont jugés **tolérables**.

### 10.6.3.2. Risque environnemental

Le positionnement des scénarios sur la matrice des risques environnementaux est représenté ci-dessous :

**Tableau 68 : Positionnement des 18 scénarios de l'ADR sur la matrice des risques environnementaux**

Gravité des conséquences		Probabilité d'occurrence des scénarios provoqué par un EI spécifique				
		E	D	C	B	A
		Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable	Courant
Désastreuses	5	2	1			
Catastrophiques	4	4,5,6,7 et 8				
Importantes	3	9,10,11,12,13, 14,15 et 16	3			
Sérieuses	2			17,18		
Modérée	1					

16 scénarios présentent des risques environnementaux classés en zone de risque « jaune », c'est-à-dire des risques dit « intermédiaires » :

- 2 Rupture du barrage (phase de confortement)
- 3 Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase des travaux préparatoires
- 4 Rupture de la verse pendant la phase finale
- 5 Rupture de la verse (phase de confortement)
- 6 Rupture du bassin des eaux de contact nord (phase de confortement)
- 7 Rupture d'un bassin des eaux de contact pendant la phase finale
- 8 Rupture de la verse pendant la phase de fermeture de la verse
- 9 Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires
- 10 Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase préparatoires
- 11 Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues (phase de confortement)
- 12 Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase de confortement
- 13 Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase de confortement)
- 14 Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue pendant la phase finale



- 15 Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase finale
- 16 Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase finale
- 17 Envol de poussières de résidus (phase de confortement)
- 18 Envol de poussières de résidus pendant la phase finale

Compte tenu des MMR existantes en termes de mesures techniques et instrumentés (« MMRI ») et de mesures humaines et organisationnelles (« MMRH ») mises en œuvre, ces risques sont jugés tolérables.

Le scénario 1, qui présente des risques environnementaux classés en zone rouge, jugés inacceptables, concerne l'accident de rupture du barrage pendant la phase des travaux préparatoires ayant une durée de 2 ans. Une fois le barrage conforté (scénario 2), le risque de rupture du barrage diminue puis s'annule une fois la verse finalisée. Toutefois, l'occurrence du phénomène redouté conduisant à la rupture du barrage est extrêmement faible (1/10 000 ans) comparé à la durée de confortement qui est limitée à 2 ans.

## 10.7. Résumé et conclusion

Cette analyse de dangers est une actualisation de l'étude de dangers du parc à résidus KO2 tout en tenant compte de la construction de la verse Lucy 2.0 durant les phases suivantes :

- Phase des travaux préparatoires : analyse des risques du parc à résidus KO2 à l'état actuel (avant confortement) ;
- Phase de confortement : analyse des risques du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy à la fin de la phase 7 de construction ;
- Phase finale : analyse des risques du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy en phase finale de construction ;
- Phase de fermeture : analyse des risques du parc à résidus KO2 et de la verse Lucy après fermeture et réhabilitation des deux ouvrages.

Elle est réalisée selon les étapes suivantes :

- Identification des potentiels de dangers ;
- Modélisation des phénomènes dangereux ;
- L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) ;
- Analyse Détaillée des Risques (ADR) ;
- Une synthèse avec classement des scénarios retenus en ADR en fonction de leur probabilité d'occurrence et de leurs conséquences sera enfin réalisée.

A l'issu de l'étude de dangers, les scénarios ayant **un risque humain intermédiaire** sont les suivants :

- Rupture du barrage pendant la phase des travaux préparatoires ;
- Rupture du barrage (phase de confortement) ;
- Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase des travaux préparatoires ;
- Rupture de la verse pendant la phase finale ;
- Rupture de la verse (phase de confortement) ;
- Rupture du bassin des eaux de contact nord (phase de confortement) ;

- Rupture d'un bassin des eaux de contact pendant la phase finale ;
- Rupture de la verse pendant la phase de fermeture de la verse ;
- Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires ;
- Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase préparatoire ;
- Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue (phase de confortement) ;
- Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée (phase de confortement) ;
- Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase de confortement) ;
- Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue pendant la phase finale ;
- Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase finale ;
- Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase finale ;

Compte tenu des MMR existantes en termes de mesures techniques et instrumentés (« MMRI ») et de mesures humaines et organisationnelles (« MMRH ») mises en œuvre afin de gérer les risques humains liés à ces scénarios, ces risques sont jugés **tolérables**.

D'autre part, les scénarios ayant **un risque environnemental intermédiaire** sont les suivants :

- Rupture du barrage (phase de confortement) ;
- Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues pendant la phase des travaux préparatoires ;
- Rupture de la verse pendant la phase finale ;
- Rupture de la verse (phase de confortement) ;
- Rupture du bassin des eaux de contact nord (phase de confortement) ;
- Rupture d'un bassin des eaux de contact pendant la phase finale ;
- Rupture de la verse pendant la phase de fermeture de la verse ;
- Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase des travaux préparatoires ;
- Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase préparatoire ;
- Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crues (phase de confortement) ;
- Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase de confortement ;

- Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée (phase de confortement) ;
- Débordement de pulpe de résidus et d'eau surnageante par l'évacuateur de crue pendant la phase finale ;
- Fuite voire une rupture partielle ou totale de la canalisation de transfert des résidus humides hors zone étanchéifiée pendant la phase finale ;
- Fuite ou rupture totale d'une canalisation de transfert des eaux surnageantes hors zone étanchéifiée pendant la phase finale ;
- Envol de poussières de résidus (phase de confortement) ;
- Envol de poussières de résidus pendant la phase finale.

Compte tenu des MMR existantes en termes de mesures techniques et instrumentés (« MMRI ») et de mesures humaines et organisationnelles (« MMRH ») mises en œuvre, ces risques sont jugés tolérables, à l'exception du scénario rupture du barrage pendant la phase des travaux préparatoires.

Ce scénario d'une durée de 2 ans, présente **un risque environnemental jugé inacceptable. Toutefois, l'occurrence du phénomène redouté conduisant à la rupture du barrage est extrêmement faible (1/10 000 ans) comparé à la durée de confortement qui est limitée à 2 ans.**

Au-delà de ces 2 ans, le barrage sera conforté et le risque de rupture du barrage diminue jusqu'à s'annuler lorsque la verse atteint son niveau ultime.