

Golder Associates Pty Ltd

A.B.N. 64 006 107 857

611 Coronation Drive
Toowong, Qld 4066, Australia
(PO Box 1734, Milton BC, 4064)
Telephone (07) 3721 5400
Fax (07) 3721 5401
<http://www.golder.com>



**RAPPORT SUR /
REPORT ON**

**LE MILIEU PHYSIQUE
RAPPORT DE BASE SUR LE CLIMAT,
LA GÉOLOGIE, L'HYDROLOGIE ET
L'HYDROGÉOLOGIE
PROJET GORO NICKEL,
NOUVELLE CALÉDONIE**

**PHYSICAL ENVIRONMENT
BASELINE REPORT ON CLIMATE, GEOLOGY,
HYDROLOGY AND HYDROGEOLOGY
GORO NICKEL, NEW CALEDONIA**

Soumis à / Submitted to :

Inco Australia Management
Level 8, 201 Charlotte Street
Brisbane Queensland 4001



Novembre/November 2004

412-03639030-Bilingual



SOMMAIRE / TABLE OF CONTENTS

SECTION	PAGE
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 Données climatiques.....	3
1.1.1 Pluviomètres du Site	5
1.1.2 Pluviomètres régionaux	7
1.1.3 Enregistrement à long terme du site.....	10
1.1.4 Intensités des précipitations	10
1.1.5 Evaporation	12
1.1.6 Vent	14
1.2 Géologie	17
1.2.1 Généralités	17
1.2.2 Géologie du site	18
1.3 Données hydrologiques	23
1.3.1 Suivi de l'écoulement de surface.....	23
1.4 Données hydrogéologiques	27
2.0 HYDROLOGIE ET HYDROGEOLOGIE	30
2.1 Identification des bassins versants	30
2.1.1 Bassin-versant du bassin Kwé	32
2.1.2 Bassin-versant Rivière des Lacs.....	32
2.1.3 Bassin-versant Kwé Bini.....	33
2.1.4 Bassin-versant Wadjana.....	33
2.1.5 Bassins-versants Entonnoir et Vieille Mine	33
2.1.6 Bassin-versant Crête Sud.....	35
2.1.7 Bassin-versant Trou Bleu	35
2.1.8 Bassin-versant Côte Est de la Baie de Prony	37
2.1.9 Bassin-versant Creek de la Baie Nord	37
2.1.10 Bassin-versant de la rivière Kadji	37
2.2 Modèle hydrologique et interconnectivité des bassins-versants	37
2.3 Hydrogéologie.....	38
2.3.1 Aquifère superficiel (cuirasse de fer/grenaille)	40
2.3.2 Aquitard (limonite)	42
2.3.3 Aquifère profond (saprolite)	43
2.3.4 Aquifère du socle (zones de fractures profondes)	45
2.3.5 Entonnoirs et Dolines	45
2.3.6 Recharge des aquifères.....	48
2.3.7 Variations saisonnières des niveaux de la nappe phréatique.....	50
3.0 QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE	51
4.0 QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE	55

LISTE DES TABLEAUX / LIST OF TABLES

Tableau/Table 1	Conductivité hydraulique des unités hydrogéologiques / Hydrogeological Units Hydraulic Conductivity
Tableau/Table 2	Moyenne des résultats de qualité de l'eau des sources / Average Water Quality Results from Springs
Tableau/Table 3	Qualité de base moyenne des eaux de surface du bassin-versant Kwé / Average baseline surface water quality for kwe catchments
Tableau/Table 4	Qualité de base moyenne des eaux de surface –Externe au Bassin-versant Kwé / Average Baseline Surface Water Quality - External to Kwe Catchment
Tableau/Table 5	Paramètres des eaux souterraines du Plateau de Goro / Goro Plateau Groundwater Parameters

LIST DES FIGURES / LIST OF FIGURES

Figure 1	Emplacement du site / Site Location
Figure 2	Variabilité des précipitations / Rainfall Variability
Figure 3	Pluviomètres installés par Goro / Rainfall Gauges Established by Goro
Figure 4	Pluviomètres installés par Davar / Rainfall Gauges Installed by Davar
Figure 5	Enregistrement des précipitations mensuelles de l'usine de Yaté / Yaté Usine Monthly Rainfall Record
Figure 6	Courbes d'intensité des précipitations / Rainfall Intensity Curves
Figure 7	Stations d'évaporation / Evaporation Station
Figure 8	Évaporation mensuelle de Goro / Goro Monthly Evaporation
Figure 9	Rose des vents de la station de Prony / Prony Station Wind Rose
Figure 10	Directions du vent à la station de Prony / Wind Directions Contribution at Prony Station
Figure 11	Géologie du site / Site Geology
Figure 12	Profil d'altération / Weathering Profile
Figure 13	Doline de "Le Trou" / Le Trou Doline
Figure 14	Stations de suivi d'écoulement régionales et de Goro / Regional and Goro Flow Monitoring Stations
Figure 15	Courbes des débits / Flow Duration Curves
Figure 16	Stations de suivi des eaux souterraines / Groundwater Monitoring Stations
Figure 17	Bassins-versants / Catchments
Figure 18	Un écoulement de source type / A Typical Spring Flow
Figure 19	Aquifères de Goro / Aquifers at Goro
Figure 20	Aquifère de cuirasse et grenaille de fer / Ironstone Aquifer
Figure 21	Aquifère profond / Deep Aquifer
Figure 22	Dolines typiques / Typical Dolines
Figure 23	Lac de Doline / Doline Lake
Figure 24	Stations de prélèvement d'eau de surface / Surface Water Sampling Stations

1.0 INTRODUCTION

La Nouvelle Calédonie est un archipel tropical situé entre 18° S et 22,5° S de latitude (Tropique du Capricorne), et entre 164° E et 168° E de longitude. La superficie de l'archipel est d'environ 19 000 km², l'île principale, "Grande Terre", ayant une superficie de 16 900 km².

Le projet minier de Goro est situé dans la Province Sud, à l'extrémité sud de l'île principale (figure 1). Le projet comprendra une mine à ciel ouvert, une usine de préparation du minerai, une zone industrielle minière, des voies d'accès, une zone de stockage des résidus, un camp principal, une installation de traitement, des convoyeurs terrestres, des pipelines et des installations portuaires.

1.0 INTRODUCTION

New Caledonia is a tropical archipelago located between latitude 18° S and 22.5° S (the Tropic of Capricorn), and between longitude 164° E and 168° E. The land surface of the archipelago is approximately 19,000 km², with the main island "Grande Terre" having an area of 16,900 km².

The proposed Goro mine is located in the Southern Province at the southern end of the main island (Figure 1). The project will comprised an open pit mine, a feed preparation plant, a mine industrial area, access roads, a tailings storage area, a base camp, a process plant, overland conveyors and pipelines and port facilities.

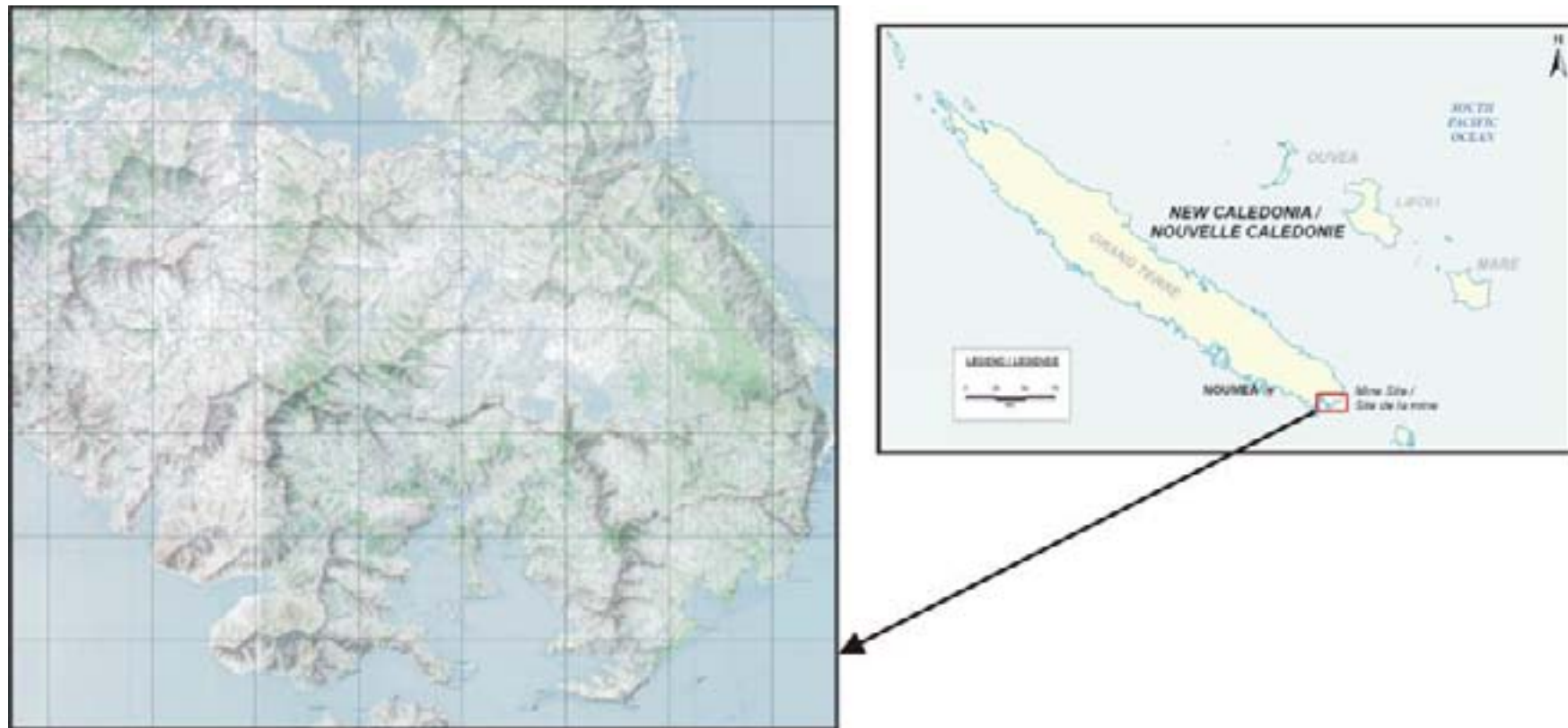


Figure 1 – Emplacement du site / Site Location

1.1 Données climatiques

Le climat de la Nouvelle Calédonie est fortement influencé par la chaîne montagneuse (nommée le *Massif*) qui s'étend du sud au nord de l'île.

La Nouvelle Calédonie est située dans la zone des alizés, qui subit typiquement des vents d'est à sud-est de 10 à 20 noeuds (18 à 36 km/h). La topographie locale influence toutefois fortement la configuration des vents dans la région.

Les précipitations sont très variables sur l'ensemble de la région (figure 2), cette variabilité étant causée par la chaîne montagneuse et par les alizés d'est à sud-est. À l'exception des montagnes, la Côte Est et les parties sud-est de la Nouvelle Calédonie sont les plus humides. La saison humide s'étend typiquement de janvier à avril suivie par une saison de transition de juin à juillet, puis par une saison sèche d'août à décembre.

1.1 Climate Data

The climate of New Caledonia is strongly influenced by the mountain range (known as the *Massif*) that runs from the South of the island to the North.

New Caledonia is located in the trade wind zone, which typically experiences easterly to south easterly winds of 10 to 20 knots (18 to 36 km/hr). However, local topography has strong effects on local wind patterns.

Rainfall across the region is quite variable (Figure 2), caused by the mountain range and by the easterly to south easterly trade winds. Excluding the mountains, the East Coast and the South-East parts of New Caledonia are the wettest. Typically the wet season extends from January to April with a transition season from June to July and then the dry season from August to December.

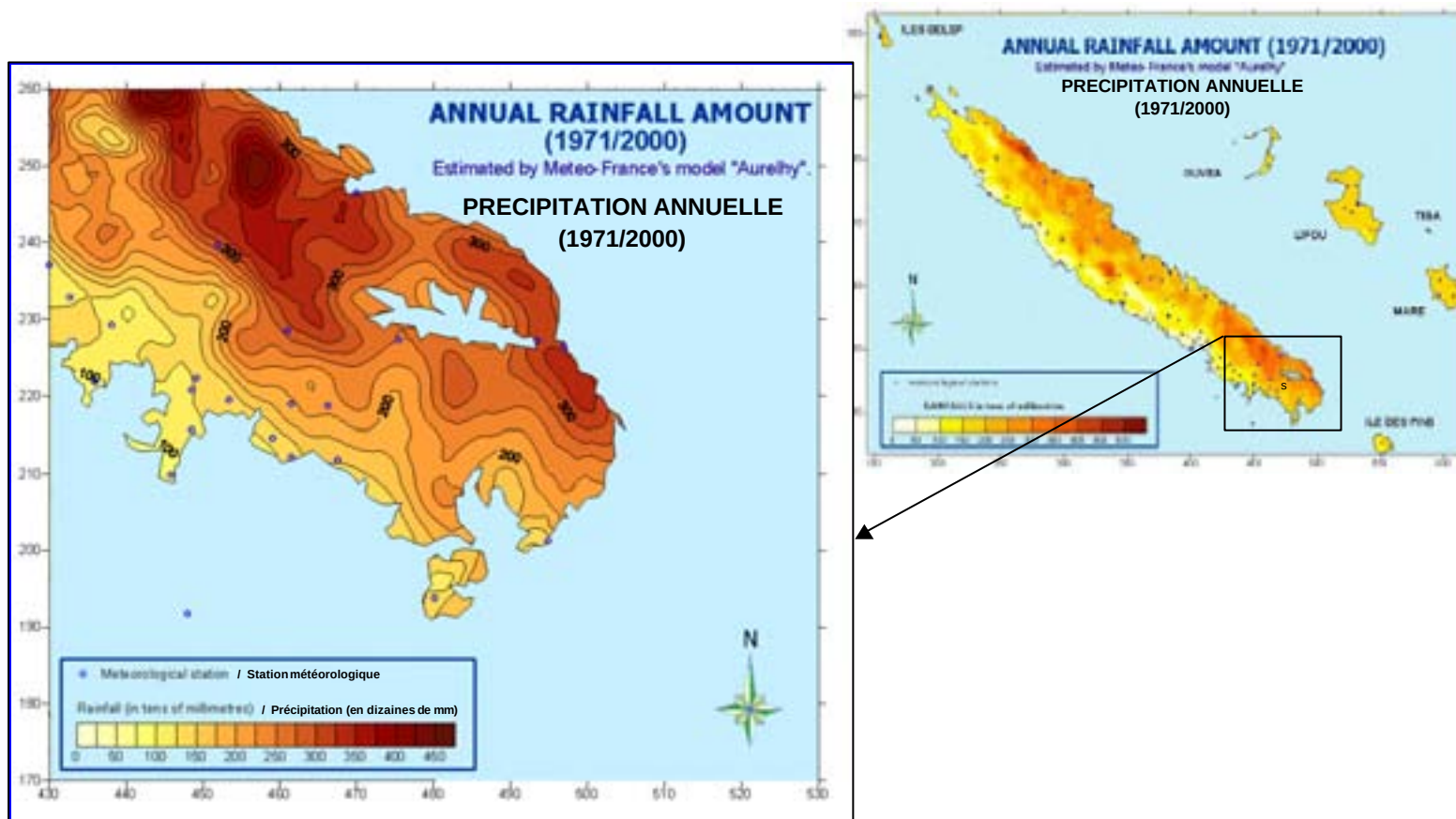


Figure 2 – Variabilité des précipitations / Rainfall Variability

La température varie sur l'ensemble de l'île selon l'altitude et la distance jusqu'à la côte. La température moyenne annuelle sur le site de Goro est de l'ordre de 22,8°C, avec une température maximale enregistrée de 38° C et une température minimale enregistrée de 9,5° C.

La Nouvelle Calédonie est soumise à certains risques climatiques, notamment des cyclones tropicaux, des inondations et des périodes de sécheresse. Ces risques climatiques sont corrélés avec l'Indice d'oscillation australe. Les événements El Nino réduisent typiquement les précipitations et l'activité cyclonique, tandis que les événements La Nina ont tendance à augmenter les précipitations et l'activité cyclonique.

1.1.1 Pluviomètres du Site

Une grande quantité de données a été collectée sur les précipitations pour le Site de Goro. Goro Nickel (GNI) mis en place dix (10) pluviomètres manuels et trois (3) pluviomètres automatiques sur le site (figure 3).

Le pluviomètres manuels furent placés en 1992, à l'exception de Goro Sud et de Goro Usine qui furent installés en 1995, et les trois pluviomètres automatiques furent placés en 1997.

Temperature varies across the island depending on altitude and distance to the coast. Mean annual temperature for the Goro Site is approximately 22.8°C with an extreme maximum temperature of 38° C and an extreme minimum temperature of 9.5° C.

New Caledonia is subject to climatic hazards such as tropical cyclones, floods and droughts. These climatic hazards are correlated to the Southern Oscillation Index. El Nino events typically reduce rainfall and cyclone activity whilst La Nina events typically increase rainfall and cyclone activity.

1.1.1 Site Rainfall Gauges

A large amount of rainfall data has been collected at the Goro Site. Goro Nickel (GNI) has established ten (10) manual rain gauges and three (3) automatic rain gauges around the site (Figure 3).

The manual gauges were installed in 1992 except for Goro South and Goro Usine which were installed in 1995, and the three automatic rain gauges were installed in 1997.



Figure 3 – Pluviomètres installés par Goro / Rainfall Gauges Established by Goro

1.1.2 Pluviomètres régionaux

Météo France a installé trois (3) pluviomètres automatiques et un (1) pluviomètre manuel près du site, selon les détails suivants:

- Yaté Usine – Pluviomètre manuel destiné à mesurer les précipitations quotidiennes, situé à environ 16 km au nord du site. Ce pluviomètre effectue depuis 1938 un enregistrement des précipitations mensuelles et depuis 1951 un enregistrement des précipitations quotidiennes.
- Yaté Mairie - Pluviomètre automatique situé à environ 16 km au nord du site et installé en 1993.
- Cap N Dua - Pluviomètre automatique situé à environ 10 km au sud du site et installé en 1986.
- Nouméa - Pluviomètre automatique situé à environ 50 km à l'ouest du site. Ce pluviomètre effectue depuis 1951 un enregistrement des précipitations quotidiennes et depuis 1961 un enregistrement automatique des précipitations.

La Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales (DAVAR) – a installé 3 pluviomètres automatiques régionaux près du site, comme suit:

- Rivière Des Lacs à Goulet – Situé à environ 9 km au nord-ouest du site. Les enregistrements automatiques du site ont commencé en 1986. Un pluviomètre manuel fut placé en 1958.
- Rivière Bleue - Situé à environ 12 km à l'ouest du site. Les enregistrements automatiques à ce site ont commencé en 1988.

1.1.2 Regional Rainfall Gauges

Meteo France have established three (3) regional automatic rainfall gauges and one (1) manual rainfall gauge near the site, as follows:

- Yate Usine – Manual daily rainfall gauge located approximately 16 km north of the site. This gauge has a monthly rainfall record which commenced in 1938 and daily rainfall record which commenced in 1951.
- Yate Mairie - Automatic rainfall gauge located approximately 16 km north of the site. This gauge was installed in 1993.
- Cap N Dua - Automatic rainfall gauge located approximately 10 km south of the site. This gauge was installed in 1986.
- Noumea - Automatic rainfall gauge located approximately 50 km west of the site. This gauge has a daily rainfall record, which commenced in 1951, and automatic rainfall record, which commenced in 1961.

Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales (DAVAR) – have established 3 regional automatic rainfall gauges near the site, as follows:

- Riviere Des Lacs at Goulet – Located approximately 9 km north west of the site. Automatic records for the site commenced in 1986. A manual gauge was installed in 1958.
- Riviere Bleue - Located approximately 12 km west of the site. Automatic records for the site commenced in 1988. A manual gauge was installed in 1974.
- Port Boise TV Col – Located in the South-West corner of the Kwe catchment. Automatic

Un pluviomètre manuel fut mis en place en 1974.

rainfall commenced in 1988 to 1991 and then from 1993 onwards.

- Port Boisé TV Col – Situé au coin sud-ouest du bassin versant Kwé. Des enregistrements automatiques ont été effectués de 1988 à 1991, puis de 1993 à aujourd’hui.

Figure 4 provides a plan of the regional rainfall gauge locations.

La figure 4 montre les emplacements des pluviomètres régionaux



Figure 4 – Pluviomètres installés par Davar / Rainfall Gauges Installed by Davar

1.1.3 Enregistrement à long terme du site

Un enregistrement moyen à long terme des précipitations du bassin-versant de Kwé fut déterminé en calculant la moyenne pondérée des précipitations enregistrées par sept des pluviomètres manuels de Goro Nickel situés dans le bassin-versant Kwé. La période de chevauchement de cet enregistrement fut comparée à l'enregistrement de l'usine de Yaté. Il en ressort que les précipitations sont en moyenne 12% plus importantes à l'usine de Yaté par rapport à la moyenne calculée pour le site de Goro dans son ensemble. Un enregistrement à long terme pour le site fut calculé en défactorisant les données de l'Usine de Yaté de 12%. Les précipitations annuelles moyennes pour l'Usine de Yaté sont de 3,205 mm (figure 5).

1.1.3 Long Term Site Record

A longterm average rainfall record for the Kwe catchment was calculated as a weighted average of the rainfall recorded at seven of the Goro Nickel manual gauges located within the Kwe Catchment. The overlapping period of this record was compared with the Yate Usine record and showed, on average, that Yate Usine was approximately 12% wetter than the site average record. A long-term record for the site was produced by factoring the Yate Usine record down by 12%. Average annual rainfall for Yate Usine is 3,205 mm (Figure 5).

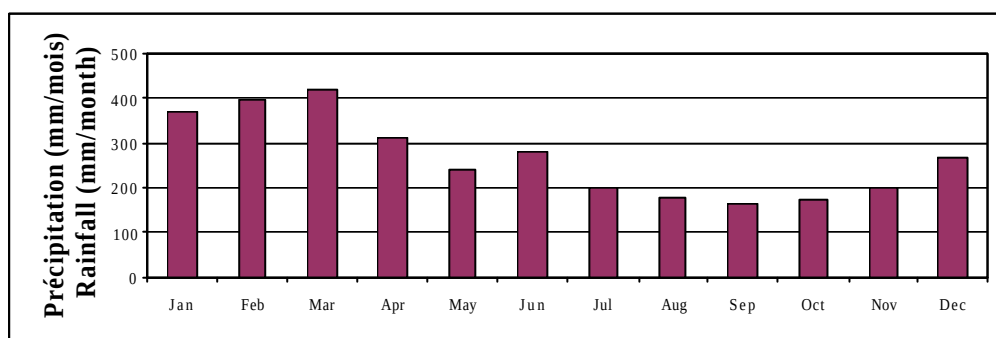


Figure 5 – Enregistrement des précipitations mensuelles de l'usine de Yaté / Yaté Usine
Monthly Rainfall Record

1.1.4 Intensités des précipitations

Les relations Intensité-Durée-Fréquence (IDF) des précipitations furent calculées pour les pluviomètres de Météo France et de la DAVAR. Le facteur/profil IDF de Port Boise TV Col fut retenu comme étant le plus représentatif des conditions du site sur la base de la corrélation avec les pluviomètres du site (figure 6).

1.1.4 Rainfall Intensities

Rainfall Intensity Duration Frequency (IDF) relationships were calculated for the Meteo France and DAVAR rainfall gauges. The Port Boise TV Col IDF was adopted as the most representative of site conditions based on correlation to site rainfall gauges (Figure 6).

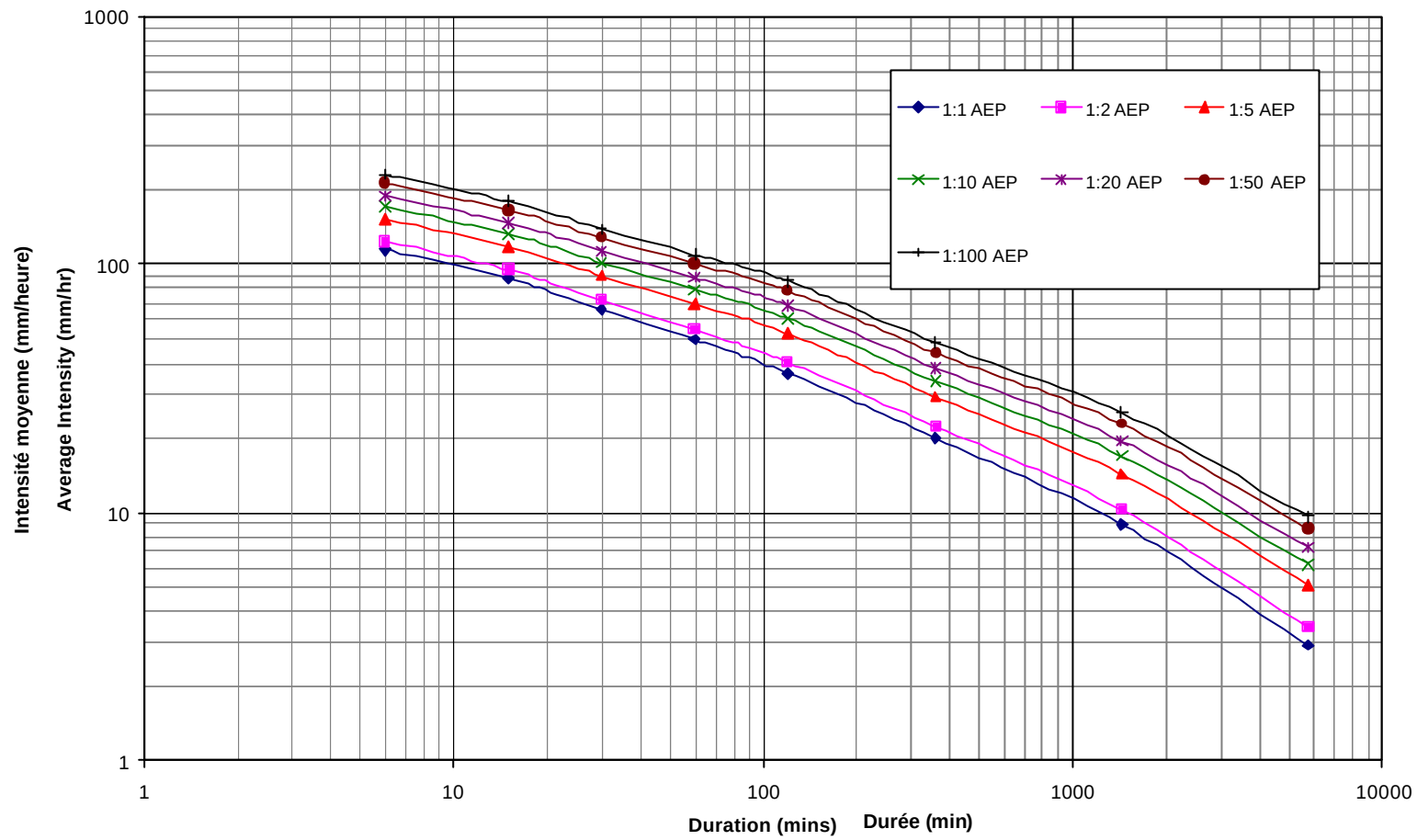


Figure 6 – Courbes d'intensité des précipitations / Rainfall Intensity Curves

1.1.5 Evaporation

L'évaporation du bac fut mesurée dans le bassin-versant de la Kwé aux trois (3) emplacements indiqués à la Figure 7.

Les instruments pour Goro Mine et Prony furent mis en place en 1993 et ceux pour Goro Usine furent installés en 1995. L'évaporation moyenne annuelle du site est de 2 442 mm/an.

Météo France a placé trois (3) stations d'évapotranspiration sur le site (figure 7). L'évapotranspiration est calculée selon la méthode Penman Monteith sur la base de données climatiques telles que la température, la vitesse du vent, le rayonnement solaire, l'humidité, etc. Les stations de Météo France sont les suivantes:

- Nouméa - Située à environ 50 km à l'ouest du site. Cet enregistrement commença en 1986.
- Moue – Située à environ 75 km au sud-est du site sur l'Ile des Pins. Cet enregistrement commença en 1996.
- Yaté Mairie - Située à environ 16 km au nord du site. Cet enregistrement commença en 1994.

1.1.5 Evaporation

Tank evaporation has been measured within the Kwe catchment at the three (3) locations shown in Figure 7.

Goro Mine and Prony were installed in 1993 whilst the Goro Usine was installed in 1995. The annual site average evaporation is 2,442 mm/year.

Meteo France has established three (3) evapotranspiration stations around the site (Figure 7). Evapotranspiration is calculated according to the Penman Monteith formula from climatic data such as temperature, wind speed, solar radiation, humidity, etc. The Meteo France stations are as follows:

- Noumea - Located approximately 50 km West of the site. This record commenced in 1986.
- Moue – Located approximately 75 km South-East of the site on Ile des Pins. This record commenced in 1996.
- Yate Mairie - Located approximately 16 km North of the site. This record commenced in 1994.

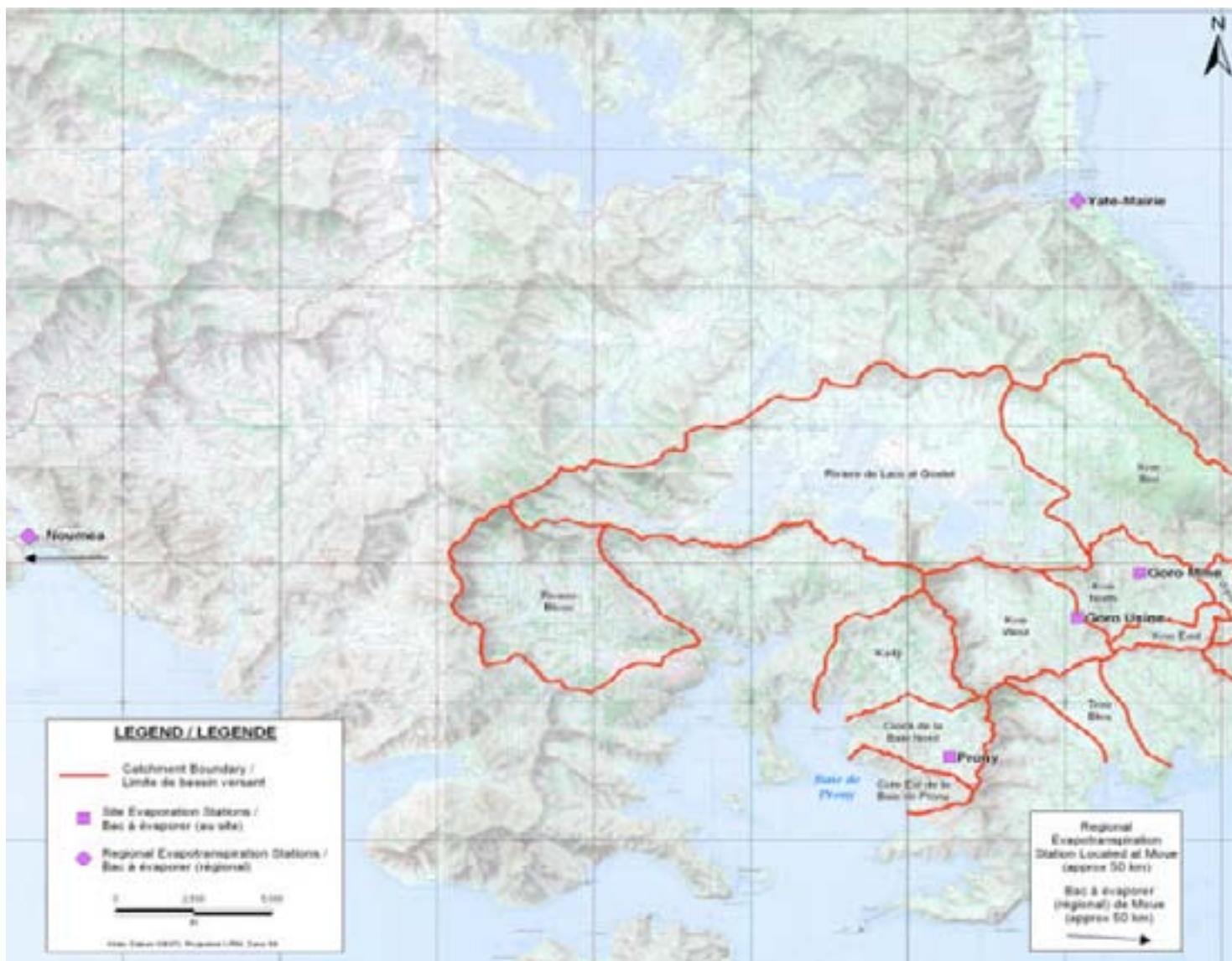


Figure 7 – Stations d'évaporation / Evaporation Station

L'évapotranspiration moyenne annuelle évaluée pour chaque station est de 1 754 mm (Nouméa), 1 390 mm (Moue) et 1 336 mm (Yaté Mairie). L'évapotranspiration mensuelle de Nouméa fut adoptée de façon conservatrice comme étant la plus représentative des conditions du site sur la base de la corrélation avec les données du bac à évaporer au site (figure 8).

The average annual evapotranspiration derived for each station is 1,754 mm (Noumea), 1,390 mm (Moue) and 1,336 mm (Yate Mairie). The monthly Noumea evapotranspiration was conservatively adopted as the most representative of site conditions based on correlation to site evaporation tanks (Figure 8).

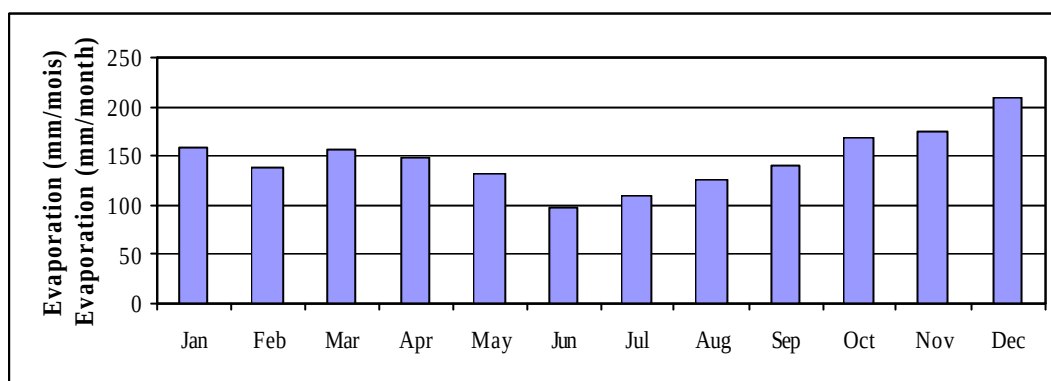


Figure 8 – Évaporation mensuelle de Goro / Goro Monthly Evaporation

1.1.6 Vent

Goro Nickel a installé 3 anémomètres automatiques sur le site pour enregistrer les données sur les vents ; leur emplacement est indiqué à la figure 3.

La rose des vents de la station de Prony, située sur le Site de l'Usine indique que la direction dominante du vent est du nord-est au sud-est (figure 9).

1.1.6 Wind

Goro Nickel has established 3 automatic anemometers at the site to record wind data located as shown in Figure 3.

The wind rose for the Prony station located at the Plant Site shows the dominant wind direction is from northeast to southeast (Figure 9).

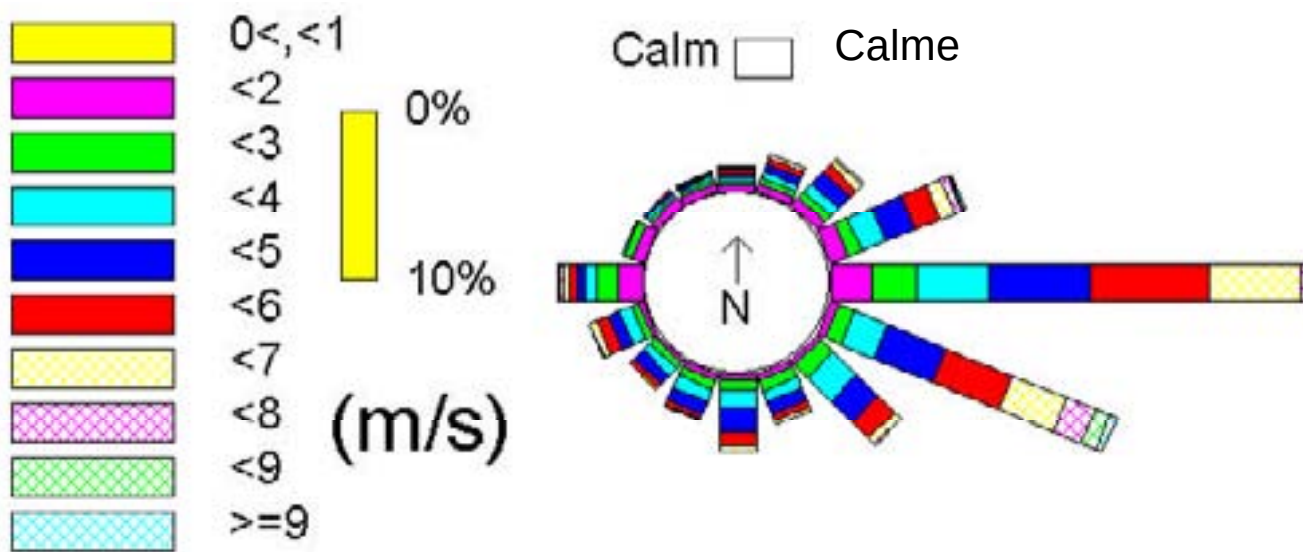


Figure 9 –Rose des vents de la station de Prony / Prony Station Wind Rose

La contribution des vents à partir de chaque direction du vent à Prony pour 1997 – 2002 est indiquée à la figure 10.

The contribution of winds from each wind direction at Prony for the years 1997 – 2002 is shown in Figure 10.

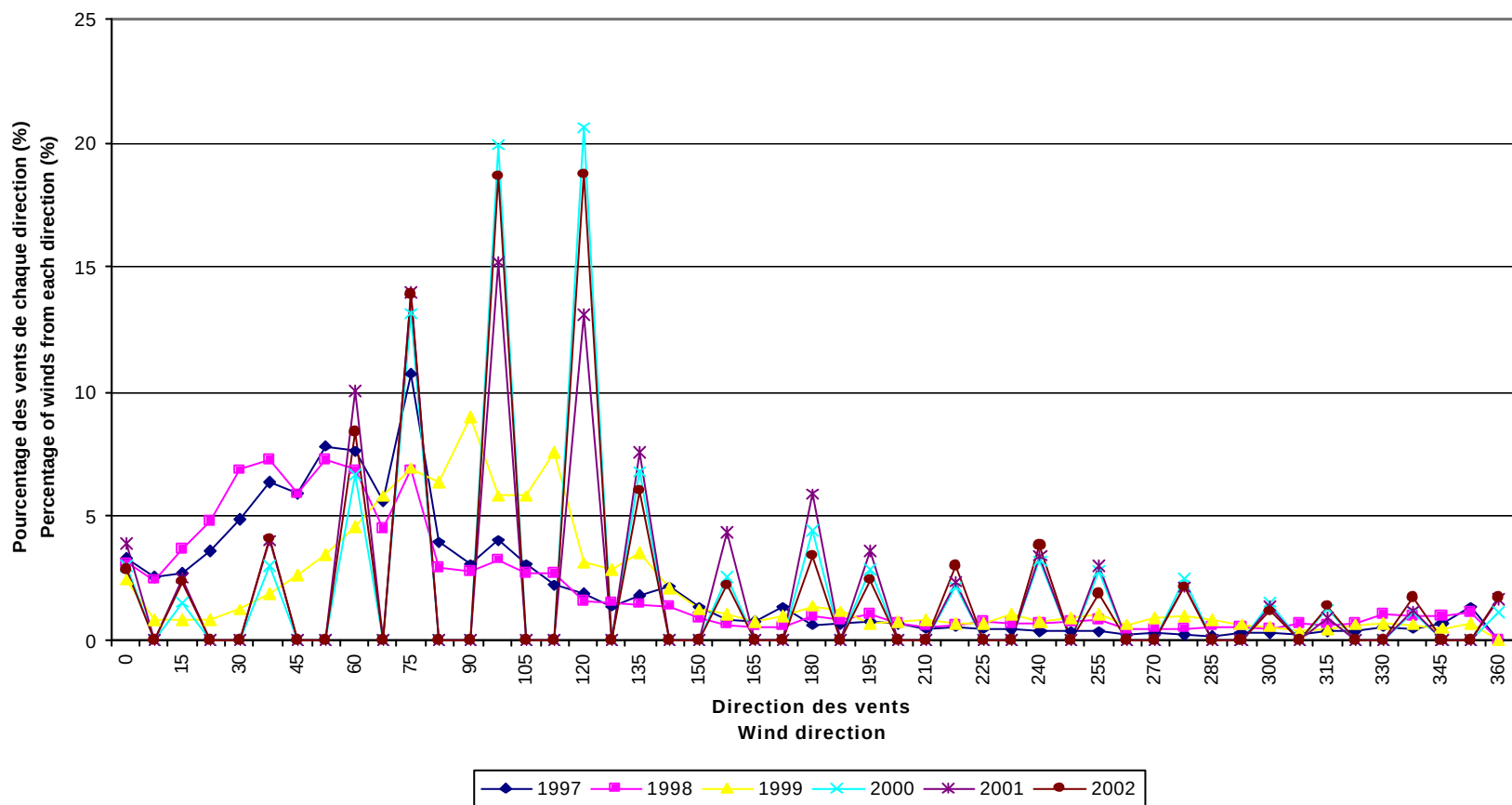


Figure 10 – Directions du vent à la station de Prony / Wind Directions Contribution at Prony Station

La vitesse horaire moyenne du vent pour la station de Prony est de 3,3 à 5,3 m/s selon l'heure de la mesure.

1.2 Géologie

1.2.1 Généralités

L'histoire géologique de la Nouvelle Calédonie remonte à la Période Permienne (il y a environ 250 millions d'années). Elle est caractérisée par des séquences épaisses de strates marines et terrestres, et des nappes de charriage de roches ultrabasiques, y compris celles qui hébergent les gisements de nickel de Goro. L'île est située sur la plaque indo-australienne à environ 250-300 km au sud-ouest d'une zone de subduction qui s'étend en parallèle à la chaîne du Vanuatu au nord-est.

Pendant la Période du Crétacé, la Nouvelle Calédonie fut soulevée, plissée et faillée, créant les structures géologiques dominantes observées aujourd'hui sur l'île. Celles-ci sont principalement orientées nord-ouest/sud-est, parallèle à l'axe longitudinal de l'île.

Pendant le Miocène (il y a 12-22 millions d'années), la surface de la Nouvelle Calédonie fut soumise à une dénudation et une pénéplanation extensive. On estime que l'altération extensive de la surface rocheuse, combinée à un enrichissement nickélifère, a commencé dans la zone du Projet Goro à cette époque-là. Par la suite, des phases multiples de soulèvement différentiel et de morcellement par failles produisirent la topographie de bassins et de crêtes fortement érodés observés aujourd'hui dans le Bassin Kwé.

The average hourly wind speed for the Prony station ranges from 3.3 to 5.3 m/s depending on the time during day.

1.2 Geology

1.2.1 General

New Caledonia's geological history extends back to the Permian Period (approximately 250 million years ago). It is characterised by thick sequences of marine and terrestrial strata, and extensive thrust sheets of ultrabasic rocks, including that which hosts the Goro nickel deposits. The Island sits on the Indo-Australian plate about 250-300 km South-West of a subduction zone which extends parallel to the Vanuatu Island chain to the North-East.

During the Cretaceous Period, New Caledonia was uplifted, folded and faulted, creating the dominant geological structures seen on the Island today. These are predominantly oriented North-West/South-East, parallel to the long axis of the Island.

During the Miocene (12-22 million years ago) New Caledonia underwent extensive surface denudation and peneplanation. Extensive weathering of the rock surface combined with nickeliferous enrichment is thought to have begun in the Goro Project area at this time. Subsequently multiple phases of differential uplift and block faulting have resulted in the heavily eroded basin and ridge topography seen today in the Kwe Basin.

1.2.2 Géologie du site

Sous-jacent à la plus grande partie de la zone du Projet Goro est un substratum rocheux de péridotite (essentiellement de la dunite et de la harzburgite), et des dépôts secondaires (sols in situ et sols remaniés) dérivés de l'altération de la roche mère (figure 11).

1.2.2 Site Geology

The majority of the Goro Project area is underlain by Peridotite bedrock (predominantly dunite and harzburgite), and secondary deposits (both in situ and reworked soils) derived from weathering of the parent rock (Figure 11).

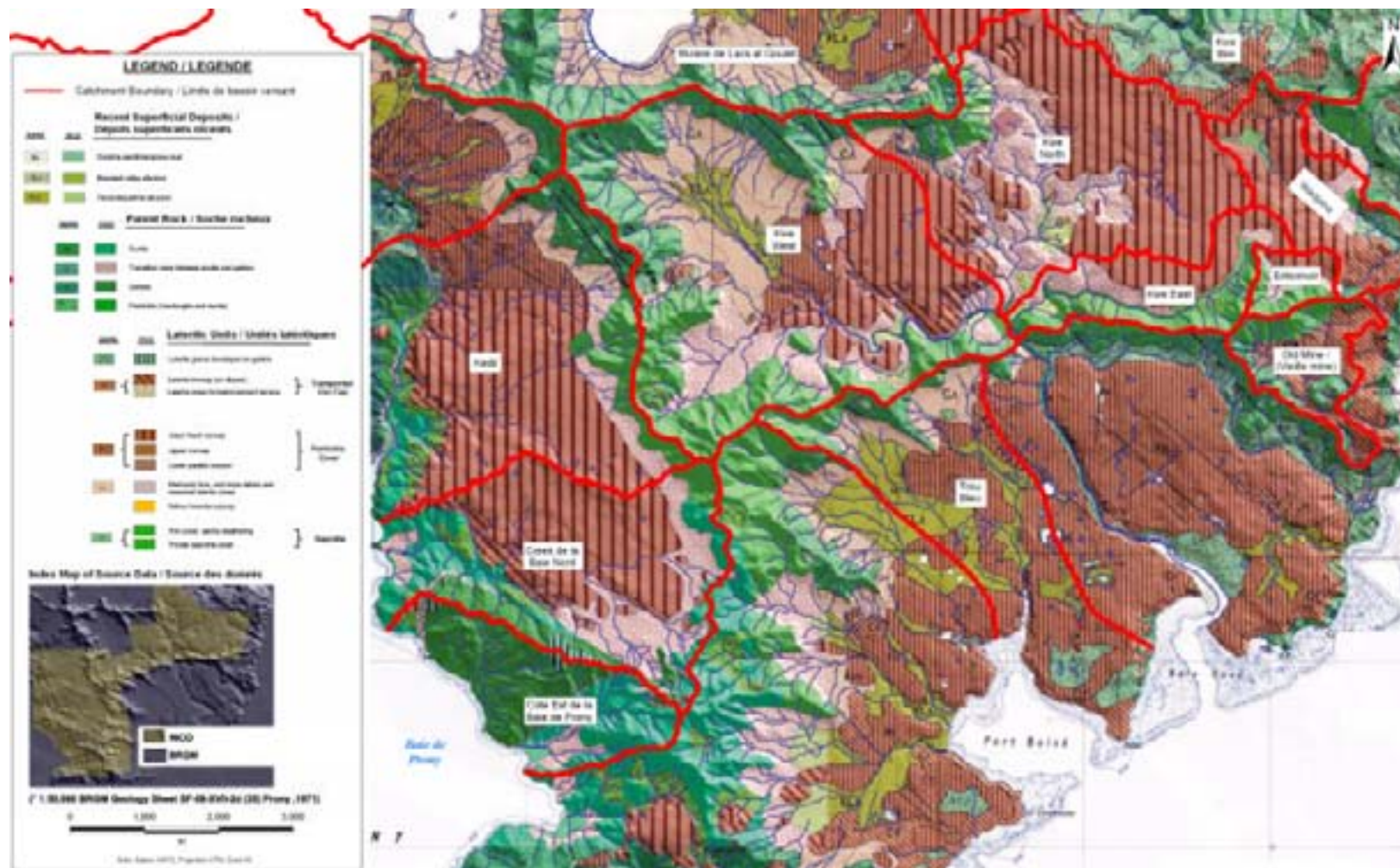


Figure 11 - Géologie du site / Site Geology

Sur les crêtes entourant le site, le socle rocheux est présent à faible profondeur sous une couverture de sol mince. Sur les zones de plateau (site industriel et mine), un profil de sol profond s'est formé suite à l'altération de la péridotite. Ce profil altéré varie en épaisseur (plus de 50 m par endroits) et est généralement constitué de ferricrète (grenaille de fer cimentée) recouvrant la limonite (silt argileux), se changeant verticalement vers le bas en saprolite et substratum rocheux (figure 12). L'unité supérieure (ferricrète) forme un terrain de recouvrement résistant qui est présent sur la plus grande partie des plateaux. Par endroits, le sol a été enlevé des crêtes par les précipitations, formant des dépôts alluvionnaires (silt graveleux) qui peuvent recouvrir le profil d'altération in situ (vallée de la Kwé Ouest par exemple).

On the ridges surrounding the site, the rock occurs at a shallow depth beneath a thin cover of soil material. On the plateau areas (Process Plant and Mine Areas), a deep soil profile has formed by weathering of the Peridotite. This weathered profile varies in thickness (over 50 m in places) and generally consists of Ferricrete (cemented ironstone) overlying Limonite (Clayey Silt), grading down through Saprolite to bedrock (Figure 12). The uppermost unit (Ferricrete) forms a resistant cap that is present over most of the plateau areas. In places, soil material has been washed off the ridges forming fans or thin sheets of alluvium (Gravelly Silt) that can overlie the in-situ weathering profile (West Kwe valley for example).

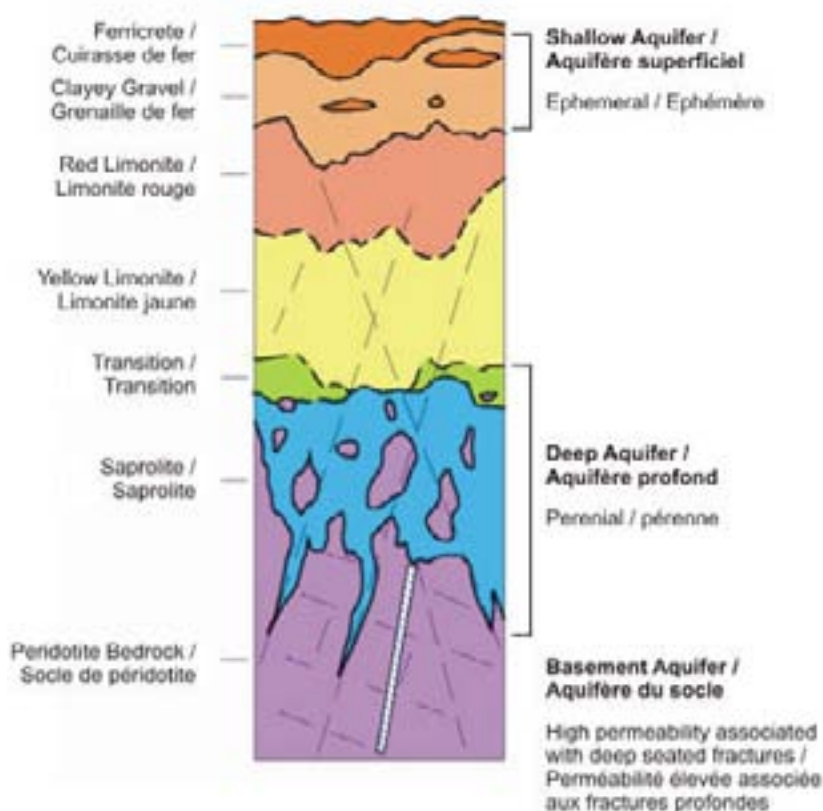


Figure 12 – Profil d'altération / Weathering Profile

Les dolines et les entonnoirs (le terme “aven” est employé dans la terminologie spécialisée) sont des dépressions de la surface du sol et constituent un des traits géologiques importants de la région de Goro. Ces entonnoirs et ces dolines résultent de la dissolution graduelle du substratum rocheux de péridotite sous-jacent suite à l’infiltration des eaux de surface et à l’écoulement des nappes d’eau souterraines. Ceci donne une topographie “pseudo-karstique” qui est la plus évidente dans les bassins profondément altérés de la Kwé Nord et de la Kwé Est, et sur la plaine des Lacs au nord de la zone de la mine (figure 13).

Dolines and sinkholes are depression of the ground surface and are an important geological feature of the Goro area. These sinkholes and dolines form due to gradual dissolution of the underlying peridotite bedrock due to surface water infiltration and groundwater flow. This results in a “pseudo-karst” topography which is most evident in the deeply weathered basins of the North and East Kwe, and the Plaine du Lacs to the north of the mine area (Figure 13).



Figure 13 - Doline de “Le Trou” / Le Trou Doline

Les dolines sont fréquemment associées à des structures majeures dans le substratum rocheux. Elles fournissent des voies d'écoulement préférentielles des nappes d'eau souterraines entraînant un effet d'érosion souterraine, éventuellement exprimé à la surface par un effondrement du sol. Dans certains endroits, des failles majeures constituent des voies d'écoulement des nappes d'eau souterraines entre les bassins-versants. Dans ce cas, il peut y avoir des gains ou des pertes significatives d'eau des bassins-versants suite à l'entrée d'eau dans les dolines ou dans les sources associées à ces formations. En fait, un certain nombre de sous-bassins versants du projet se drainent intérieurement via des entonnoirs, et n'ont aucun exutoire pour les eaux de surface.

Dolines are frequently associated with major structures in the bedrock. These provide preferential groundwater flow paths which lead to sub-surface erosion, ultimately expressed at the surface as ground collapse. In places major faults provide groundwater flow paths between catchments. In these cases there may be significant gain or loss of water from surface catchments through inflow into dolines or springs associated with these features. A number of sub-catchments in the project area actually drain internally via sinkholes, and have no surface water outlet.

1.3 Données hydrologiques

L'hydrologie du site du bassin-versant Kwé est relativement complexe et est constituée d'un certain nombre de mécanismes régissant l'écoulement des cours d'eau. L'écoulement des cours d'eau résulte d'une combinaison de "l'écoulement de base" (écoulement restitué à partir du système de nappe phréatique), "de l'écoulement hypodermique" (écoulement souterrain rapide à travers des fissures ouvertes, des macropores et des zones d'infiltration dans le sol superficiel) et du "ruissellement" à la surface d'un sol à faible perméabilité ou temporairement saturé. Ensemble, l'écoulement hypodermique et le ruissellement de surface constituent "l'écoulement rapide" qui, à Goro, résulte de l'écoulement en surface et de l'écoulement dans l'aquifère superficiel dans la couche de cuirasse de fer.

1.3.1 Suivi de l'écoulement de surface

Les écoulements sont mesurés sur le site depuis 1995, à deux endroits nommés KAL (situé sur la Rivière Kwé principale) et KNL (situé sur la Rivière Kwé Nord) comme l'indique la figure 14. KAL détient l'enregistrement le plus complet pour le site et a un bassin-versant d'environ 33 km².

1.3 Hydrological Data

The hydrology of the Kwe catchment site is quite complex and consists of a number of mechanisms, which generate flow in the rivers. Stream flow is generated by a combination of "baseflow" (return flow from the groundwater system), "interflow" (rapid subsurface flow through open fissures, macropores and seepage zones in the surficial soil), and "saturated overland flow" from the surface of low permeability or temporarily saturated soil. Interflow and saturated overland flow together comprise "rapid flow" which at Goro occurs from surface flow and the shallow aquifer in the Iron Cap layer.

1.3.1 Surface Flow Monitoring

Flows have been monitored on site since 1995 at two locations named KAL (located on the Main Kwe River) and KNL (located on the North Kwe River) as shown on Figure 14. KAL has the most complete record for the site and has a catchment area of approximately 33 km².



Figure 14 – Stations de suivi d'écoulement régionales et de Goro / Regional and Goro Flow Monitoring Stations

La DAVAR a deux stations de mesure d'écoulement régionales situées près du site (figure 14):

- Rivière Des Lacs à Goulet - Située à environ 9 km au nord-ouest du site. Les enregistrements des écoulements ont commencé en 1956 et la surface du bassin-versant est de 75,3 km².
- Rivière Bleue - Située à environ 12 km à l'ouest du site. Les enregistrements des écoulements ont commencé en 1974 et la surface du bassin-versant est de 32,4 km².

Les courbes des débits de ces stations et de KAL sont illustrées à la figure 15.

DAVAR has two regional flow monitoring stations located near the site as follows (Figure 14):

- Rivière Des Lacs at Goulet - Located approximately 9 km north west of the site. Flow records commenced in 1956 with a catchment area of 75.3 km².
- Rivière Bleue - Located approximately 12 km west of the site. Flow records commenced in 1974 with a catchment area of 32.4 km².

The flow duration curves for these gauges and KAL are shown in Figure 15.

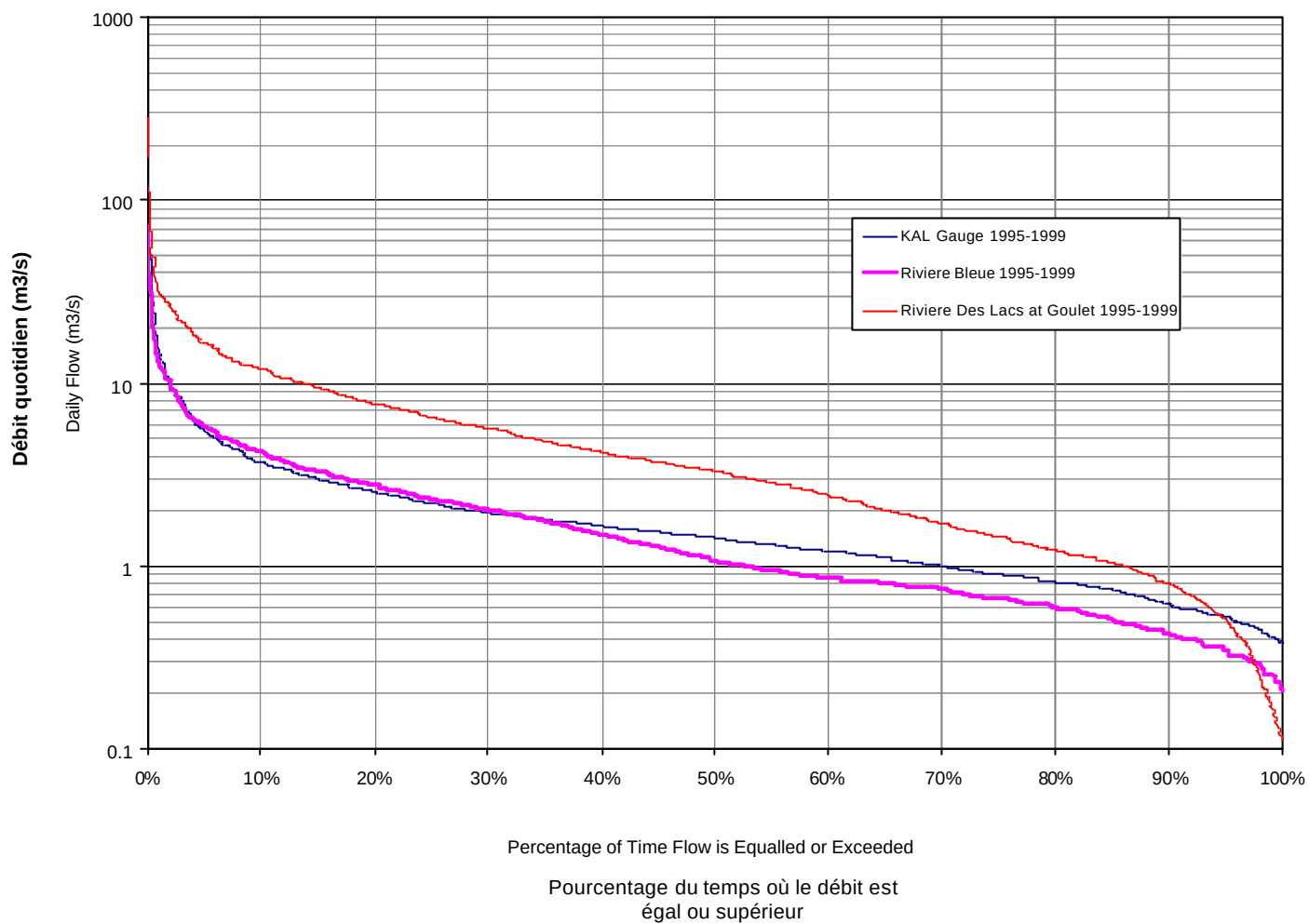


Figure 15 – Courbes des débits/ Flow Duration Curves

1.4 Données hydrogéologiques

Le suivi de la nappe phréatique a été effectué à de nombreux emplacements sur l'ensemble du site de Goro et plus de 300 piézomètres ont été placés à cette fin (figure 16). Les niveaux de nappe phréatique de certains de ces piézomètres sont mesurés depuis 1993 et trente cinq (35) de ces piézomètres ont été utilisés pour prélever et analyser des échantillons d'eau souterraine depuis 1994.

1.4 Hydrogeological Data

Groundwater has been monitored at numerous locations across the Goro Site and more than 300 piezometers have been installed to monitor groundwater (Figure 16). Groundwater levels of some of these piezometers have been monitored since 1993 and thirty-five (35) of these piezometers have been used to sample and analyse groundwater since 1994.

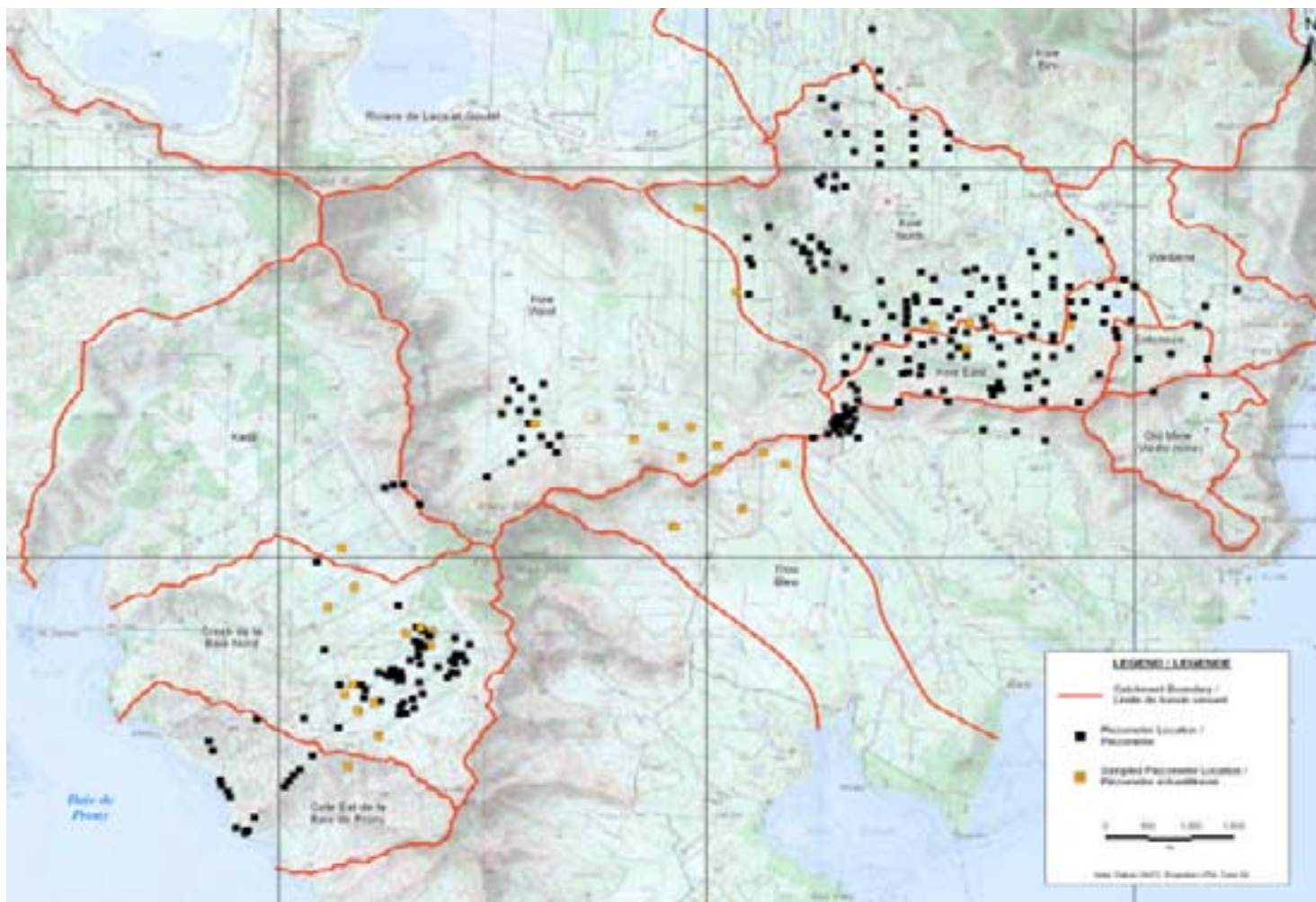


Figure 16 – Stations de suivi des eaux souterraines / Groundwater Monitoring Stations

Les travaux réalisés sur le terrain à ce jour incluent également des essais de perméabilité dans les forages et dans les piézomètres mis en place. Au total, environ 250 essais de perméabilité in situ furent effectués sur le Site de Goro. Ces tests de perméabilité incluent des essais Lugeon, des essais Lefranc, des essais de perméabilité dans les piézomètres et des essais de pompage dans des puits d'essais. Deux études de nappe phréatique avec traceur furent également effectuées sur le site pour évaluer la continuité et la conductivité hydraulique des zones de fractures profondes et des connexions entre bassins-versants à travers ces zones de fractures profondes.

Les conductivités hydrauliques estimées à partir de ces essais in situ pour les différentes unités hydrogéologiques sont indiquées au tableau 1.

Fieldwork completed to date has also included permeability tests in boreholes and installed piezometers. A total of approximately 250 in-situ permeability tests were completed at the Goro Site. The permeability tests carried out include Lugeon tests, Lefranc test, permeability tests in piezometers and pumping tests in water bores. Two groundwater tracer studies have also been carried out at the site to assess continuity and hydraulic conductivity of deep fracture zones and inter-catchment connections through these deep fracture zones.

The hydraulic conductivities estimated from these in-situ tests for the different hydrogeological units are shown in Table 1.

Tableau/Table 1 – Conductivité hydraulique des unités hydrogéologiques / Hydrogeological Units Hydraulic Conductivity

Unité hydrologique / Hydrological Unit	Aquifère / Aquifer	Conductivité hydraulique / Hydraulic Conductivity (m/s)		
		Limite inférieure / Lower Bound	Limite supérieure / Upper Bound	Valeur moyenne / Mean Value
Cuirasse de fer et grenaille / Iron Cap and Iron Shot	Aquifère superficiel / Shallow Aquifer	Aucune donnée / No data	Aucune donnée / No data	Aucune donnée / No data
Alluvions / Alluvium		10^{-6}	10^{-5}	5×10^{-6}
Limonite / Limonite	Aquitard / Aquitard	10^{-8}	10^{-5}	5×10^{-6}
Saprolite / Saprolite	Aquifère profond / Deep Aquifer	10^{-7}	10^{-4}	1×10^{-5}
Péridotite non fracturée / Un- fractured Peridotite		10^{-9}	10^{-5}	3×10^{-7}
Péridotite fracturée / Fractured Peridotite	Aquifère du socle / Basement Aquifer	10^{-6}	10^{-3}	2×10^{-5}

2.0 HYDROLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

2.1 Identification des bassins versants

Un résumé de chaque bassin-versant régional est repris dans les sections suivantes (figure 17).

2.0 HYDROLOGIE AND HYDROGEOLOGIE

2.1 Identification of Catchments

A summary of each of the regional surface catchments is provided in the following sections (Figure 17).



Figure 17 – Bassins-versants / Catchments

2.1.1 Bassin-versant du bassin Kwé

Le bassin Kwé, principal bassin-versant du site de Goro, a une superficie de 33 km² à la station KAL et draine vers le sud dans le Canal de Havannah. Ce bassin est entouré de crêtes montagneuses au nord, à l'ouest et au sud. Trois cours d'eau drainent ce bassin:

1. La Kwé Ouest avec un bassin-versant de 18,1 km²;
2. La Kwé Nord avec un bassin-versant de 11,6 km²; et
3. La Kwé Est avec un bassin-versant de 3,3 km².

Ces trois rivières convergent dans la Kwé Principale en amont de la station KAL. La rivière Kwé inférieure se décharge dans la Baie Kwé et a un bassin-versant de 8,4 km².

Le Plateau de Goro, qui est le site initial de la mine, est confiné entre la Kwé Nord à l'ouest, les bassins-versants de la Plaine des Lacs et de la Kwé Bini au nord, le bassin versant de la Wadjana à l'est et la rivière Kwé Est et la Crête Sud au sud.

2.1.2 Bassin-versant Rivière des Lacs

Le bassin-versant de la Rivière des Lacs, dont la surface est de 75,3 km² à la station Goulet, est adjacent à la limite nord du bassin-versant de la Kwé. Le ruissellement des eaux de surface draine vers le nord de la Plaine des Lacs dans une série de grands lacs. Des travaux de recherche menés dans le bassin de la Kwé Nord ont indiqué que la nappe d'eau souterraine s'écoule de la Plaine des Lacs vers le bassin-versant de la Kwé, et on soupçonne que la Plaine des Lacs alimente également la Kwé Bini.

2.1.1 Kwe Basin Catchment

The Kwe basin, the main catchment at the Goro Site, has a catchment area of 33 km² at the KAL station and drains to the south into the Canal de Havannah. This basin is surrounded by mountain ridges to the north, west and south side. Three rivers drain this basin:

4. The Kwe West with a catchment of 18.1 km²;
5. The Kwe North with a catchment of 11.6 km²; and
6. The Kwe East with a catchment of 3.3 km².

These three rivers converge into the Kwe Main upstream of the KAL station. The lower Kwe river discharges into Baie Kwé and has a catchment of 8.4 km².

The Plateau de Goro, which is the initial mine site, is confined within the Kwe Nord to the west, the Plaine des lacs and Kuebini watersheds to the north, the Wadjana watershed to the east and the Kwe East river and South Ridge to the south.

2.1.2 Riviere des Lacs

The Riviere des Lacs catchment, which has an area of 75.3 km² at the Goulet station, is adjacent to the northern catchment boundary of the Kwe. Surface water runoff drains in a northerly direction into a series of large lakes and away from the Plaine Des Lacs. Investigation work in the Kwe North has indicated that groundwater flows from the Plaine Des Lacs into the Kwe catchment, and it is suspected that the Plaine Des Lacs also feeds the Kwe Bini.

2.1.3 Bassin-versant Kwé Bini

Le bassin-versant de la Kwé Bini, situé au nord du Plateau de Goro et adjacent à la limite est de la Rivière des Lacs, a une superficie de 38 km² et s'écoule vers le sud-est. La rivière Kuebini coule vers l'est et se décharge dans un lagon au nord du village de Goro.

2.1.4 Bassin-versant Wadjana

Le bassin-versant Wadjana, adjacent à la limite est du bassin-versant de la Kwé, a une surface de captage de 3,7 km² et s'écoule vers le sud-est. Bien que les écoulements dans la Wadjana n'aient pas été mesurés, il y a une installation hydro-électrique sur la Wadjana qui pourrait fournir des données d'écoulement pour cette rivière

2.1.5 Bassins-versants Entonnoir et Vieille Mine

Les bassins-versants de l'Entonnoir et de la Vieille Mine sont situés au sud-est du bassin-versant de la Kwé et juste au sud du bassin-versant de la Wadjana. L'Entonnoir a une surface de captage de 0,9 km² et le bassin-versant de la Vieille Mine a une surface de 2,3 km². Aucun ruisseau drainant vers l'extérieur de ces bassins-versants n'est visible, et on soupçonne que les ruisseaux présents dans ces bassins-versants ont tendance à couler uniquement après les pluies, drainent intérieurement dans des dolines et puis à travers des voies d'écoulement souterraines vers la mer. Les écoulements des ruisseaux visibles n'ont pas été mesurés. Un certain nombre de sources ont été identifiées sur la face est de la falaise surplombant le village de Goro. La qualité de l'eau de ces sources est présentée au tableau 2.

2.1.3 Kwe Bini Catchment

Kwe Bini catchment, located north of the Plateau de Goro and adjacent to the Rivière des Lacs eastern boundary, has a catchment area of 38 km² and drains to the South-East. The Kuebini rivers flows to the east and discharges into a lagoon north of the Goro village.

2.1.4 Wadjana Catchment

The Wadjana catchment, located adjacent to the Kwe eastern catchment boundary, has a catchment area of 3.7 km². and drains to the South-East. While flows in the Wadjana have not been measured, there is a hydro power site on the Wadjana that would be able to provide flow data for this river.

2.1.5 Entonnoir and Old Mine Catchments

The Entonnoir and Old Mine catchments are located to the south east of the Kwe catchment and immediately to the south of the Wadjana catchment. Entonnoir has a catchment area of 0.9 km² and the Old Mine catchment has an area of 2.3 km². There is no offsite creek drainage visible, and it is suspected that surface creeks which tend to run only after rainfall, drain internally into dolines and then through subterranean flow paths into the sea. Flows in the short sections of visible creeks have not been measured. A number of spring have been identified on the eastern face of the cliff overlooking the Goro village. The water quality of these springs are presented in Table 2.

Tableau/Table 2 – Moyenne des résultats de qualité de l'eau des sources / Average Water Quality Results from Springs

Organoleptic Parameters	Paramètres organoleptiques	MOYENNE
Turbidity(NTU)	Turbidité (NTU)	2,5
Physico-Chemical Parameters	Paramètres physico-chimiques	
pH	pH	7,5
Conductivity (µS/cm à 25°C)	Conductivité (µS/cm à 25°C)	115,0
Chlorides (mg/L)	Chlorures (mg/L)	17,3
Sulphates (mg/L)	Sulfates (mg/L)	5,9
Magnesium (mg/L)	Magnésium (mg/L)	12,0
Calcium (mg/L)	Calcium (mg/L)	0,5
TDS (mg/L)	Matières en solution (mg/L)	66,4
TSS (mg/L)	Matières en suspension (mg/L)	3,5
Unwanted Parameters	Substances indésirables	
Ammonium (mg/L)	Ammonium (mg/L)	<0,01
Nitrites (mg/L)	Nitrites (mg/L)	<0,02
Dissolved Hydrocarbons (C6-C9) (µg/L)	Hydrocarbures dissous (C6-C9) (µg/L)	<20
Dissolved Hydrocarbons (C10-C14) (µg/L)	Hydrocarbures dissous (C10-C14) (µg/L)	<20
Dissolved Hydrocarbons (C15-C18) (µg/L)	Hydrocarbures dissous (C15-C18) (µg/L)	<100
Dissolved Hydrocarbons (C29-C36) (µg/L)	Hydrocarbures dissous (C29-C36) (µg/L)	<100
Phenols (mg/L)	Phénols (mg/L)	<0,01
Surfactants	Agent de surface réagissant au bleu de méthylène	<0,05
Fe Total (mg/L)	Fe total (mg/L)	<0,05
Fe ++ (mg/L)	Fe ++ (mg/L)	<0,005
Manganese (mg/L)	Manganèse (mg/L)	<0,005
Copper (mg/L)	Cuivre (mg/L)	<0,005
Zinc (mg/L)	Zinc (mg/L)	<0,005
Boron (mg/L)	Bore (mg/L)	<0,005
Barium (mg/L)	Baryum (mg/L)	<0,005
Toxic Parameters	Substances toxiques	
Arsenic (mg/L)	Arsenic (mg/L)	<0,005
Cadmium (mg/L)	Cadmium (mg/L)	<0,005
Chromium Total (mg/L)	Chrome total (mg/L)	0,020
Lead (mg/L)	Plomb (mg/L)	<0,005
Mercury (mg/L)	Mercure (mg/L)	<0,00005
Selenium (mg/L)	Sélénium (mg/L)	<0,005
Nickel (mg/L)	Nickel (mg/L)	0,012
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (µg/L)	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (µg/L)	1,0
	Enregistrement Calédonienne des eaux	
BOD (mg/L O2)	Demande Biochimique en Oxygène (mg/L O2)	1,6
COD (mg/L O2)	Demande Chimique en Oxygène (mg/L O2)	<5

2.1.6 Bassin-versant Crête Sud

Le bassin-versant dit de la Crête Sud, avec une superficie de 1,4 km², est situé au sud de la limite du bassin-versant de la Kwé Est et se draine vers l'ouest dans la Kwé en aval de la station KAL. Bien que les écoulements n'aient pas été mesurés pour ce bassin-versant, il a été observé que le bassin-versant de la Crête Sud ne coule qu'après des périodes de fortes précipitations et se dessèche sur la plus grande partie de sa longueur pendant la saison sèche.

2.1.7 Bassin-versant Trou Bleu

Le bassin-versant de la rivière Trou Bleu, avec une superficie de 8,5 km², est adjacent au sud de la limite du bassin-versant de la Kwé Ouest et s'écoule vers le sud-est dans le Canal de la Havannah. Les écoulements de la rivière Trou Bleu n'ont pas été mesurés, mais des observations ont indiqué que les écoulements de surface sont alimentés en partie par un certain nombre de sources (figure 18) et que certains tributaires cessent de couler pendant les périodes sèches.

2.1.6 South Ridge Tributary Catchment

The South Ridge catchment tributary, with a catchment area of 1.4 km², is to the south of the Kwe East catchment boundary and drains to the west into the Kwe downstream of the KAL station. While flows have not been measured for this catchment, it has been observed that the South Ridge catchment tributary only flows following periods of high rainfall, and dries up over most of its length during the dry season.

2.1.7 Trou Bleu Catchment

The Trou Bleu, with a catchment area of 8.5 km², is located adjacent to the south of the Kwe West catchment boundary and drains to the south east into the Canal de la Havannah. The flows in the Trou Bleu have not been measured, but observations have shown that the surface flows are supplemented by a number of springs (Figure 18) and some tributaries stop flowing in the dry periods.



Figure 18 – Un écoulement de source type / A Typical Spring Flow

2.1.8 Bassin-versant Côte Est de la Baie de Prony

Le bassin-versant de la Côte Est de la Baie de Prony, avec une superficie de 4,4 km², est situé au sud-ouest du bassin-versant de la Kwé. Il s'écoule vers le sud dans la Baie de Prony ; il n'y a aucun ruisseau visible dans ce bassin-versant.

2.1.9 Bassin-versant Creek de la Baie Nord

Le bassin-versant du Creek de la Baie Nord, avec une superficie de 9,9 km², est situé à l'ouest du bassin-versant de la Kwé et s'écoule vers l'ouest dans la Baie de Prony. Les écoulements dans le bassin-versant du Creek de la Baie Nord ont été mesurés par Goro Nickel S.A.

2.1.10 Bassin-versant de la rivière Kadji

Le bassin-versant de la rivière Kadji, avec une superficie de 14,7 km², est situé à l'ouest du bassin-versant de la Kwé et au nord du bassin-versant du Creek de la Baie Nord et s'écoule vers l'ouest dans la Baie de Prony. Les écoulements de ce bassin-versant n'ont pas été mesurés.

2.2 Modèle hydrologique et interconnectivité des bassins-versants

La modélisation hydrologique du bassin-versant de Kwé a indiqué que, si les précipitations sont considérées comme étant la seule source d'eau, il est nécessaire d'inclure une composante extérieure à l'écoulement d'eau dans le bassin-versant pour correspondre aux écoulements de rivière mesurés. Cette composante extérieure a été ajoutée au modèle hydrologique pour obtenir un bilan hydrique équilibré entre le volume d'eau qui entre dans le système modélisé et le volume d'eau qui en

2.1.8 Cote Est de la Baie de Prony

The Cote Est de la Baie de Prony, with a catchment area of 4.4 km², is located to the south west of the Kwe catchment. It drains south into the Baie de Prony and there are no visible creeks in this catchment.

2.1.9 Creek de la Baie Nord Catchment

Creek de la Baie Nord, with a catchment area of 9.9 km², is located to the west of the Kwe catchment and drains to the west into Baie de Prony. Flows in the Creek de la Baie Nord catchment are been measured by Goro Nickel S.A.

2.1.10 Kadji River Catchment

The Kadji River catchment, with a catchment area of 14.7 km², located to the west of the Kwe catchment and to the north of the Creek de la Baie Nord catchment, drains to the west into the Baie de Prony. Flows have not been measured for this catchment.

2.2 Hydrological Model and Interconnectivity of Catchments

Hydrological modelling of the Kwe catchment has indicated that if rainfall is considered as the only source of water for the catchment, it is necessary to include an off-catchment component to the water inflow into the catchment to match the measured river flows. This off-catchment component has been added to the hydrological model to get a balanced water mass between the water entering the modelled system and the water exiting the system. This off-catchment component is added as baseflow, which is the release of groundwater into

ressort. Cette composante hors-bassin versant est ajoutée en tant que débit de base, c'est à dire la décharge de la nappe phréatique dans le réseau fluvial. Cette composante hors-bassin versant constitue une fraction de l'écoulement de base dans le système Kwé modélisé.

Cette composante hors-bassin versant est conforme aux observations sur le terrain qui suggèrent qu'une partie du débit de base dans les parties supérieures du système fluvial de la Kwé est alimentée par la nappe phréatique des bassins-versants adjacents. On sait que l'écoulement hypodermique inter-bassin-versant existe également pour les petits bassins-versants topographiquement fermés tels que les bassins-versants de l'Entonnoir et de la Vieille Mine où toute l'eau de ruissellement se recueille aux points bas des bassins-versants et est drainée sous terre par des entonnoirs.

Sur la base des mesures des niveaux d'eau souterraine dans le secteur de la Kwé Nord et des niveaux d'eau dans Le Trou, on soupçonne que la doline Le Trou de la Plaine des Lacs (figure 13) alimente en eau le bassin-versant de Kwé Nord.

2.3 Hydrogéologie

Les unités hydrogéologiques du site de Goro incluent un aquifère superficiel, un aquitard, un aquifère profond et un aquifère de zone de fracture profond. La figure 19 montre un schéma de ces unités hydrogéologiques et les sections suivantes décrivent chaque unité en détail.

the river system. This off-catchment component accounts for a fraction of the baseflow in the modelled Kwe system.

This off-catchment component is consistent with field observations that suggest some of the baseflow in the upper reaches of the Kwe river system is fed by groundwater from the adjacent catchments. Inter-catchment sub-surface flow is also known to exist for small topographically enclosed catchments like the Entonnoir and the Old Mine catchments where all run-off collects at the low points of the catchments and is drained to the sub-surface by sinkholes.

The Le Trou doline in the Plain des Lacs (Figure 13) is suspected of feeding water into the Kwe North catchment, based on piezometric water levels readings in the Kwe North and associated water levels in Le Trou.

2.3 Hydrogeology

Hydrogeological units at the Goro Site include a shallow aquifer, an aquitard, a deep aquifer and the deep fracture zone aquifer. Figure 19 shows a diagram of these hydrogeological units and the sections below provide a detailed description of each unit

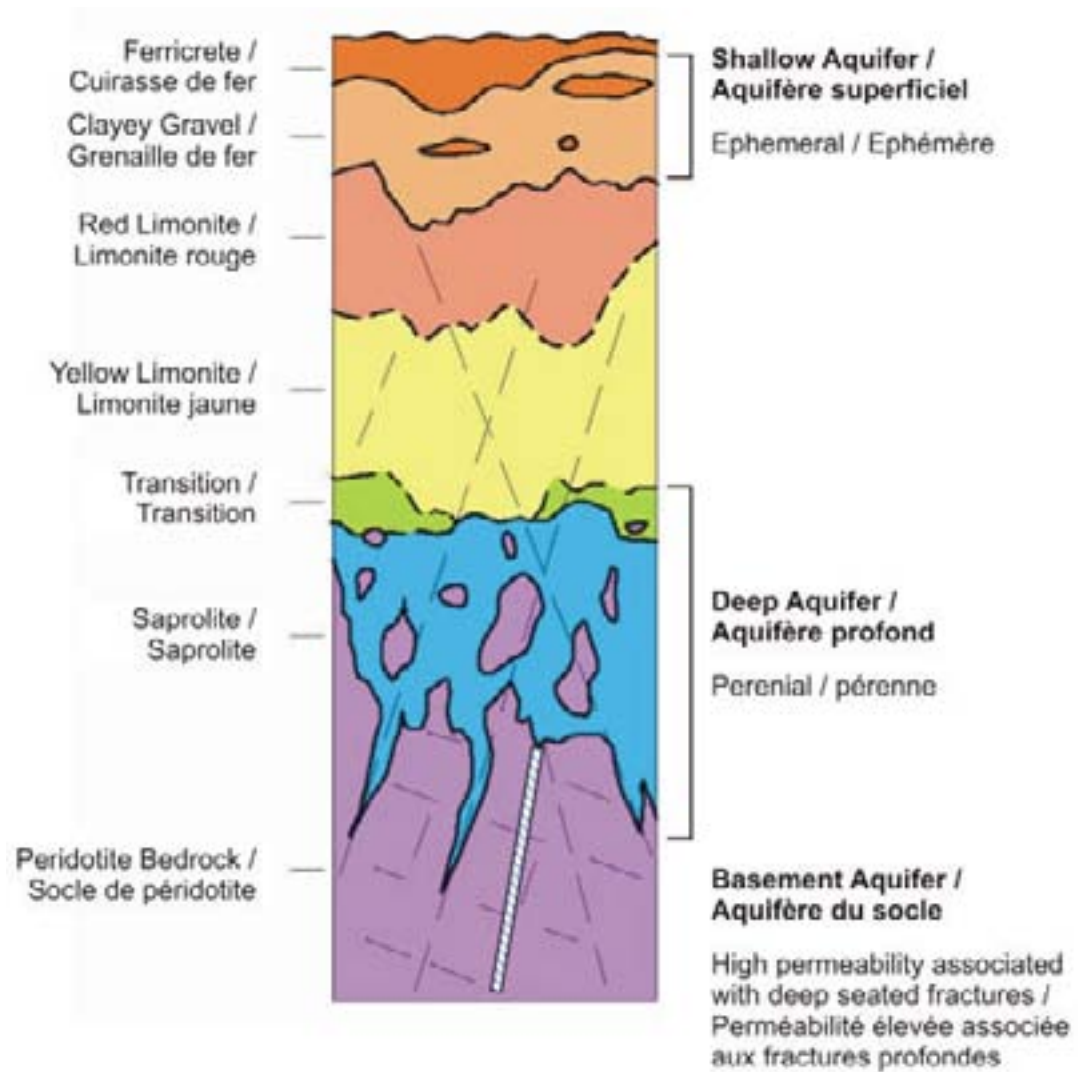


Figure 19 – Aquifères de Goro / Aquifers at Goro

2.3.1 Aquifère superficiel (cuirasse de fer/grenaille)

L'aquifère superficiel comprend principalement la zone de grenailles à la base de la cuirasse de fer et des fissures à l'intérieur de la cuirasse de fer. L'aquifère superficiel est un aquifère saisonnier (éphémère) caractérisé par des conductivités hydrauliques potentiellement élevées et des écoulements importants associés à des pluviosités importantes. Cet aquifère réagit directement aux précipitations en acceptant les eaux de pluie qui s'infiltrant et en transmettant de l'eau latéralement à faible profondeur vers les points topographiquement bas, tels que les cours d'eau qui drainent la zone (figure 21).

2.3.1 Shallow Aquifer (Iron Cap/Iron Shot)

The shallow aquifer is primarily comprised of the Iron Shot zone at the base of the Iron Cap and fissures within the Iron Cap. The shallow aquifer is an ephemeral aquifer with potentially very high hydraulic conductivities and high flows associated with major rain events. This aquifer responds directly to rainfall by readily accepting infiltrating rainwater and transmitting water laterally at shallow depths to adjacent points to discharge in lower topography, such as the streams draining the area (Figure 21).

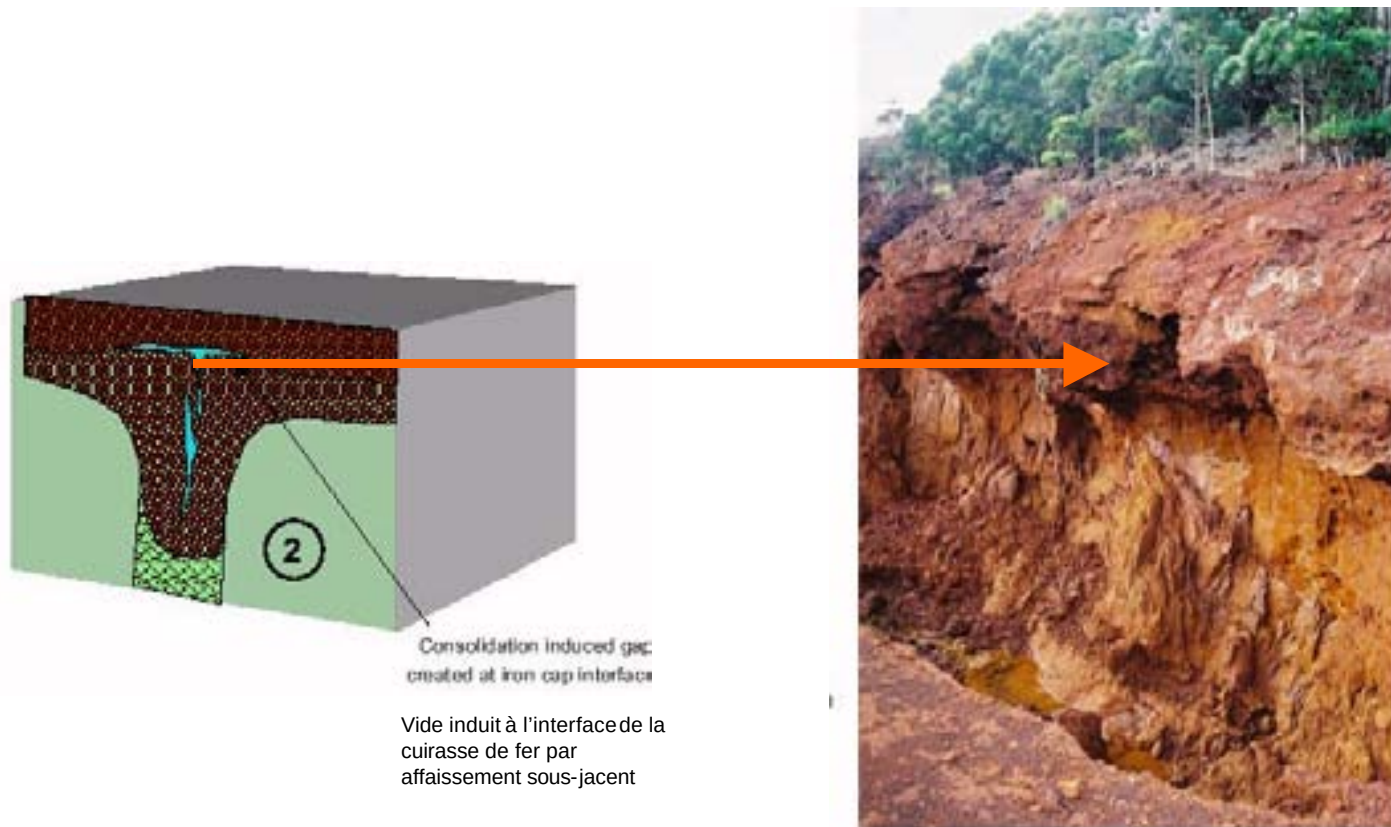


Figure 20 –Aquifère de cuirasse et grenaille de fer / Ironstone Aquifer

Les directions d'écoulement dans cet aquifère superficiel sont semblables à celles de l'écoulement de surface (c-à-d. le ruissellement) lesquelles correspondent à la pente du terrain. Cet aquifère est limité principalement à la zone du Plateau de Goro avec des présences mineures quand des zones restantes de cuirasse de fer sont présentes hors du plateau principal.

2.3.2 Aquitard (limonite)

On sait que la zone de limonite transmet de l'eau dans les directions latérales et verticales. La partie supérieure de la limonite présente des fissures ouvertes qui peuvent transmettre des volumes significatifs d'eau, principalement pendant la saison humide. Cet écoulement contribue à l'écoulement de base qui continue dans les cours d'eau locaux après le ruissellement rapide initial. Cette portion supérieure de la limonite n'est toutefois pas saturée toute l'année et a tendance à se comporter comme l'aquifère superficiel (saisonnier).

Il est interprété que la portion inférieure de la limonite se comporte comme un aquitard qui recharge lentement l'aquifère profond (saprolite) pendant toute l'année. Cet aquitard est présent sur la plus grande partie du Site de Goro, hormis certaines vallées où la péridotite est exposée à la surface et certaines vallées qui sont remplies d'alluvions récentes.

The flow within this shallow aquifer mirrors that of surface flow directions (i.e run-off) reflecting the slope of land. This aquifer is limited mainly to the Goro Plateau area with minor occurrence when remnants of the Iron Cap is present outside the main plateau.

2.3.2 Aquitard (Limonite)

The Limonite zone is known to transmit water in both the lateral and the vertical directions. The upper part of the Limonite displays open fissures that can transmit significant volumes of water mainly during the wet season. This flow contributes to the baseflow that continues in local streams after the initial rapid runoff. However, this upper portion of the Limonite does not remain saturated all year round and tends to behave like the upper (ephemeral) aquifer.

The lower portion of the Limonite is interpreted to behave like an aquitard that provides slow recharge to the deep Saprolite aquifer throughout the year. This aquitard is present over most of the Goro site with the exception of some of the valleys where Peridotite is exposed at surface and some valleys are filled with recent alluvium.

2.3.3 Aquifère profond (saprolite)

L'aquifère profond est composé de la zone de transition et la saprolite (figure 22). Les directions de l'écoulement des nappes d'eau souterraines dans cet aquifère ne correspondent pas nécessairement à celles de l'aquifère superficiel et sont contrôlées localement par des structures géologiques (failles) qui peuvent développer un système "pseudo-karstique". L'aquifère profond est en général confiné ou partiellement confiné par l'unité de limonite qui sépare les aquifères superficiels et profonds. L'aquifère profond affleure à la surface principalement dans la partie aval des vallées de la Kwé Nord et de la Kwé Est.

2.3.3 Deep Aquifer (Saprolite)

The deep aquifer comprises the Transition zone and the Saprolite zone (Figure 22). The groundwater flow directions in this aquifer do not necessarily match those of the shallow aquifer and are controlled locally by geological structures (faults) that can develop into "pseudo-karst" system. The deep aquifer is in general confined or partially confined by the Limonite unit which separates the shallow and the deep aquifers. The deep aquifer day lights mainly in the downstream part of the Kwe North and Kwe East valleys.

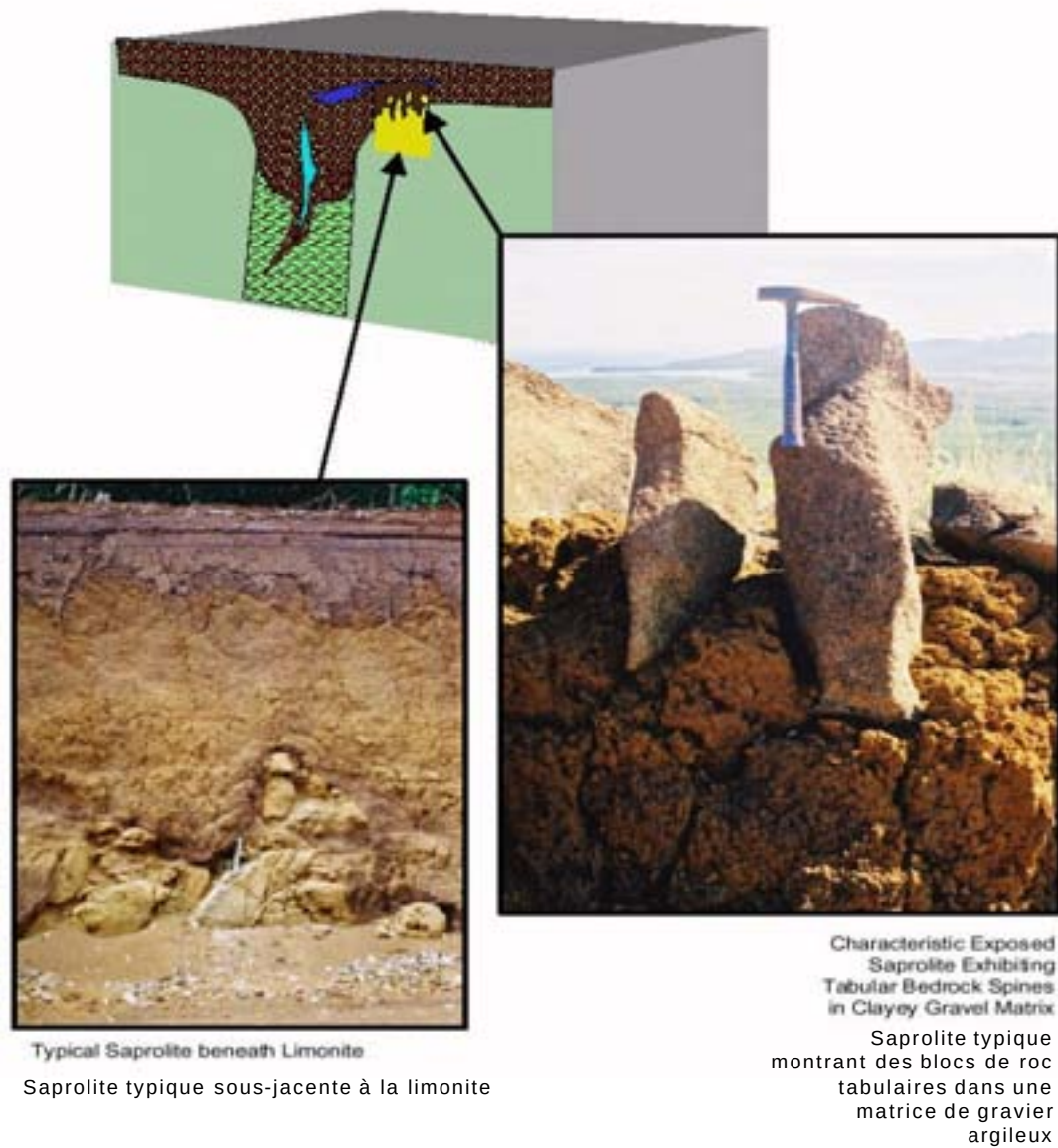


Figure 21 – Aquifère profond / Deep Aquifer

2.3.4 Aquifère du socle (zones de fractures profondes)

Le substratum rocheux de péridotite non fracturé est caractérisé par de faibles conductivités hydrauliques. Toutefois, lorsque des zones de fracture sont présentes, la conductivité hydraulique peut être relativement élevée. Quand un “pseudo-karst” se développe dans ces zones de fracture, l’augmentation de la conductivité hydraulique peut être encore plus significative avec des valeurs estimées de l’ordre de 10^{-3} m/s.

Les configurations de l’écoulement dans les fractures peuvent suivre les directions d’écoulement des aquifères profonds mais, comme des essais au traceur l’ont indiqué, un écoulement à travers les bassins-versants peut également se produire. Ce type d’écoulement est strictement dicté par l’orientation de la(des) zone(s) fracturée(s) et, quand il se produit, ne présente aucune coïncidence avec les directions d’écoulement observées dans l’aquifère profond ou la péridotite non fracturée adjacente.

2.3.5 Entonnoirs et Dolines

Les entonnoirs et les dolines sont une autre caractéristique du système hydrogéologique de Goro et jouent un rôle actif dans l’écoulement des nappes d’eau souterraines sur le site.

Les niveaux d’eau dans les entonnoirs varient avec le climat, ce qui indique qu’une forte conductivité hydraulique existe à la base de ces dépressions, généralement dans la saprolite ou dans l’aquifère du socle fracturé.

Une doline est une dépression close formée par la subsidence du sol, et qui se forme généralement lentement sur plusieurs années. L’interprétation quant à la formation d’une doline à Goro est

2.3.4 Basement Aquifer (Deep Fracture Zones)

The un-fractured Peridotite bedrock is characterised by low hydraulic conductivities. However, when fracture zones are present the hydraulic conductivity can be relatively high. When “pseudo-karst” develop in these fracture zones then the increase in hydraulic conductivity can be even more significant with estimated values in the order of 10^{-3} m/s.

The flow patterns in the fractures can follow the deep aquifer flow directions but, as it has been observed from tracer tests, cross-catchment flow can also occur. This type of flow is strictly dictated by the orientation of the fractured zone(s) and where it occurs it does not show any coincidence with the flow directions observed in the deep aquifer or the adjacent un-fractured Peridotite.

2.3.5 Sinkholes and Dolines

Another feature of the hydrogeological system at Goro are the sinkholes and the dolines which play an active role in groundwater flow at the site.

The water levels in sinkholes vary with the climate indicating that high permeability exists at the base of the sinkholes, most likely in the Saprolite zone or fractured basement aquifer.

A doline is an enclosed depression formed by subsidence of the ground, and which usually appears slowly over a period of years. The formation of a doline at Goro is interpreted to occur from the eventual plugging of a sinkhole and these features are therefore less permeable at

qu'elle résulte du colmatage éventuel d'un entonnoir et ces formations sont donc moins perméables à leur base. Elles forment souvent des marais, des dépressions revégétalisées ou des lacs permanents (figure 23).

their base. Many of these form permanent lakes, swamps or revegetated depressions (Figure 23).



Figure 22 – Dolines typiques / Typical Dolines

Combinée à la fissuration et à la subsidence de la cuirasse de fer intacte, la formation des entonnoirs peut progresser de l'interface substratum rocheux/saprolite jusqu'à la surface du sol. Le fait qu'ils se forment signifie qu'une bonne interconnectivité existe entre la nappe phréatique et les linéaments sous-jacents.

Une fois pleinement développés, ces entonnoirs servent de conduits pour l'entrée des eaux de surface, ainsi que pour l'érosion de sédiment à travers le système "pseudo-karstique". Cela mène toutefois éventuellement à leur fin en tant que formations actives. L'écoulement vers le bas et la sédimentation continue, ainsi que le glissement des parois des entonnoirs entraînent le colmatage éventuel de la base de l'entonnoir. A ce stade, la structure entonnoir/doline se comporte comme un "filtre à café" et retient désormais les précipitations incidentes pendant des périodes plus prolongées. Eventuellement, si la base devient complètement colmatée, la dépression en

Combined with cracking and subsidence of the intact Iron Cap, the formation of sinkholes can progress right through from the bedrock/Saprolite interface to the ground surface. The fact that they occur means that good interconnectivity exists in underlying groundwater channels and lineaments.

Once fully developed, such sinkholes act as conduits for surface water inflow, as well as for eroding of sediment through the "pseudo-karst" system. This, however, eventually leads to their demise as active features. Continued sedimentation and downwashing of material, plus slumping of the sides of the oversteepened sinkholes leads to eventual plugging of the base of the sinkhole. At this stage, the sinkhole/doline structure acts like a "coffee filter" and now retains through-flow and incident precipitation for more lengthy periods. Eventually if the base becomes completely clogged, the sinkhole depression may change to a doline, which can become a

entonnoir peut se transformer en doline qui peut devenir un lac permanent (figure 23). permanent lake (Figure 23).



Figure 24 – Lac de Doline / Doline Lake

2.3.6 Recharge des aquifères

A Goro, presque toutes les précipitations s'infiltrant immédiatement dans le sol, dans l'aquifère superficiel. Cependant, seule une partie d'entre elles s'infiltrer plus profondément. Une recharge vers des zones plus profondes se produit quand les conditions topographiques et géologiques permettent à une partie importante des précipitations de s'infiltrer au-delà de l'aquifère superficiel, vers l'aquifère profond. Ceci est généralement le cas sur le Plateau de Goro où l'infiltration se produit directement quand une "fenêtre" existe dans la couche de limonite (c.-à-d. un entonnoir ou une doline) ou indirectement via la couche confinante de limonite lorsque l'aquifère profond est confiné.

Les zones de décharge correspondent aux zones où la nappe phréatique pénètre dans les cours d'eau via divers mécanismes.

Le haut potentiel d'infiltration du sol dans les bassins-versants du système de la Kwé Nord entraîne un ruissellement primaire qui produit un "écoulement rapide"¹ à partir des précipitations qui s'infiltrer à la surface, lequel "écoulement rapide" se déplace latéralement dans une zone saturée temporaire (l'aquifère superficiel) dans la cuirasse de fer². Cette eau atteint rapidement les canaux fluviaux et diffère de l'écoulement d'aquifère profond par la rapidité de sa réponse et sa magnitude relativement grande. En général,

2.3.6 Aquifer Recharge

At Goro almost all precipitation infiltrates immediately into the ground, into the shallow aquifer. However, only part of this infiltrates deeper than the shallow aquifer. Recharge to deeper zones occurs where the topographic and geological conditions allow a significant part of the precipitation to infiltrate beyond the shallow sub-surface, to the deep aquifer. This is generally the case on the Goro Plateau where infiltration occurs directly when a "window" exists in the Limonite layer (ie. a sinkhole or a doline) or indirectly via the confining Limonite layer when the deep aquifer is confined.

The discharge areas correspond to areas where the groundwater enters the streams via a variety of mechanisms.

The high infiltration potential of the soil within the catchments of the northern Kwe system results in the primary runoff occurring as "rapid flow"¹ from precipitation that infiltrates at the surface, then moving laterally in a temporary saturated zone (the shallow aquifer) within the Iron Cap². This water reaches the stream channels quickly and differs from the deep aquifer flow by the rapidity of its response and its relatively large magnitude. This water is also generally of lower pH (4.0 to 4.5).

A portion of the water that reaches the interface

¹ L'écoulement du cours d'eau est généré par la combinaison d'un "écoulement de base" (écoulement restitué de la nappe phréatique), un "écoulement hypodermique" (écoulement rapide à travers des fissures ouvertes, des macropores, et des zones d'infiltration dans le sol superficiel) et le ruissellement à la surface d'un sol peu perméable ou temporairement saturé. L'écoulement hypodermique et le ruissellement constituent "l'écoulement rapide" qui, à Goro se produit dans l'aquifère superficiel.

² Dans ce contexte, la cuirasse de fer inclut les zones de cuirasse et de grenaille.

¹ Stream flow is generated by a combination of "baseflow" (return flow from groundwater), "interflow" (rapid subsurface flow through open fissures, macropores, and seepage zones in the surficial soil), and "saturated overland flow" (from the surface of poorly permeable or temporarily saturated soil). Interflow and saturated overland flow together comprise "rapid flow" which at Goro occurs from the shallow aquifer.

² Iron cap in this context includes the Iron Cap and the Iron Shot zones.

cette eau est aussi d'un pH faible (4.0 à 4.5).

Une partie de l'eau qui atteint l'interface entre la cuirasse de fer et la limonite sous la cuirasse de fer, se dirige vers le bas pour recharger l'aquifère profond tandis que le reste se déplace latéralement vers le fond des vallées, constituant ainsi une partie de l'écoulement de base.

L'écoulement de base qui atteint les cours d'eau à Goro provient de l'aquifère profond (surtout là où il est proche de la surface topographique ou là où il affleure) et du drainage lent de la partie supérieure de la séquence de limonite, là où celle-ci est plus largement fissurée. Le débit de base suit l'écoulement rapide avec un décalage de temps étant donné la plus grande distance et la plus haute "résistance" que l'eau doit traverser.

between the Iron Cap and the Limonite below the Iron Cap, passes downward as recharge to the deep aquifer while the remainder travels laterally to the valley bottoms as a portion of the baseflow.

Baseflow that reaches the streams at Goro occurs both from the deep aquifer (especially where it is close to or at the topographic surface), and the slow drainage of the upper part of the Limonite sequence, where it is more extensively fissured. Baseflow follows the rapid flow with a time lag owing to the longer distance and higher "resistance" through which the water must pass.

2.3.7 Variations saisonnières des niveaux de la nappe phréatique

Les niveaux de la nappe phréatique mesurés par la plupart des piézomètres installés sur le site de Goro présentent des variations saisonnières nettes qui sont associées au cycle des saisons humide/sèche, avec des niveaux élevés pendant la saison humide et des niveaux plus bas pendant la saison sèche.

Les piézomètres à niveaux multiples placés sur le Plateau de Goro indiquent que, pour presque tous les piézomètres dont la crépine supérieure est installée dans l'aquifère superficiel (cuirasse de fer) ou dans la zone intermédiaire (aquitard de limonite) et dont la crépine inférieure est installée dans l'aquifère profond (saprolite), des gradients verticaux descendants existent. Les données indiquent également que l'aquifère superficiel se dessèche après la saison humide, tandis que la partie inférieure de la zone intermédiaire demeure généralement saturée. Les gradients verticaux descendants indiquent que la limonite transmet une recharge à l'aquifère de saprolite profond sur une plus longue période.

Les données des piézomètres à niveaux multiples placés dans les vallées indiquent également des gradients verticaux, mais ces gradients varient d'un endroit à l'autre, étant ascendants à certains endroits et descendant à d'autres.

Les zones de crête indiquent généralement des variations saisonnières importantes (de l'ordre de 20 m) dans les niveaux de la nappe phréatique. Bien que l'infiltration sur les crêtes soit vraisemblablement limitée, l'interprétation des fluctuations importantes est qu'elles résultent du faible coefficient d'emmagasinement de la péridotite et de la topographie escarpée de la crête qui favorise le drainage de la nappe phréatique après la saison humide.

2.3.7 Seasonal Variations in Groundwater Levels

Most piezometers installed at the Goro Site display well defined seasonal variations in groundwater levels that are related to the wet/dry season cycle, showing rising groundwater levels during the wet season and falling groundwater levels during the dry season.

Nested piezometers installed in the Goro Plateau area show that for almost all piezometers with an upper screen installed in the shallow aquifer (Iron Cap) or in the intermediate zone (Limonite aquitard) and a lower screen installed in the deep aquifer (Saprolite), downward vertical gradients exist. The data also shows that the shallow aquifer dries out after the wet season, whereas the lower part of the intermediate zone generally stays saturated. Thus the downwards vertical gradients indicate that the Limonite transmits recharge to the deep Saprolite aquifer over a longer period.

The data from nested piezometers installed in valleys also displays vertical gradients, but these gradients vary from location to location being upward at some locations and downward at others.

The ridge areas generally show large seasonal variations (in the order of 20 m) in groundwater levels. Although infiltration over the ridges is estimated to be small, the large fluctuations are interpreted to result from the low storage of the Peridotite rock and the steep topography of the ridge that promotes groundwater drainage after the wet season.

In general, the valleys display moderate seasonal variations (in the order of 5 to 10 m) in groundwater levels. This is because the valleys are mainly discharge points and allow limited build-up of piezometric pressure during the wet season. Also, the valleys are fed year round by

En général, les vallées présentent des variations saisonnières modérées (de l'ordre de 5 à 10 m) des niveaux de la nappe phréatique. C'est parce que les vallées sont principalement des points de décharge permettant une accumulation limitée de pression piézométrique pendant la saison humide. De plus, les vallées sont alimentées pendant toute l'année par le système aquifère adjacent, et, par conséquent, les niveaux d'eau de la nappe phréatique ne présentent pas de baisses très prononcées durant la saison sèche.

Le comportement typique de la zone du Plateau de Goro est double: des variations importantes (Nord du Plateau de Goro) et des variations modérées à faibles (Sud du Plateau de Goro) des niveaux piézométriques dans l'aquifère profond. Les variations importantes sont apparemment associées à des zones préférentielles de recharge d'aquifère. Dans ces zones, on observe des variations piézométriques saisonnières allant jusqu'à 40 m. Ailleurs sur le Plateau de Goro, les variations saisonnières sont modérées et les fluctuations saisonnières de l'aquifère profond semblent associées davantage à la drainance à travers la limonite, plutôt qu'à un apport rapide à travers des "fenêtres" dans la limonite.

3.0 QUALITE DES EAUX DE SURFACE

La qualité des eaux de surface a été évaluée sur le site au cours d'un certain nombre de campagnes d'échantillonnage. Les prélèvements consistent en des échantillons ponctuels manuels et des prélèvements automatiques d'eau qui ont été obtenus à partir de plusieurs de stations de prélèvement (figure 24).

the adjacent aquifer system, and thus the groundwater levels do not show very large decreases in water levels during the dry season.

The Goro Plateau area shows two typical behaviours: large variations (Goro Plateau North) and moderate to low variations (Goro Plateau South) of the piezometric levels in the deep aquifer. The large variations are apparently related to preferential aquifer recharge areas. In those areas, seasonal piezometric variations up to 40 m are observed. Elsewhere on the Goro Plateau, the seasonal variations are moderate and the seasonal fluctuations in the deep aquifer seem more related to leakage through the Limonite then to rapid recharge through "windows" in the Limonite.

3.0 SURFACE WATER QUALITY

Surface water quality has been monitored on site during a number of monitoring campaigns. Sampling consists of manual grab samples and automatic water sampling has been collected from a number of sampling stations (Figure 24).



Figure 24 – Stations de prélèvement d'eau de surface / Surface Water Sampling Stations

Un récapitulatif des paramètres mesurés est présenté aux tableaux 3 et 4.

A summary of measured parameters is presented in Tables 3 and 4.

Tableau/Table 3 - Qualité de base moyenne des eaux de surface du bassin-versant Kwé / Average baseline surface water quality for kwe catchments¹

Parameters	Paramètres	Unités / Units	Kwé Nord / Kwé North	Kwé Ouest Supérieure / Upper Kwé West	Kwé Ouest Inférieure / Lower Kwé West	Rivière Kwé près station KAL / Kwé River near KAL Flow Gauge	Kwé Est / Kwé East
pH	pH		7.35	7.17	7.40	7.46	7.39
Carbonates	Carbonates	mg/l	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Chloride	Chlorure	mg/l	8.30	9.10	9.00	9.00	9.40
Conductivite	Conductivité	µS/cm	77.90	62.80	78.80	79.10	74.50
Cyanide	Cyanure	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
COD	DCO	mg/l	6.63	6.75	6.63	6.25	6.13
BOD5	DBO5	mg/l	1.00	1.00	1.00	1.14	1.00
Hydrocarbon total	Hydrocarbure total	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1
Bicarbonates	Bicarbonates	mg/l	22.30	22.80	24.60	32.60	24.90
Suspended Solids	Matières en suspension	mg/l	6.67	5.50	5.50	5.67	5.50
Aluminium	Aluminium	mg/l	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04
Aluminium + Iron	Aluminium + Fer	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ammonium	Ammonium	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cadmium	Cadmium	µg/l	0.57	0.46	0.46	0.46	0.55
Calcium	Calcium	mg/l	0.32	0.22	0.23	0.26	0.26
Chromium	Chrome	µg/l	2.33	1.43	1.93	2.30	3.73
Chromium 6+	Chrome 6+	µg/l	2.51	2.01	2.52	3.02	3.51
Cobalt	Cobalt	µg/l	0.40	0.40	0.40	0.92	0.40
Copper	Cuivre	mg/l	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Iron	Fer	µg/l	41.75	20.65	19.00	33.25	31.25
Fluoride	Fluorure	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Magnesium	Magnésium	mg/l	6.10	4.68	6.79	7.40	6.99
Manganese	Manganèse	µg/l	0.61	0.58	0.61	1.41	0.81
Nickel	Nickel	µg/l	3.29	3.58	3.59	4.51	5.51
Nitrates	Nitrates	mg/l	1.00	<0.1	0.40	0.60	0.40
Nitrites	Nitrites	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Phosphorus	Phosphore	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Lead	Plomb	µg/l	0.86	0.87	0.86	0.86	6.36
Potassium	Potassium	mg/l	0.10	0.10	0.10	0.20	0.15
Silicium	Silicium	mg/l	5.32	3.65	5.18	5.59	5.03
Sodium	Sodium	mg/l	4.90	5.20	5.40	5.30	5.60
Sulfate	Sulfate	mg/l	3.74	3.76	3.79	3.85	3.80
Zinc	Zinc	mg/l	0.07	0.16	0.07	0.07	0.07
Coliforms Thermo-Tolerant	Coliformes thermo-tolérants	N/100ml	206.40	13.50	13.20	174.00	251.25
Coliforms Total	Coliformes totaux	N/100ml	223.40	24.00	20.40	178.83	270.75
Count at 22°C	Compte à 22°C	N/ ml	610.80	398.00	254.80	565.83	294.75
Count at 37°C	Compte à 37°C	N/ ml	608.40	595.50	246.80	524.33	269.00
Streptocoques feaces	Streptocoques fécaux	N/100ml	1.20	0.75	0.20	1.33	0.50

¹ Les données analytiques ont été fournies par Goro Nickel / Analytical data supplied by Goro Nickel

Tableau/Table 4 – Qualité de base moyenne des eaux de surface –Externe au Bassin-versant Kwé / Average Baseline Surface Water Quality – External to Kwe Catchment²

Parameters	Paramètres	Unités / Units	Trou Bleu / Trou Bleu	Rivière Kwé en aval du site / Kwé River Downstream of Site	Kuebeni / Kuebeni	Kadji / Kadji	Wadjana / Wadjana
pH	pH		7.19	7.43	6.92	7.03	7.17
Carbonates	Carbonates	mg/l	0.10	0.10			
Chloride	Chlorure	mg/l	10.30	9.00			
Conductivite	Conductivité	µS/cm	64.60	77.70			
Cyanide	Cyanure	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
COD	DCO	mg/l	7.88	6.50	7.13	7.38	7.25
BOD5	DBO5	mg/l	1.00	1.00	1.00	1.29	1.29
Hydrocarbon total	Hydrocarbure total	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1
Bicarbonates	Bicarbonates	mg/l	21.20	32.30			
Suspended Solids	Matières en suspension	mg/l	5.50	5.50	5.50	7.83	6.67
Aluminium	Aluminium	mg/l	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02
Aluminium + Iron	Aluminium + Fer	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	0.11	<0.1
Ammonium	Ammonium	mg/l	<0.01	<0.01			
Cadmium	Cadmium	µg/l	0.50	0.46	0.50	0.53	0.46
Calcium	Calcium	mg/l	0.31	0.32	0.30	0.28	0.39
Chromium	Chrome	µg/l	1.92	3.13	1.16	2.94	2.59
Chromium 6+	Chrome 6+	µg/l	2.80	2.51	2.78	1.82	3.51
Cobalt	Cobalt	µg/l	1.23	0.40	0.50	1.47	1.56
Copper	Cuivre	mg/l	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03
Iron	Fer	µg/l	24.00	53.25	54.50	77.00	31.00
Fluoride	Fluorure	mg/l	<0.1	<0.1			
Magnesium	Magnésium	mg/l	5.79	7.34	5.40	5.87	6.11
Manganese	Manganèse	µg/l	0.47	1.41	0.32	2.04	1.11
Nickel	Nickel	µg/l	4.44	13.40	6.06	6.38	6.66
Nitrates	Nitrates	mg/l	<0.1	0.60			
Nitrites	Nitrites	mg/l	<0.01	<0.01			
Phosphorus	Phosphore	mg/l	<0.1	<0.1			
Lead	Plomb	µg/l	2.17	2.36	1.29	3.37	0.86
Potassium	Potassium	mg/l	0.1	0.10			
Silicium	Silicium	mg/l	4.52	5.51	4.60	3.43	5.23
Sodium	Sodium	mg/l	6	5.30			
Sulfate	Sulfate	mg/l	3.85	3.77	3.58	4.09	4.19
Zinc	Zinc	mg/l	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06
Coliforms Thermo-Tolerant	Coliformes thermo-tolérants	N/100ml	174.67	250.75	146.71	145.86	169.00
Coliforms Total	Coliformes Total	N/100ml	168.67	252.25	156.71	159.71	171.71
Count at 22°C	Compte à 22°C	N/ ml	507.00	257.25	295.14	296.57	430.14
Count at 37°C	Compte à 37°C	N/ ml	503.00	336.00	287.14	354.00	430.00
Streptocoques feaces	Streptocoques fécaux	N/100ml	12.00	7.00	3.57		2.43

² Les données analytiques ont été fournies par Goro Nickel / Analytical data supplied by Goro Nickel

4.0 QUALITE DE L'EAU SOUTERRAINE

La figure 16 indique l'emplacement des stations de suivi de la nappe phréatique. Au total, trente cinq (35) piézomètres ont été échantillonnés à ce jour (indiqué en orange à la figure 15). Un récapitulatif des paramètres mesurés est présenté au tableau 5.

4.0 GROUNDWATER QUALITY

Figure 16 shows location of groundwater monitoring stations. A total of thirty-five (35) piezometers have been sampled to date (shown in orange on Figure 15). A summary of measured parameters is presented in Table 5.

**Tableau 5 –Paramètres des eaux souterraines du Plateau de Goro / Goro Plateau
Groundwater Parameters³**

ELEMENT	ELEMENT	UNITE / UNIT	MOYENNE / AVERAGE	MINIMUM / MINIMUM	MAXIMUM / MAXIMUM
Aluminium	Aluminium	(mg/l)	2.5	nd	12.0
Calcium	Calcium	(mg/l)	7.6	0.3	200.0
Chloride	Chlorure	(mg/l)	14.6	5.0	51.0
Conductivity	Conductivité	(uS/cm)	210.6	36.6	2200.0
Carbonate	Carbonate	(mg/l en CO ₃)	111.3	0.1	1197.0
Bicarbonate	Bicarbonate	(mg/l en HCO ₃)	60.5	2.5	204.0
Potassium	Potassium	(mg/l)	1.3	0.2	13.0
Magnesium	Magnésium	(mg/l)	10.2	0.4	38.5
Sodium	Sodium	(mg/l)	10.7	5.6	26.0
pH	pH		7.1	4.2	12.4
Sulphate	Sulfate	(mg/l)	16.2	0.8	112.6
Cobalt	Cobalt	(mg/l)	nd	nd	0.1
Copper	Cuivre	(mg/l)	nd	nd	nd
Fluoride	Fluorure	(mg/l)	nd	nd	nd
Iron	Fer	(mg/l)	0.2	nd	0.4
Manganese	Manganèse	(mg/l)	0.3	nd	1.5
Zinc	Zinc	(mg/l)	0.1	nd	0.4
Cadmium	Cadmium	(mg/l)	nd	nd	nd
Cyanide	Cyanure	(mg/l)	5.9	0.5	26.0
Chromium	Chrome	(mg/l)	0.3	nd	2.0
Chromium 6+	Chrome 6+	(mg/l)	0.3	nd	1.9
Nickel	Nickel	(mg/l)	0.4	nd	5.3
Lead	Plomb	(mg/l)	0.3	0.1	0.5
BOD	DBO	(mg/l)	1.7	0.3	3.7
COD	DCO	(mg/l)	67.1	2.3	320.0
Silicium	Silicium	(mg/l)	3.4	0.1	20.1
Aluminium and iron	Aluminium et fer	(mg/l)	0.8	0.1	7.5
Nitrates	Nitrates	(mg/l)	2.9	0.1	8.3
Nitrites	Nitrites	(mg/l)	nd	nd	nd
Suspended solids	Matières en suspension	(mg/l)	7.2	0.3	27.5
Arsenic	Arsenic	(mg/l)	nd	nd	nd
Mercury	Mercure	(mg/l)	nd	nd	nd
Total dissolved solids	Matières dissoutes totales	(mg/l)	326.4	66.0	2047.0
Total acidity	Acidité totale	(mg/l en CaCO ₃)	125.0	10.0	350.0
Sodium absorption ratio	Taux d'absorption de sodium		0.8	0.4	1.2
Total organic carbon	Carbone organique total	(mg/l)	11.5	1.0	22.0
Total alkalinity	Alcalinité totale	(mg/l en CaCO ₃)	238.1	46.0	1000.0
Total hardness	Dureté totale	(mg/l en CaCO ₃)	135.4	34.0	512.0
Calcium hardness	Dureté du calcium	(mg/l en CaCO ₃)	80.9	1.0	499.0
Magnesium hardness	Dureté du magnésium	(mg/l en CaCO ₃)	51.3	12.0	78.0

³ nd : inférieure à la limite de détection / below detection limit e

Les données analytiques ont été fournies par Goro Nickel / Analytical data supplied by Goro Nickel

GOLDER ASSOCIATES PTY LTD

Wade Ludlow
Hydrologue Senior

Normand D'Anjou
Hydrogéologue Senior

Mike Gowan
Associé Principal

J:\Overseas.03\03639030-Goro Phase 2B\CORRESPONDENCE OUT\412-03639030R-Baseline-Report-Goro-Nickel-Draft 3-Bilingual.doc

