

VOLUME 2

ORIGINE, NATURE ET GRAVITE DE LA POLLUTION

CHAPITRE 4

EAUX SOUTERRAINES

SOMMAIRE DU CHAPITRE

1	EAUX SOUTERRAINES ET BASSINS VERSANTS AFFECTES	3
2	ORIGINE, NATURE ET GRAVITE DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES	5
2.1	Secteur de la Rivière Kwé - Plateau de Goro	5
2.1.1	Stabilité chimique des mort-terrains et des résidus	5
2.1.2	Régime hydrogéologique	6
2.1.2.1	Stratigraphie régionale	6
2.1.2.2	Modèle hydrogéologique	6
2.1.3	Quantification de l'écoulement des eaux souterraines en provenance de l'aire de stockage des résidus épaissis	8
2.1.3.1	Taux d'exfiltration estimés	9
2.1.3.2	Masses de solutés estimées	9
2.2	Bassin versant de la Rivière Kadjé	10
2.3	Bassin versant du Creek de la Baie Nord	10
2.4	La zone portuaire - Baie du Prony	10
3	MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE ET LIMITER LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES	10
3.1	Secteur de la Rivière Kwé - Plateau de Goro	10
3.2	Bassin versant de la Rivière Kadjé	11
3.3	Bassin versant du Creek de la Baie Nord	11
3.4	La zone portuaire - Baie du Prony	12
4	SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES	12

EAUX SOUTERRAINES

Les installations sont conçues de manière à limiter les émissions polluantes dans l'environnement, notamment par la mise en oeuvre de technologies propres, le développement de techniques de valorisation, la collecte sélective, et le traitement des effluents et déchets en fonction de leurs caractéristiques et la réduction des quantités rejetées. De nombreuses mesures d'atténuation pour supprimer ou limiter les inconvénients du projet ont été incluses dans la conception du projet. Ces mesures assureront entre autre la prévention de la pollution des eaux souterraines.

Le présent chapitre présente une description des mesures envisagées pour supprimer et limiter la pollution des eaux souterraines que pourrait causer le projet.

1 EAUX SOUTERRAINES ET BASSINS VERSANTS AFFECTES

Les emprises des installations seront aménagées de façon à éviter la contamination des eaux souterraines. La figure 4-1 indique la localisation des diverses composantes du projet. Les bassins versants qui seront affectés par les installations sont :

1. Bassin versant de la Rivière Kwé ;
2. Bassin versant de la Rivière Kadji Sud ;
3. Bassin versant du Creek de la Baie Nord ;
4. Baie du Prony – zone portuaire.

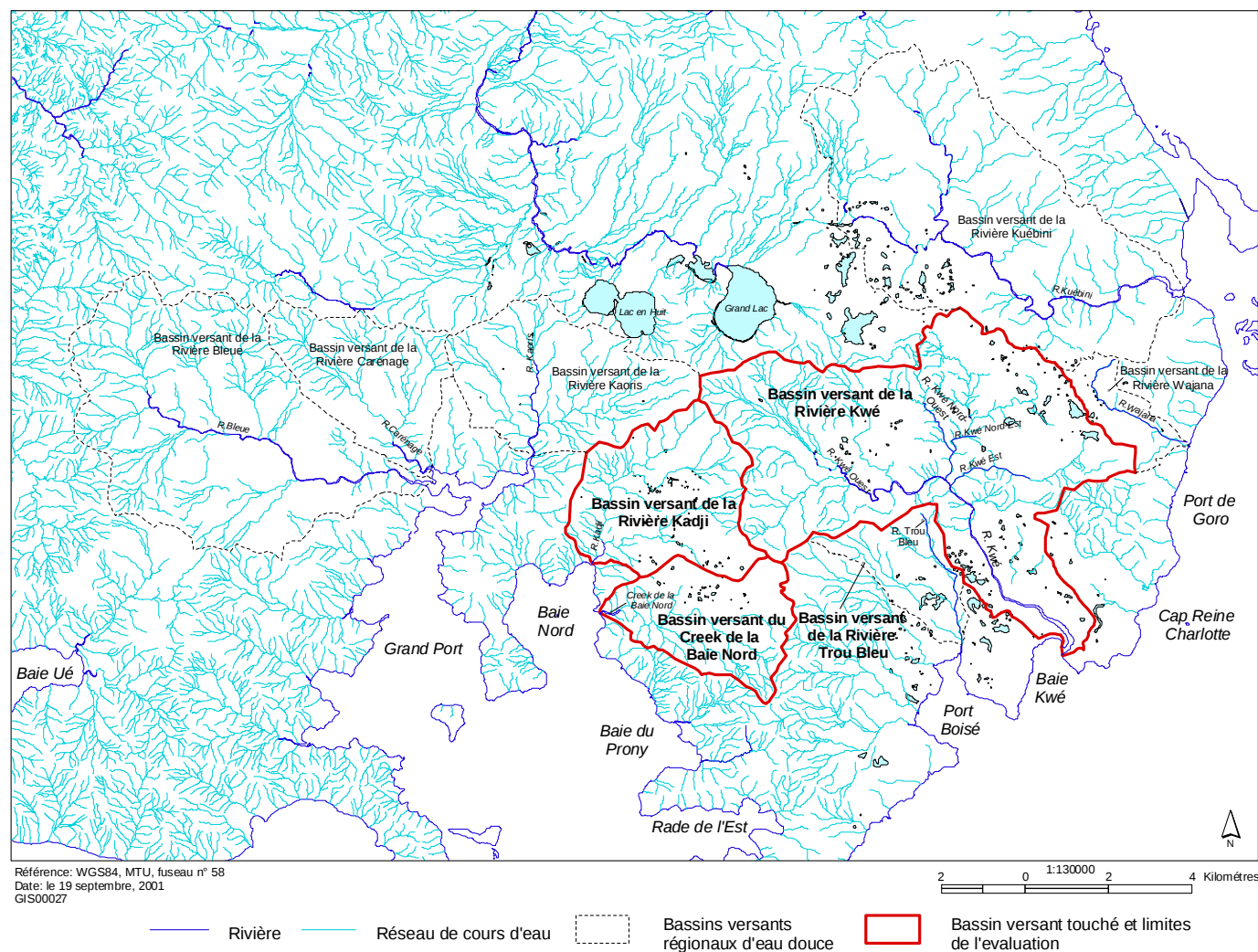


Figure 4-1. Localisation des bassins versants affectés par les installations

2 ORIGINE, NATURE ET GRAVITE DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

2.1 SECTEUR DE LA RIVIERE KWE - PLATEAU DE GORO

L'exploitation minière et le stockage de résidus sur le Plateau de Goro auront un impact sur le régime hydrogéologique du bassin versant de la rivière Kwé.

L'aire de stockage des mort-terrains sera localisée du côté sud-est de la mine - bassin versant de l'entonnoir.

L'aire de stockage des résidus épaissis recevra les résidus épaissis obtenus des opérations de la mine jusqu'à l'année 5, puis les résidus commenceront à être stockés dans la mine à ciel ouvert.

Les résidus déposés dans l'aire de stockage seront sous forme de pâte ayant une densité initiale de 50% de solide. Les eaux de ruissellement ayant été en contact avec les résidus seront pompées vers l'usine de traitement des effluents afin d'être traitées.

2.1.1 Stabilité chimique des mort-terrains et des résidus

Des études menées par SRK Consulting ont porté sur la capacité de drainage acide des matériaux. Celle-ci est estimée très faible pour les mort-terrains, et nulle pour les résidus.

Diverses études concernant la stabilité des mort-terrains et des résidus ont été menées, et sont jointes en Annexe 7 – Tome 3 – Volume 2.

Le document *Avis Relatif aux Résultats Expérimentaux de Polden Insavalor Pour la « Stabilité Chimique des Résidus »* porte sur les analyses menées par le laboratoire Polden : capacité de relargage des résidus en composés soufrés, aluminium, manganèse, magnésium, cadmium, nickel, silicium, sensibilité des résidus au pH y sont abordées.

Ces divers points sont repris dans le document *Etude sur le Comportement des résidus et des Cellules à Résidu de l'Usine Pilote de Goro Nickel* dont les conclusions sont les suivantes :

- Les résidus obtenus à pH 9,5 comme à pH 7,5 – 8 se comportent comme des sols fins, assez compressibles, non gonflants et peu perméables.
- Des tests de percolation en colonne à travers deux couches successives de résidus à pH 9,5 et de mort terrains n'ont pas montré de relargage de métaux au cours des 5000 h d'essai.
- Les recommandations de l'INERIS relatives à la neutralisation des résidus à des pH entre 7 et 8 afin d'assurer une stabilité maximale des résidus sont validées : l'apparition de Cr(VI) est due à des réactions d'oxydation et est favorisée par des pH de neutralisation supérieurs à 8.

2.1.2 Régime hydrogéologique

Ce chapitre est illustré par l'Annexe 9.2 – Tome 3 – Volume 2 qui est une présentation schématique du régime hydrologique et hydrogéologique du secteur amont de la Kwé Est.

2.1.2.1 Stratigraphie régionale

La région d'étude comprend les roches basiques et ultra mafiques, dérivés d'un magma de grande profondeur, probablement de la période Eocène ou Haut-Oligocène. L'oxydation et la lixiviation de ces roches ont fini par former une cuirasse de latérite qui se trouve très largement sur le site du projet. Sous les conditions d'oxydation superficielle, la silice et le magnésium deviennent solubles et sont lessivés par les solutions phréatiques. Le fer, le nickel, et le cobalt sont relativement insolubles et s'accumulent à l'intérieur du profil latéritique. Le profil typique est zoné horizontalement avec des horizons individuels représentant des étapes successives du processus de désagrégation. Le profil de sol latéritique se compose :

- d'une cuirasse de fer,
- de grenailles de fer,
- de limonite rouge / jaune,
- une zone de transition,
- de saprolite,
- de roche mère.

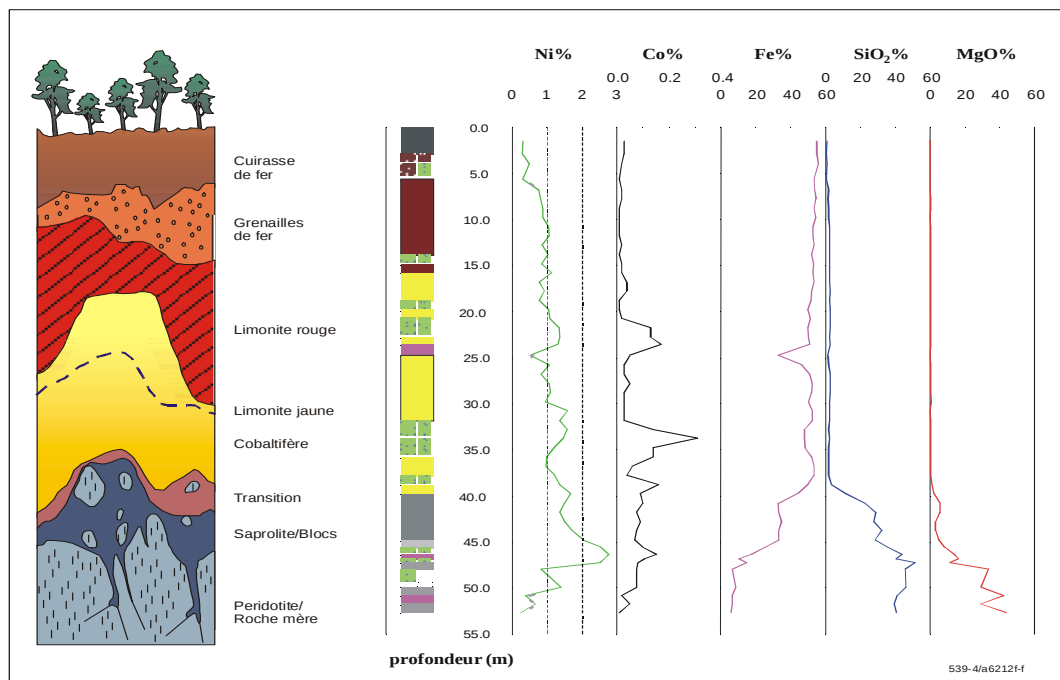


Figure 4-2. Profil stratigraphique de Goro.

2.1.2.2 Modèle hydrogéologique

L'hydrogéologie du site est détaillée au Tome 3 – Volume 1 – Chapitre 1.

Suivent néanmoins quelques rappels sur le modèle hydrogéologique conceptuel du site, illustré par la figure 4-3 :

- Deux aquifères ont été identifiées dans le secteur de la mine : l'aquifère superficiel constitué par la cuirasse de fer et la grenaille et l'aquifère profond constitué par la saprolite et la roche-mère.
- La direction de l'écoulement dans l'aquifère superficiel est semblable à celui des ruissellement de surface, ce qui correspond à la pente du terrain.
- Par contre, la direction de l'écoulement dans l'aquifère profond ne correspondent pas nécessairement à celle de l'aquifère superficiel et elle est régie localement par des structures géologiques (failles).
- Ainsi, il peut se produire des écoulements d'eaux souterraines depuis des bassins versants fermés topographiquement vers des bassins adjacents. Ces connexions hydrauliques correspondent à des écoulements qui semblent contrôlés par des structures géologique dans la partie supérieure du roc et il est possible qu'elles soient associées à des dolines qui pourraient favoriser des écoulements souterrains préférentiels par des fractures ouvertes importantes.

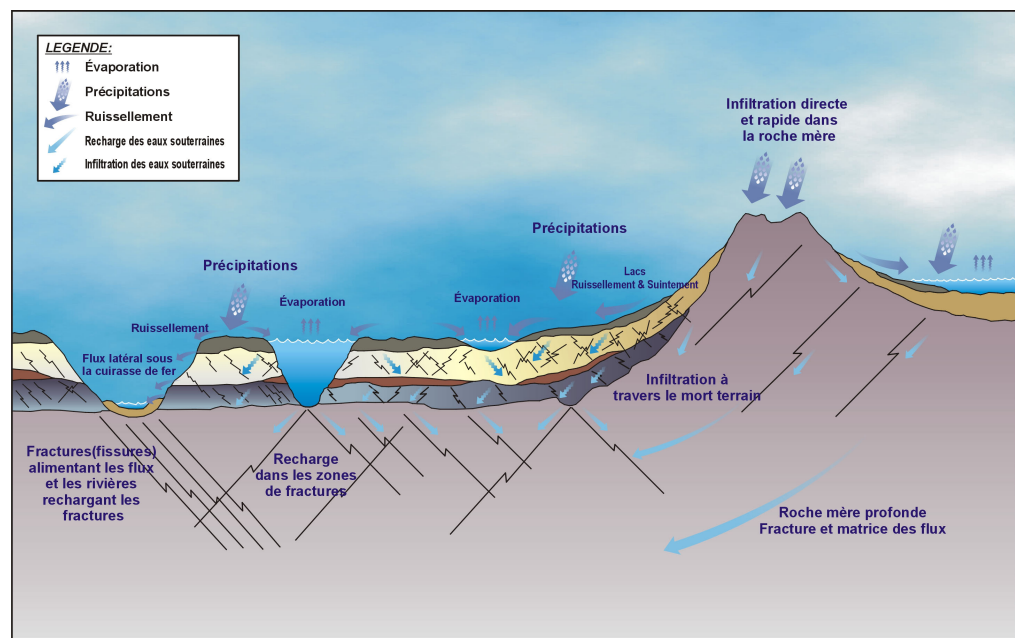


Figure 4-3. Goro Plateau – Modèle Hydrogéologique Conceptuel

Ces observations ont conduit à considérer le transport éventuel des matières dissoutes et des solides en suspension depuis l'aire de stockage est des morts-terrains et l'aire de stockage est des résidus épaissis jusqu'aux bassins versants adjacents.

Un programme de travail couvrant la cartographie hydrogéologique, des essais au traceur, la collecte et l'analyse de données sur les niveaux d'eau a donc été réalisé de décembre 2001 à février 2002. Cette étude est en Annexe 1 – Tome 3 – Volume 1. Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

- Prédominance de l'écoulement des eaux souterraines via les fractures à cause de la perméabilité élevée des fractures,
- Evidence d'un écoulement de la Haute Kwé Est vers :

- Le bassin de l'entonnoir
- La basse vallée de la Kwé Est
- Aucune évidence d'écoulement souterrain entre l'aire de stockage Est des résidus ou l'aire de stockage des mort-terrains et le bassin de la Wajana,
- Existence d'un système de fissures reliant l'aire de stockage est des résidus épaissis à celle des mort-terrains,
- Ecoulement possible via la roche-mère fracturée entre l'aire de stockage des morts-terrains et l'ancienne mine de fer.

2.1.3 Quantification de l'écoulement des eaux souterraines en provenance de l'aire de stockage des résidus épaissis

Une modélisation simplifiée des impacts sur l'eau souterraine provenant des aires de confinement des résidus a été menée par Golder Associates en avril 2003 (Annexe 9.3 – Tome 3 – Volume2).

Cette modélisation a utilisé les données disponibles sur la chimie de l'eau interstitielle des résidus et les données hydrogéologiques provenant d'études antérieures. Il est à noter que cette modélisation est fondée sur des données pénalisantes, et que les résultats qui suivent donnent uniquement un ordre de grandeur des volumes qui pourraient éventuellement provenir de l'aire de stockage des résidus par l'entremise de la roche mère.

Les résultats sont présentés ci-après :

2.1.3.1 Taux d'exfiltration estimés

Les taux d'exfiltration migrant potentiellement hors-site vers des bassins versants adjacents aux aires de confinement des résidus pendant l'opération et les conditions post-fermeture à court et long terme (de l'ordre d'un siècle après la fermeture) seraient les suivants (scénario des dolines scellées) :

Tableau 4-1

Direction potentielle de l'exfiltration	Exfiltration estimée (m³/jour)
Vers l'est de la cellule 3 (vers le bassin Wajana)	0,2 à 9
Vers la fosse de la mine	52 à 138
Vers le réservoir d'eau douce	35 à 86
A travers le Crête Sud (bassin de l'Ancienne Mine)	86 à 173
A travers le Crête Sud (bassin de la Crête Sud)	173 à 259
Est de l'ASERE (potentiellement vers le bassin Wajana)	9 à 86

2.1.3.2 Masses de solutés estimées

Les masses de soluté migrant potentiellement hors-site vers des bassins versants adjacents aux aires de confinement des résidus pendant l'opération et les conditions post-fermeture à court et long terme (de l'ordre d'un siècle après la fermeture) seraient les suivantes (scénario des dolines scellées) :

Tableau 4-2

Direction potentielle de l'exfiltration	Masses de solutés estimées (kg/jour)
Vers l'est de la cellule 3 (vers le bassin Wajana)	Négligeable
Vers la fosse de la mine	200 à 5 000
Vers le réservoir d'eau douce	750 à 3 000
A travers le Crête Sud (bassin de l'Ancienne Mine)	900 à 4 600
A travers le Crête Sud (bassin de la Crête Sud)	800 à 8 900
Est de l'ASERE (potentiellement vers le bassin Wajana)	300 à 350

- Débit d'écoulement de surface pour le bassin versant de la Rivière Kwé et des bassins versants adjacents aux aires de confinement des résidus

Les débits de surface estimés dans le bassin de la Rivière Kwé et dans les bassins adjacents aux aires de confinement des résidus pourraient procurer une dilution du soluté migrant potentiellement hors-site. Il sont évalués comme suit :

Tableau 4-3

Bassin versant	Débit (m ³ /jour)
Rivière Kwé	86 400
Rivière Wajana	8 640
Bassin versant de l'Ancienne Mine	6 050
Bassin versant de la Crête Sud	3 460

2.2 BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE KADJI

La base-vie sera construite sur le bassin versant de la Rivière Kadji Sud. L'utilisation de matières toxiques sur ce site sera réduite et il est peu probable que les activités du projet résultent en la pollution des eaux souterraines de ce bassin versant.

2.3 BASSIN VERSANT DU CREEK DE LA BAIE NORD

Le site industriel est prévu sur le bassin versant du Creek de la Baie Nord. Les activités de construction et d'exploitation sur le site industriel sont susceptibles de causer des déversements accidentels de produits toxiques.

2.4 LA ZONE PORTUAIRE - BAIE DU PRONY

Le stockage d'hydrocarbures sur le port constitue un risque de pollution en cas de déversement accidentel.

3 MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE ET LIMITER LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

3.1 SECTEUR DE LA RIVIERE KWE - PLATEAU DE GORO

La construction du barrage du bassin de sédimentation et du barrage du réservoir d'eau douce assureront que le seul écoulement d'eau du Plateau de Goro se fera par l'entremise du déversoir du réservoir d'eau douce. Suite à la construction de ces ouvrages, il est peu probable que l'eau souterraine puisse s'écouler à l'extérieur du Plateau de Goro à l'exception des bassins versants situés au sud de l'aire de stockage des résidus.

Afin de contrôler les impacts anticipés sur les eaux souterraines, les mesures suivantes sont prévues :

- L'injection du roc sera faite de façon à former un rideau d'une profondeur à être déterminée ultérieurement. La couche de surface du roc sera injectée sur une plus grande largeur afin de constituer une couverture d'injection ;
- Les résidus épaissis qui seront déposés dans l'aire de stockage auront une granulométrie de moins de 74 µm (dp50 de 5 µm et dp90 de 10 µm). Ils seront constitués de 50% de solides et aucun surnageant n'est envisagé lors de la déposition ;
- Le drainage superficiel et l'évacuation vers le bassin de sédimentation ainsi que la faible perméabilité des résidus limiteront les infiltrations des pluies acides ;

- En fin d'exploitation, la couverture des résidus par des matériaux appropriés permettra aux eaux de pluie de percoler à travers la couverture avec un percolat résiduel à pH neutre, voire légèrement basique, qui s'infiltrera dans la masse des résidus.

D'autre part, des piézomètres seront installés afin de faire un suivi de la qualité des eaux souterraines. Dans l'éventualité où des impacts éventuels seraient observés, les mesures de mitigation suivantes seraient mises en place pour les atténuer :

- captage des eaux souterraines affectées par des puits de captage et traitement des eaux ;
- captage des résurgences affectées et traitement des eaux ;
- mise en place de drains à la base de l'aire de stockage de résidus pour intercepter les exfiltrations dans certains secteurs sensibles et traitement des eaux captées ;
- contrôle des niveaux d'eau s'accumulant potentiellement dans la fosse de la mine pour éviter d'induire un écoulement souterrain provenant de la fosse et allant vers l'est;
- mise en place de barrières réactives dans des tranchées afin de traiter in situ l'eau souterraine affectée.

Le document de Golder Associates LTD. *Description des Mesures d'Intervention Applicables pour Réduire les Impacts sur la Qualité de l'Eau Souterraine*, qui constitue l'Annexe 9.4 – Tome 3 – Volume 2, développe ces mesures de mitigation.

Ces différentes mesures seront prises lorsque les seuils d'intervention seront atteints. La justification du choix de ces seuils ainsi que les actions d'intervention correspondantes sont développées dans le document *Potentiel Polluant des Résidus, Impact sur les Eaux, Seuils d'Intervention* en Annexe 9.1 – Tome 3 – Volume 2.

3.2 BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE KADJI

Aucune possibilité de pollution des eaux souterraines sur ce bassin versant n'a été mise en évidence

3.3 BASSIN VERSANT DU CREEK DE LA BAIE NORD

Les études géotechniques indiquent que la roche mère est à une profondeur de 20-m à 50-m et que le profil des sols est le suivant :

- cuirasse de fer - de 0-m à 3-m (moyenne de 5 m)
- sols latéritiques à une profondeur de 5-m de la surface
- sols de latérite et saprolite entre 5-m jusqu'à la roche mère.

Le terrassement et l'aménagement du site industriel nécessiteront beaucoup d'excavation de matériel. La cuirasse de fer et la limonite provenant de l'excavation de certains secteurs du site seront utilisés pour fin de remblais et terrassement. Etant donné que des sols latéritiques seront en grande partie utilisés pour le terrassement et que ces sols seront compactés (donc faible perméabilité), il est prévu que l'emprise du site industriel sera relativement imperméable à l'infiltration des eaux de surface. De plus, une grande partie de la surface de drainage de ce site sera recouverte de bassins de confinement et de fossés de drainage imperméables.

Par ailleurs, les précautions suivantes seront prises pour réduire le risque d'atteinte des eaux souterraines par des substances manipulées sur le site:

- Toutes les zones de manipulation de substances ou préparation dangereuse au sens de la réglementation seront protégées contre les épandages éventuels, une procédure d'intervention sera établie, communiquée au personnel et des exercices de simulation seront mis en place afin de parer à un éventuel incident.
- Sauf impossibilité technique ou pour des raisons de sécurité aucune canalisation de telle substance ne sera enterrée.

En conséquence, il est très peu probable que le site industriel soit la cause d'une pollution chronique ou accidentelle des sols ou de l'eau souterraine.

Néanmoins et pour parer à toute éventualité des piézomètres de contrôle de la qualité de l'eau souterraine seront mis en place.

3.4 LA ZONE PORTUAIRE - BAIE DU PRONY

Le dépôt d'hydrocarbures du site portuaire est équipé d'un bassin de confinement étanche qui retiendra les produits stockés en cas de fuite.

Des piézomètres de contrôle de la qualité de l'eau souterraine seront également mis en place.

4 SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES

Goro Nickel réalisera la surveillance de la qualité des eaux souterraines autour des installations de gestion des résidus du réservoir d'eau douce, de l'usine principale et des dépôts d'hydrocarbures du site portuaire et de la mine.

Ce Plan de Suivi de la Qualité des Eaux est en Annexe 7 – Tome 3 – Volume 3.