



VALE Nouvelle-Calédonie

Demande d'autorisation d'exploitation minière



**Livret D – Gestion et protection des eaux
superficielles et souterraines
Volets A à H**

Version 2012 actualisée en octobre 2015

PREAMBULE

Le présent Livret D de la demande d'autorisation d'exploitation minière du gisement de Goro est composé des volets A à H.

Livret D – Etude d'impact	
Volet A	Climatologie
Volet B	Cadre géologique
Volet C	Cadre hydrologique et hydrogéologique régional
Volet D	Plan de suivi des eaux
Volet E	Etat des lieux hydrologique et hydrogéologique
Volet F	Evaluation des perturbations sur les hydrosystèmes
Volet G	Gestion des eaux
Volet H	Bibliographie
Atlas cartographique	Cartes des volets A à H
Annexes	Annexes D1, D2, D3 et D4
CD-ROM des études de référence -	Etudes auxquelles il est fait référence dans les volets A à H

Les pièces graphiques sont présentées dans des documents séparés joints au présent Livret D.

Les Annexes sont fournies en fin de document.

Les études de référence sont fournies sur un CD-ROM qui contient l'ensemble des études auxquelles il est fait référence dans la DAEM.

ABREVIATIONS et ACRONYMES

(Volets A à H)

LIEUX

BP	Baie de Prony
BS	Bassin de sédimentation
BSKN	Bassin de sédimentation de la Kwé Nord
CIM	Centre industriel de la mine
CBN	Creek Baie Nord
CCS	Creek de la Crête Sud
CPVSKE	Carrière de péridotite de la verse de la Kwé Est
CPA1	Carrière de péridotite dite A1
FM25	Fosse minière à 25 ans
KE	Kué Est
KJ	Kadji
KN	Kué Nord
KO	Kué Ouest
KP	Kué principale
KWRSF	Parc à résidus de la Kué Ouest
MHR	Voie de roulage minière (Mine Haul Road)
SMBT	Stockage du minerai de basse teneur
SMLT	Stock de minerai long terme
TB	Trou Bleu
UPM	Unité de préparation du minerai
VS	Verse à stériles
VSEM	Verse à stérile de l'exercice minier
VSKE	Verse à stériles de la Kué Est
WD	Wajana
ZEF	Zone d'emprunt de fer

ORGANISMES

AIHS	Association internationale de l'hydrologie scientifique
ANZECC	Australian and New Zealand Environment and Conservation Council
BRGM	Bureau de recherche géologique et minière
CDE	Calédonienne des eaux
COPIL	Comité de pilotage du projet industriel de Goro

CTPB	Comité technique permanent des barrages
DAVAR	Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales
DEFE	Direction (française) de l'Economie, de la formation et de l'emploi
DENV	Direction de l'Environnement de la province Sud
DIMENC	Direction de l'Industrie, des mines et de l'énergie de la Nouvelle-Calédonie
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IFRECOR	Initiative française pour les récifs coraliens
IRD	Institut de recherche pour le développement (ex ORSTOM)
ITSEE	Institut territorial de la statistique et des études économiques
IUCN	Union internationale pour la conservation de la nature
OCDE	Organisation de coopération pour le développement économique
ORSTOM	Actuel IRD
SANDRE	Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau
SESER	Service de l'eau et des statistiques et études rurales
VNC	Vale Nouvelle-Calédonie SAS

PARAMETRES

Ag	Argent
Al	Aluminium
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
Ca	Calcium
CaCO ₃	Carbonates de calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlore
Co	Cobalt
COT	Carbone organique total
Cr	Chrome
CrVI	Chrome VI
Cu	Cuivre
DBO ₅	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
F	Fluor
Fe	Fer
Fell	Fer II
HT	Hydrocarbures totaux
IBNC	Indice biotique de Nouvelle-Calédonie
IBS	Indice BioSédimentaire

IIB	Indice d'intégrité biotique
K	Potassium
Li	Lithium
MES	Matières en suspension
MgO	Oxyde de magnésium
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
Na	Sodium
NB	Nota bene
NH3	Ammonium
Ni	Nickel
NO2	Nitrites
NO3	Nitrates
NT	Azote total
P	Phosphore
Pb	Plomb
pH	Potentiel hydrogène
PO4	Phosphates
S	Soufre
Sb	Antimoine
Se	Sélénium
Si	Silice
SiO2	Oxyde de silicium
Sn	Etain
SO4	Sulfates
Sr	Strontium
T°	Température
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
Te	Tellure
Th	Thorium
Ti	Titane
Tl	Thallium
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
U	Uranium
V	Vanadium
Zn	Zinc

PERIODE DE TEMPS

A	Annuel
H	Hebdomadaire
M	Mensuel
T	Trimestriel
S	Semestriel

AUTRE

C	Correcte
CR	Chemin rural
DAEM	Demande d'autorisation d'exploitation minière
dB	Décibels
DCE	Débit caractéristique d'étiage
EIE	Etude d'impact sur l'environnement
EM	Exercice minier
ENSO	El Niño Southern Oscillation
ETP	Evapotranspiration
HPAL	Acide sous haute pression
IBNC	Indice biotique de Nouvelle-Calédonie
IBS	Indice bio-sédimentaire
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
IDF	courbes Intensité-Durée-Fréquence des précipitations
INCE	Incertaine
INCO	Incorrecte
LD	Limite de détection
MBT	Minerai Basse Teneur
MHR	voie de roulage minière (Mine Haul Road)
N°	Numéro
PL	Véhicule poids lourd
PPE	Périmètre de protection éloigné (d'un captage)
PPI	Périmètre de protection immédiat (d'un captage)
PPR	Périmètre de protection rapproché (d'un captage)
PROE	Programme régional océanien de l'environnement
QAQC	Quality Assurance / Quality Control
RM	Route maritime
SNB	Stratégie nationale de la biodiversité
TC	Transport en commun
UTC	Coordinate Universal Time
VL	Véhicule léger
VS	Verse à stériles

ZCIT	Zone de convergence intertropicale
ZCPS	Zone de convergence du Pacifique Sud



LIVRET D – GESTION ET PROTECTION DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES

**Commune de Yaté et du Mont-Dore
Nouvelle-Calédonie**

Volet A – Climatologie

REDACTION	Vale Nouvelle-Calédonie SAS	Sandrine LE CLERC Matthieu ROUXEL
VERIFICATION	Vale Nouvelle-Calédonie SAS	Nicolas TAN DELAGE Tanguy GIBAND
APPROBATION	Vale Nouvelle-Calédonie SAS	Joao VIDOCA Daryush KHOSHNEVISS

SOMMAIRE

1	CADRE CLIMATOLOGIQUE	1
1.1	Cyclones et dépressions tropicales	2
1.2	Vents.....	6
1.2.1	Cadre régional.....	6
1.2.2	Site de Goro	7
1.3	Effet orographique et importance du relief.....	8
1.3.1	Soulèvement orographique et effet de Foehn	9
1.3.2	Conséquences sur la répartition des pluies sur la Grande Terre	9
1.4	Précipitations.....	10
1.4.1	La Nouvelle-Calédonie	10
1.4.2	Site de Goro	10
1.5	Températures.....	13
1.6	Evapotranspiration	14
1.6.1	La Nouvelle-Calédonie	14
1.6.2	Site de Goro	16

FIGURES

Figure 1 :	Rose des vents de la station Rivière Blanche pour la période 2002-2011	6
Figure 2 :	Rose des vents du site Goro Ancienne Pépinière (988) pour l'année 2011	7
Figure 3 :	Rose des vents du site Goro Usine (988) pour l'année 2011	8
Figure 4 :	Soulèvement orographique et effet de Foehn	9
Figure 5 :	Moyenne Interannuelle des précipitations sur la période 1990-2009.....	10
Figure 6 :	Moyenne mensuelle des précipitations et de la température de l'air sur le site du projet VNC (Année 2012)	12
Figure 7 :	Courbe des moyennes des ETP mensuelles (mm) à Moué et Rivière Blanche.....	14
Figure 8 :	Bilan hydrique potentiel de Moué	15
Figure 9 :	Bilan hydrique potentiel de Rivière Blanche	15
Figure 10 :	Moyenne mensuelle des précipitations, de l'évaporation et de la température de l'air sur le site du projet VNC	16

TABLEAUX

Tableau 1 :	Sélection des derniers événements cycloniques ayant généré des dégâts en Nouvelle-Calédonie et intéressé le sud de la Grande Terre	4
Tableau 2 :	Stations météorologiques suivies par VNC	11
Tableau 3 :	Bilan pluviométrique mensuel (1997-2012) sur différentes stations de VNC.....	11
Tableau 4 :	Bilan des moyennes mensuelles de température (en °C) entre 2002 et 2007	13
Tableau 5 :	ETP annuelle calculée pour le plateau de la Kué Ouest et les stations Météo France de Moué et de Nouméa de 2003 à 2005 (en mm)	16
Tableau 6 :	ETP annuelle calculée pour le bassin de la Kue (en mm)	17

1 CADRE CLIMATOLOGIQUE

 Se référer au document - Synthèse climatologique –Secteur de Goro (A2EP, 2012a)

Ce chapitre constitue la synthèse d'un rapport technique (A2EP, 2012a) fourni sur le CD-ROM des études de référence.

La Nouvelle-Calédonie est située dans la zone intertropicale, juste au nord du Tropique du Capricorne. La Grande Terre s'étire du nord-ouest au sud-est entre les latitudes 20° et 22°30' Sud, et les longitudes 164° à 168°. Elle subit les influences tropicales et tempérées plus ou moins fortement selon les saisons, mais ces effets sont toutefois limités par son isolement maritime et la présence quasi permanente des alizés¹ (Site Météo France, avril 2012). Le climat est relativement tempéré et peut être qualifié de "tropical océanique" (DAVAR, 2003).

Deux saisons principales, séparées par deux intersaisons, sont déterminées par la variation annuelle de la position de la ceinture anticyclonique intertropicale et des basses pressions intertropicales. Elles peuvent être définies ainsi :

- de novembre à avril c'est la **saison chaude et humide**, dite "saison des cyclones". L'influence tropicale est prédominante et le temps est rythmé par la position de la ZCPS² (zone de convergence du Pacifique sud) et de la ZCIT³ (zone de convergence intertropicale) ainsi que par les trajectoires des dépressions tropicales. Les précipitations sont abondantes et les températures moyennes élevées bien que les extrêmes soient limités par l'influence maritime et l'alizé. La Nouvelle-Calédonie se trouve néanmoins dans une région très touchée par les dépressions tropicales ;
- de mai à septembre c'est la **saison fraîche**. La ZCIT se trouve dans l'hémisphère nord et la ZCPS se décale vers le nord-est. Les perturbations des régions tempérées remontent vers le nord et les fronts froids associés peuvent affecter la Nouvelle-Calédonie où ils se manifestent par des précipitations et parfois des "coups d'ouest". Ces épisodes perturbés interrompent un temps généralement sec et frais avec des températures minimales relativement basses en certaines régions.

¹ Alizé : Ce terme désigne un vent des régions intertropicales (entre 30° Nord et 30° Sud environ), de direction générale nord-est pour l'hémisphère nord et sud-est pour l'hémisphère sud, qui se manifeste de façon persistante à des altitudes allant ordinairement du niveau de la mer à 1 500 ou 2 000 mètres, sans dépasser 3 000 mètres. Le terme « alizé » est généralement employé au pluriel afin de désigner l'ensemble des vents de ce type. Dans les régions tropicales et équatoriales, la circulation générale des vents à basse altitude est principalement gouvernée par des vents d'est, à l'inverse des régions tempérées où elle se traduit globalement par des vents d'ouest. Rappelons qu'à un phénomène climatique tel qu'El Niño correspond une quasi-disparition des alizés dans la partie occidentale du Pacifique équatorial, tandis que La Niña s'accompagne au contraire de leur renforcement dans cette même zone du Pacifique.

² La ZCPS est la deuxième zone persistante de convection profonde de l'océan Pacifique. Elle s'étire approximativement le long d'un axe NO/SE de la Nouvelle-Guinée jusqu'aux régions subtropicales de la Polynésie Française. Cette structure météorologique est responsable des fortes précipitations observées pendant l'été austral en Nouvelle-Calédonie et à Wallis et Futuna.

³ La ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale) est une structure météorologique qui encercle la Terre entre les Tropiques. Elle est le lieu d'intenses activités convectives associées à des cumulonimbus qui atteignent 15 à 17 km d'altitude. Sur le Pacifique ouest, elle est la plus active avec des cumuls annuels variant entre 2500 et 3500 mm et reste toute l'année dans l'hémisphère nord (5°N en janvier et 25°N en juillet).

Entre ces deux saisons on distingue des intersaisons, sans que la transition ne soit toutefois toujours très nette :

- la saison sèche, de septembre à novembre, intervient entre la saison fraîche et la saison chaude. Cette partie de l'année se caractérise par des précipitations très faibles associées à des températures fraîches la nuit, mais de plus en plus élevées la journée sous l'action du rayonnement solaire qui atteint son maximum en décembre. L'évapotranspiration très importante n'est pas compensée par les maigres précipitations et les feux de brousse se propagent facilement sur une végétation déshydratée sous l'action d'un alizé renforcé par les brises thermiques. Le retour des précipitations est donc très attendu mais il peut être dramatiquement retardé pendant les épisodes El Niño ;
- d'avril à mai c'est une saison de transition entre la fin de la saison chaude et le début de la saison fraîche. Les perturbations tropicales sont rares ou peu actives, cependant la température de l'eau de mer encore chaude peut favoriser la formation d'épisodes pluvio-orageux importants, voire de dépressions subtropicales.

Le climat de la Nouvelle-Calédonie est également soumis au phénomène **ENSO** (El Niño Southern Oscillation). Ce phénomène perturbateur, encore mal connu, de l'interaction habituelle entre la dynamique océanique et atmosphérique, apparaît de façon cyclique, en moyenne tous les trois ou quatre ans selon deux phases successives : El Niño (qui dure environ 17 mois) suivi de son inverse, La Niña. ENSO se manifeste par des variations de température des eaux de surface dans le Pacifique est et central : augmentation des températures en phase chaude (El Niño) et diminution en phase froide (La Niña). Ces variations thermiques sont couplées à une oscillation des pressions atmosphériques entre la Polynésie française et le nord de l'Australie. Ce changement de pression atmosphérique provoque une modification simultanée du régime des vents et des courants le long de l'équateur ainsi que le déplacement d'un immense réservoir d'eau chaude situé à l'ouest du Pacifique équatorial. Au final, ENSO perturbe les précipitations et la circulation atmosphérique aux latitudes tropicales.

En Nouvelle-Calédonie, El Niño se manifeste par une diminution des précipitations et une intensification des alizés. Le dernier phénomène El Niño, qui a débuté en 2009, s'est poursuivi jusqu'en mai 2010 et a engendré un déficit pluviométrique marqué. La Niña, qui lui a succédé au second semestre 2010, s'est surtout manifestée par un temps anormalement chaud (METEO FRANCE, 2010).

1.1 CYCLONES ET DEPRESSIONS TROPICALES

 Se référer au document – Synthèse climatologique –Secteur de Goro (A2EP, 2012a)

Ce chapitre constitue la synthèse d'un rapport technique (A2EP, 2012a) fourni sur le CD-ROM des études de référence.

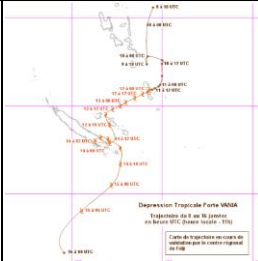
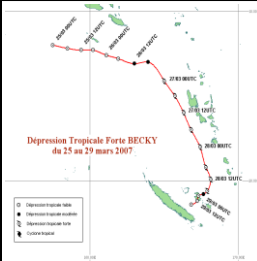
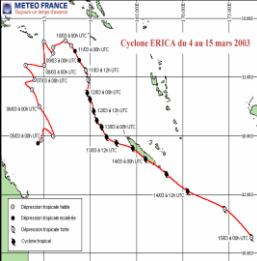
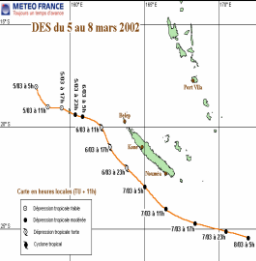
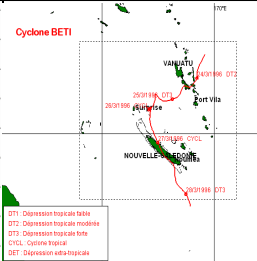
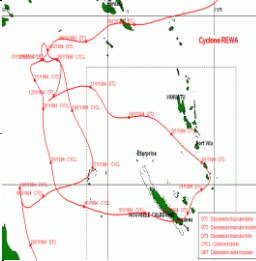
La Nouvelle-Calédonie est située dans le bassin cyclonique de l'Australie-Pacifique sud-ouest. Les cyclones font partie des phénomènes climatiques extrêmes qui peuvent l'affecter de janvier à mars. Lors de ces événements les quantités de pluie peuvent être particulièrement importantes (plusieurs centaines de mm en 24 heures) et représenter une part non négligeable de la pluie moyenne annuelle.

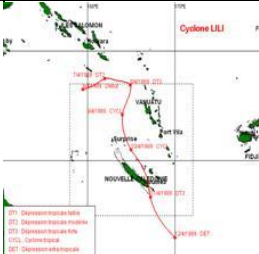
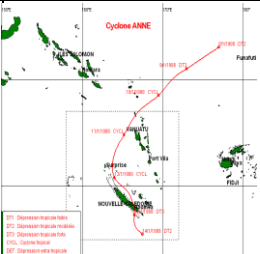
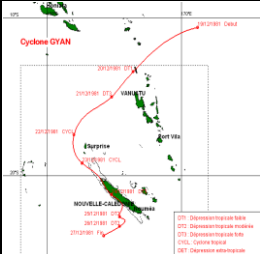
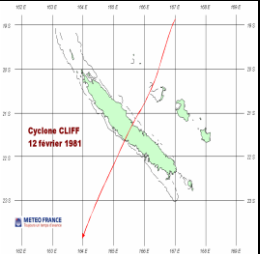
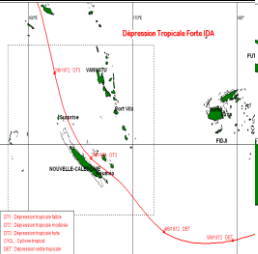
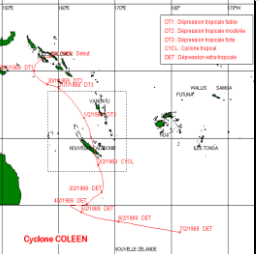
Selon les registres tenus sur une période de plus de 50 ans (1947 à 2011), la partie sud de la Nouvelle-Calédonie a été touchée par 31 phénomènes tropicaux (y compris des dépressions tropicales d'intensité modérée à forte) et par 11 cyclones tropicaux. Le Tableau 1 ci-après reprend les derniers événements cycloniques ayant généré des dégâts en Nouvelle-Calédonie et intéressé le sud de la Grand Terre.

La probabilité annuelle d'une dépression tropicale d'intensité modérée à forte au site du projet de Goro est de 62 %, et celle d'un cyclone tropical sont de 22 %.

Ces phénomènes extrêmes, qui engendrent des cumuls de précipitations importants sur de très courtes durées, sont susceptibles de modifier la répartition spatiale et temporelle des pluies dans les zones concernées par leur passage. Par exemple, dans le cas de la dépression tropicale Vania en janvier 2011, il est tombé 450 mm en 24 heures à Goro, ce qui représente environ 15 % de la pluie annuelle.

Tableau 1 : Sélection des derniers événements cycloniques ayant généré des dégâts en Nouvelle-Calédonie et intéressé le sud de la Grande Terre

Nom		Vania	Becky	Erica	Des	Yali	Beti	Rewa
Type		Dépression Tropicale Forte	Dépression Tropicale	Cyclone	Dépression Tropicale Forte	Cyclone	Cyclone	Cyclone puis dépression tropicale forte
Date		Du 11/01/2011 au 16/01/2011	Du 25/03/2007 au 29/03/2007	Du 13/03/2003 au 14/03/2003	Du 06/03/2002 au 07/03/2002	Du 23/03/1998 au 24/03/1998	Du 27/03/1996 au 28/03/1996	Du 05/01/1994 au 06/01/1994
Région touchée		Tout le territoire, sauf îles du nord	Maré, Lifou et le Sud	Grande Terre, Ile des Pins	Côte Ouest	Loyauté, Grand Sud, Ile des Pins	Tout le territoire	Moitié sud et Iles Loyauté
Valeurs remarquables	Pluies	Pluies en 24h : 450 mm à Goro (Station Vale NC), 331 mm à Montagnes des Sources, 284 mm à Tadine, 260 mm à Nouméa	118 mm à Yaté, 105 mm à Goro, 67 mm à Tadine	Pluie en 3 jours : Dzumac : 297 mm, Col des Roussettes : 255 mm, La Coulée : 231 mm.	Pluie en 24h : 276 mm à Aoupinié, 197 mm à Houailou, 175 mm à Yaté.	Pluies : 137 mm à Moué (Ile des Pins) le 23.	Pluies en 24h : 294 mm à Pouébo, 296 mm à La Foa.	Pluies : 275 mm en 48 h à La Coulée, 165 mm à Moué (Ile des Pins) le 6.
	Vent	rafales à 144 km/h à Nouméa, 133 km/h à Ouloup		Vavouto : Vm = 165 km/h, Vi=234 km/h et Nouméa : Vm = 144 km/h et Vi = 202 km/h Rafales à 227 km/h à la Montagne des Sources, 162 km/h à Poindimié, 169 km/h à Koumac.	Rafales à 122 km/h (66 kt) au Koniambo, 119 km/h (64 kt) au Cap N'Dua.	Rafales de 162 km/h (87 kt) au Cap N'Dua, 126 km/h (68 kt) à Ile des Pins, 101 km/h (54 kt) à La Roche.	Rafales de 198 km/h (107 kt) à Poindimié, 172 km/h (93 kt) à Touho, 158 km/h (86 kt) à Nouméa. Montagne des Sources : vent moyen de 133 km/h (72 kt) et rafales de 230 km/h (125 kt).	Rafales à 101 km/h (55 kt) à Nouméa, 94 km/h (50 kt) à Moué, 122 km/h (66 kt) à Pouébo le 6
Trajectoire								

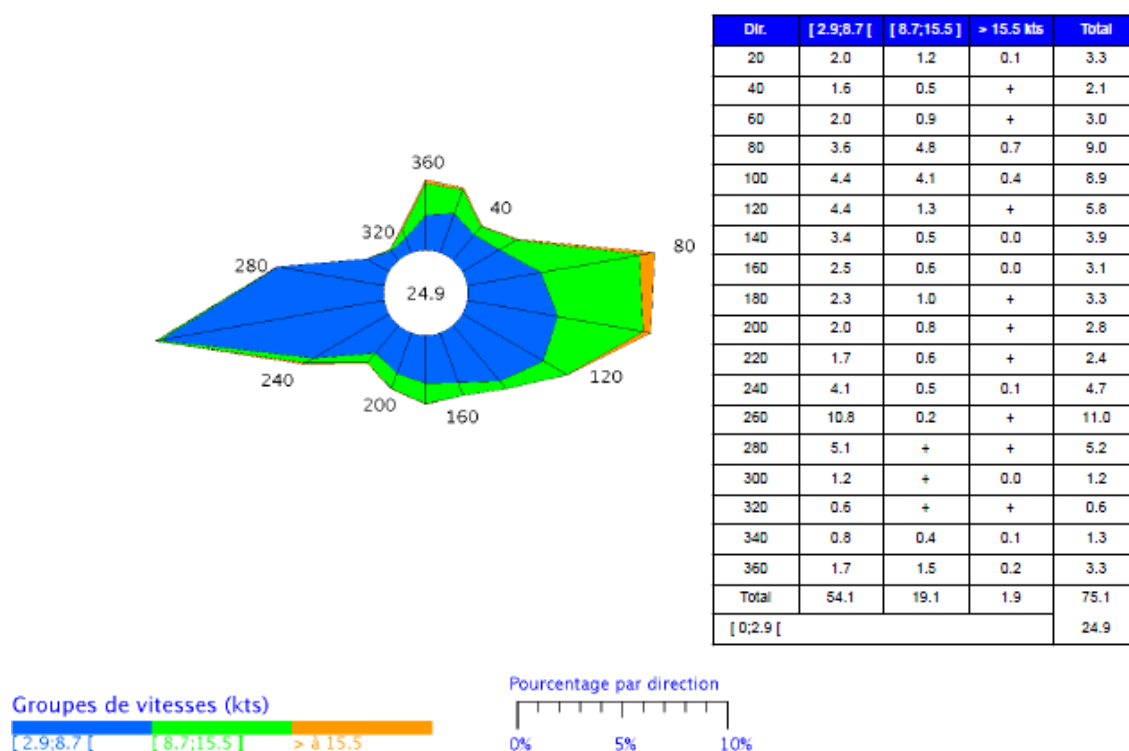
Nom		Lili	Anne	Gyan	Cliff	Ida	Coleen
Type		Cyclone	Cyclone	Cyclone	Cyclone	Dépression Tropicale	Cyclone
Date		Du 10/04/1989 au 11/04/1989	Du 12/01/1988 au 13/01/1988	Du 23/12/1981 au 25/12/1981	12/02/1981	Du 01/05/1972 au 03/05/1972	Du 01/02/1969 au 02/02/1969
Région touchée		Côte Est et moitié sud	Tout le territoire	Tout le territoire sauf Loyauté	Tout le territoire	Tout le territoire, sauf îles du nord.	Tout le territoire, sauf îles du nord.
Valeurs remarquables	Pluies	Pluies : 238 mm à La Ouinné, 240 mm à Poindimié.	Pluies en 24h : 713 mm à Goro, 519 mm à Thio, 427 mm à Koutio, 371 mm à Moué.	Pluies en 24h : 500 mm à Gomen le 23, 513 mm à Yaté le 24, 634 mm le 24 et 813 mm en 48h à La Ouinné.	Pluies en 24h : 411 mm à La Ouinné, 350mm à La Thy, 201 mm à La Foa.	Pluies : 201 mm en 24h à Nouméa, 247 mm à Ouénarou.	Pluies : 214 mm en 4h et 364 mm en 7h à Dumbéa. Crue de 8 m de la Dumbéa.
	Vent	Rafales à 133 km/h (72 kt) à Nouméa le 11	Vent : rafales à 166 k/h (90 kt) à Koumac et 157 km/h (85 kt) à Touho.	Vent : rafales à 169 km/h (91 kt) à Koumac et 126 km/h (68 kt) à Poindimié.	Vent : rafales à 148 km/h (80 kt) à Nouméa et Ouvéa. Probables rafales à 200 mk/h localement.	Vent : rafales à 155 km/h à Nouméa, 126 km/h à Poindimié.	Vent : rafales à 158 km/h (86 kt) à Nouméa et 155 km/h (84 kt) à Tontouta.
Trajectoire							

1.2 VENTS

La Nouvelle-Calédonie est située dans une zone de vents alizés avec une vitesse typique de 10 à 20 nœuds soufflant d'est-sud-est. Les vents d'est sont clairement dominants. De forts vents soufflant de l'ouest sont enregistrés en hiver, lorsque des fronts froids atteignent la Nouvelle-Calédonie et ce, spécialement dans la partie sud de l'archipel. Les vents de faible intensité (vitesse moyenne horaire inférieure à 0,51 m/s) sont rares (<1,5 % du temps - SNC-Lavalin, 1997) dans la zone du projet tant à Goro qu'à Prony.

1.2.1 Cadre régional

Des données sur la direction et la vitesse du vent sont enregistrées à la station météorologique de Rivière Blanche (située à environ 30 km au nord-ouest du projet). La rose des vents, fournie par Météo France pour la période 2002 à 2011, est présentée à la Figure 1 : ci-dessous.



Source : Météo France, 2011

Figure 1 : Rose des vents de la station Rivière Blanche pour la période 2002-2011

La direction et l'intensité des vents enregistrés au site de Rivière Blanche montrent une répartition de la direction principalement :

- sur les secteurs 60°-140° (est) ;
- sur les secteurs 240°-280° (ouest).

Les vents d'une intensité comprise entre 2,9 et 8,7 m/s représentent à eux seuls plus de la moitié des enregistrements avec 54,1 %. Ils sont essentiellement répartis suivant la direction 240-280°.

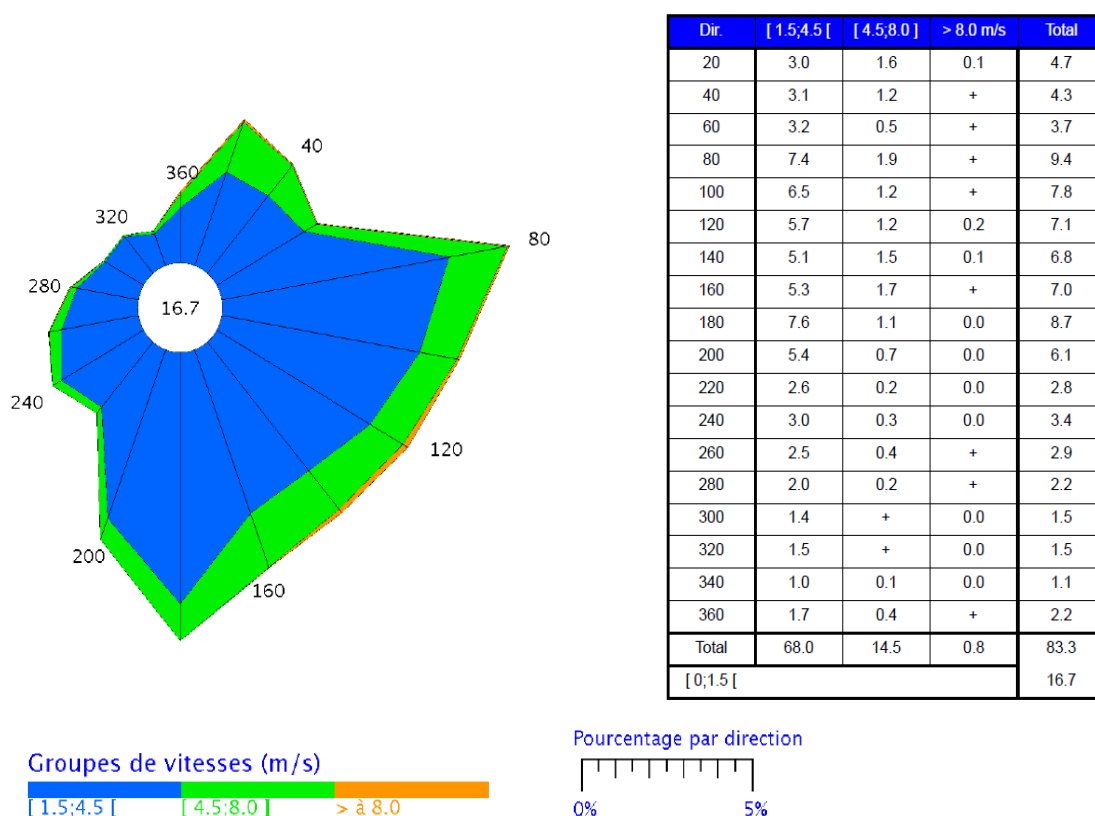
Les vents d'intensité plus élevée (8,7 à 15,5 m/s) représentent 19,1 % de la totalité des observations et sont majoritairement répartis sur un secteur allant de 60 à 120°.

Les vents de plus de 8,0 m/s sont très faiblement représentés (0,8 %) et concentrés suivant les directions 0-40° et 80-160°.

1.2.2 Site de Goro

Des données sur la direction et la vitesse du vent sont également enregistrées sur les deux stations installées à Goro dans la zone du projet : la station de l'ancienne pépinière depuis 1996 et celle de l'usine depuis 1998. Ces stations sont gérées par Météo France pour VNC.

Les roses des vents fournies par Météo France pour l'année 2011 sur les deux stations sont présentées aux Figure 2 : et Figure 3 ci-dessous.



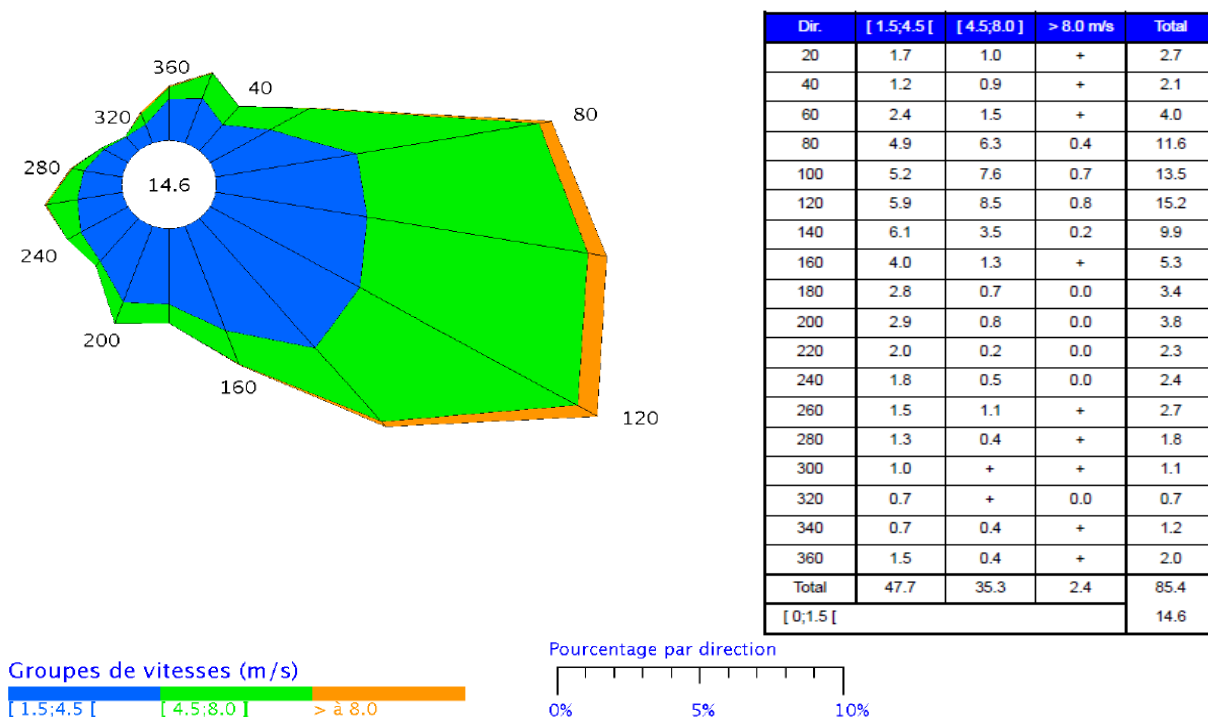
Source : Météo France, 2011

Figure 2 : Rose des vents du site Goro Ancienne Pépinière (988) pour l'année 2011

La direction et l'intensité des vents enregistrés sur le site de l'ancienne Pépinière de VNC montrent une répartition relativement équilibrée avec une domination certaine de vents d'une intensité comprise entre 1,5 et 4,5 m/s sur le secteur 80-170° (est-nord-est et sud) qui à eux seuls représentent 68 % des enregistrements.

Les vents d'intensité plus élevée (4,5 à 8,0 m/s) ne représentent que 14,5 % de la totalité des observations et sont répartis de façon assez équilibré sur un secteur allant de 20 à 170°.

Sur le secteur de l'ancienne pépinière on peut remarquer l'absence quasi-totale de vent dépassant les 8 m/s.



Source : Météo France, 2011

Figure 3 : Rose des vents du site Goro Usine (988) pour l'année 2011

La direction et l'intensité des vents enregistrés sur le site de l'usine de VNC montrent nettement la prépondérance des vents de secteur est-nord-est/sud-est (entre 80 et 140°) avec 47,7 % des vents d'une intensité comprise entre 1,5 et 4,5 m/s. Il apparaît cependant nettement sur cette rose que les vents de secteur est-sud-est sont d'intensité plus élevée, comprise entre 4,5 et 8 m/s dans la direction dominante et représentant à eux seuls près de 20 % de la totalité des observations, soit presque 71,5 jours par an. Sur ce même secteur ils sont complétés par 6 jours dans l'année de vent dépassant les 8 m/s.

1.3 EFFET OROGRAPHIQUE ET IMPORTANCE DU RELIEF

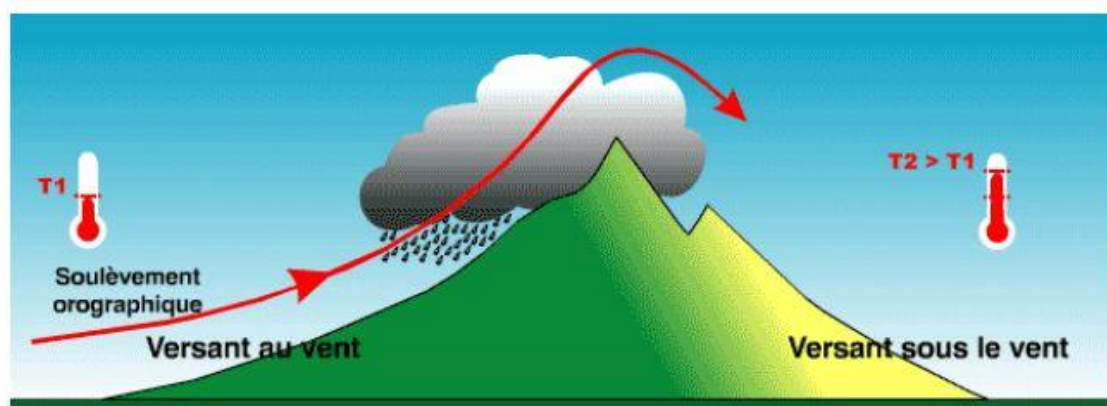
 Se référer au document - Synthèse climatologique –Secteur de Goro (A2EP, 2012a)

Ce chapitre est la synthèse d'un rapport technique (A2EP, 2012a) fourni sur le CD-ROM des études de référence.

La pluviogenèse de la Grande Terre est essentiellement liée à l'activité de la ZCPS, avec une convection accentuée par l'effet orographique quand les flux d'alizés viennent buter sur les reliefs.

1.3.1 Soulèvement orographique et effet de Foehn

Lorsqu'un flux d'air rencontre un relief suffisamment large, une partie au moins de la masse d'air qui ne peut contourner l'obstacle est contrainte de le franchir en se soulevant. Lors de son soulèvement orographique le long du versant au vent l'air subit une détente adiabatique et se refroidit. Si la température baisse suffisamment pour atteindre le point de condensation (à une pression déterminée, liée à l'altitude) des nuages se forment et peuvent générer des précipitations (Figure 4). Après le franchissement des sommets où la masse d'air a perdu une part importante de son humidité (soit restée bloquée côté au vent, soit éliminée par les précipitations), l'air subit, lors de sa descente du côté sous le vent, une compression qui le réchauffe. C'est l'effet de Foehn, conséquence remarquable du passage d'une masse d'air sur un relief, marqué par une élévation de la base des nuages, une hausse de la température et une diminution de l'humidité relative sous le vent du relief. En bref, la masse d'air s'assèche en passant au-dessus du relief.



Source : DAVAR, 2011

Figure 4 : Soulèvement orographique et effet de Foehn

1.3.2 Conséquences sur la répartition des pluies sur la Grande Terre

La Grande Terre s'étend du nord-ouest au sud-est sur une longueur d'environ 400 km et une largeur de 50 km. Une chaîne montagneuse (chaîne centrale) se développe sur presque toute la longueur de l'île, avec deux sommets dominants, le Mont Panié au nord (1 628 m), et le Mont Humboldt au sud (1 617 m). A l'Est la chaîne centrale caractérisée par des versants raides plongeant dans la mer, et directement soumis aux alizés. La côte Ouest est plus basse et protégée des vents dominants. Le Sud est caractérisé par des régions de plateaux encadrés de reliefs dont l'altitude ne dépasse pas 500 m.

Sur la Grande Terre, les précipitations varient beaucoup en fonction du relief et de l'exposition au flux des alizés d'est et de sud-est. Ces vents conditionnent la répartition des précipitations, nettement plus importantes sur la côte Est, les montagnes et le Sud que sur la côte Ouest.

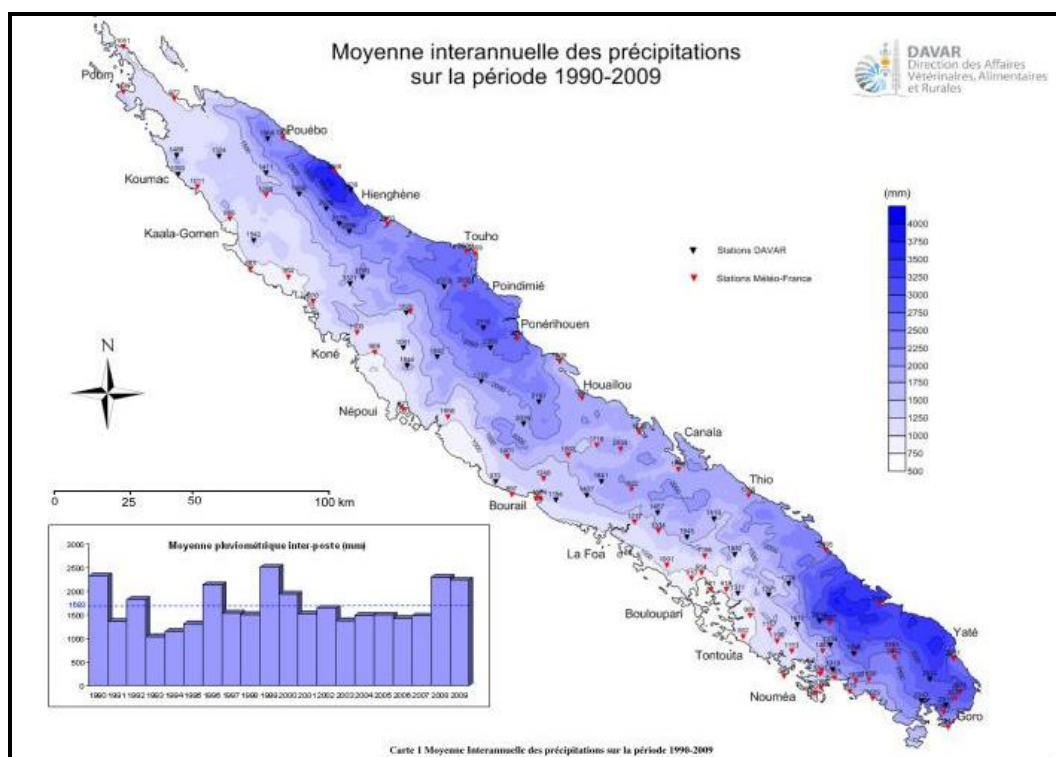
La prise en compte du relief est donc indispensable pour spatialiser les pluies sur la Grande Terre (DAVAR, 2011).

1.4 PRÉCIPITATIONS

1.4.1 La Nouvelle-Calédonie

La moyenne annuelle des précipitations varie entre 800 et 1200 mm pour la côte Ouest de la Grande Terre et entre 1750 et 4000 mm pour la côte Est. Ce contraste important est lié à la présence d'une chaîne de montagnes s'étendant du nord au sud de l'île et à la direction est-sud-est des vents dominants (Figure 5).

L'humidité relative mensuelle moyenne oscille constamment entre 72 et 79 %.



Source : DAVAR, 2011

Figure 5 : Moyenne Interannuelle des précipitations sur la période 1990-2009

1.4.2 Site de Goro

 Pièces graphiques – Carte D01 - Stations météorologiques sur le site de Goro

VNC dispose de données pluviométriques sur 8 stations réparties sur l'ensemble du projet. Ces stations sont recensées dans le Tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Stations météorologiques suivies par VNC

Station	Station	Long (RGNC91)_Reel	Lat (RGNC91)_Reel	Statut
267	SMAA (Pépinière)	499742,5	214527,1	Suspendu
268	SMAB (Usine Pilote)	493570,4	206728,5	Suspendu
269	SMAC (Plateau KW)	497875,0	211747,6	Suspendu
368	GORO_USINE	493610,4	206767,4	Actuel
366	GORO_ancienne_PEPINIERE	499722,4	214535,6	Actuel
364	GORO_RESIDUS	494032,1	209481,1	Actuel
365	GORO_GISEMENT	501566,4	212330,4	Actuel
367	GORO_MINE	497662,8	211376,5	Actuel

Source : Météo France, 2012

Le suivi de certaines de ces stations est suspendu. Il s'agit des stations :

- SMAA suspendue depuis janvier 2010 et remplacée par GORO_ancienne_PEPINIERE,
- SMAB suspendue depuis octobre 2010 et remplacée par GORO_USINE,
- SMAC suspendue depuis mars 2008 et remplacée par GORO_MINE.

Les installations de ces stations existent toujours mais les données ne sont plus exploitées. Les autres stations (Goro_Usine, Goro_Ancienne Pépinière, Goro_Résidus, Goro_Gisement et Goro_Mine) font partie du suivi actuel.

Les données disponibles sur la pluviométrie ont été traitées puis synthétisées par VNC et présentées dans le Tableau 3 et la Figure 6 ci-après.

Tableau 3 : Bilan pluviométrique mensuel (1997-2012) sur différentes stations de VNC

BILAN PLUVIOMETRIQUE (moyennes mensuelles en mm)			
Mois	Ancienne pépinière	Usine	Mine
Janvier	325	222	321
Février	393	312	371
Mars	506	343	471
Avril	422	298	392
Mai	268	203	252
Juin	213	178	201
Juillet	211	158	194
Aout	170	133	163
Septembre	192	203	171
Octobre	166	136	148
Novembre	145	83	133
Décembre	294	203	260

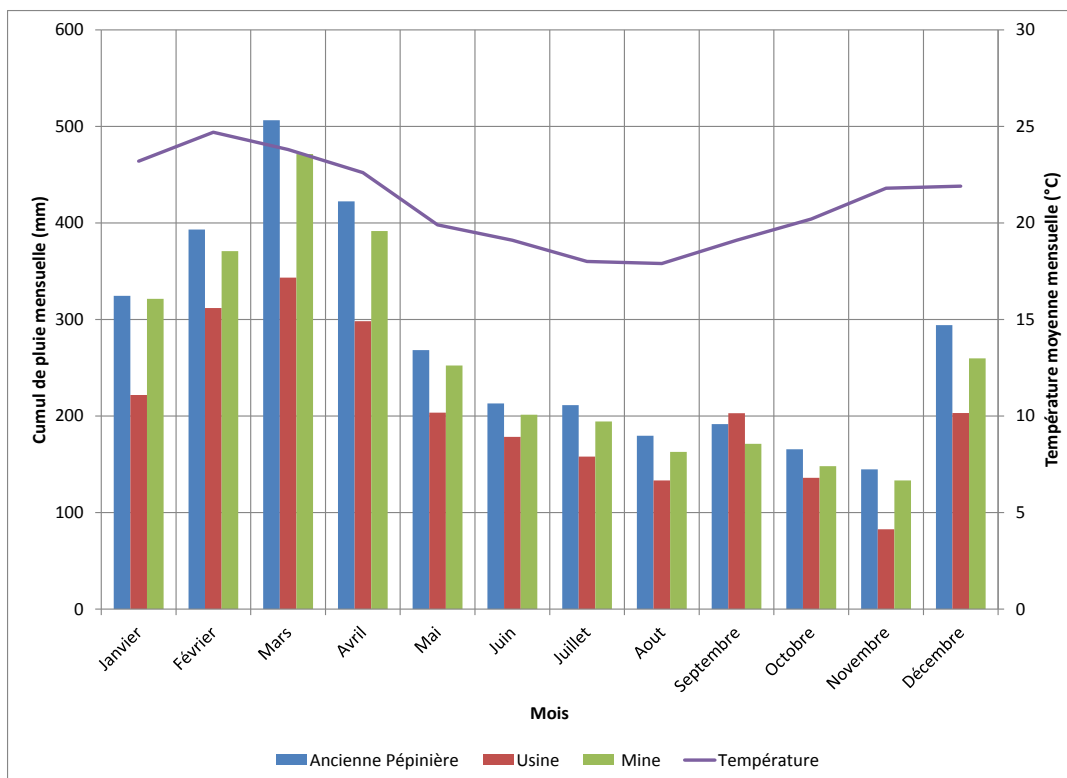


Figure 6 : Moyenne mensuelle des précipitations et de la température de l'air sur le site du projet VNC (Année 2012)

Les moyennes mensuelles des précipitations des différentes stations pluviométriques suivent la même évolution. Plusieurs points sont notés :

De manière générale la station de l'ancienne pépinière affiche une pluviométrie toujours supérieure aux autres stations, et parfois même plus de deux fois supérieure. Les écarts sont plus marqués en saison humide qu'en saison sèche.

Les précipitations moyennes annuelles entre 1991 et 2000 sont de l'ordre de 3 000 à 4 000 mm aux stations de Yaté Mairie et Yaté Usine d'après l'atlas climatique de la Nouvelle-Calédonie (Météo-France, 2007). Ces valeurs correspondent à la pluviométrie moyenne mesurée sur la station Ancienne Pépinière (environ 3 488 mm entre 1998 et 2010).

Concernant les précipitations moyennes mensuelles, de fortes précipitations sont enregistrées entre les mois de janvier et avril. Les précipitations les plus importantes sont observées pendant les mois de mars et d'avril avec un maximum atteint en mars sur la station Ancienne Pépinière de 506 mm. Ces fortes précipitations sont liées à l'activité cyclonique, aux masses d'air chaudes et humides et aux fortes convections (Météo France, 2007).

De mai à novembre les précipitations sont moindres et ne dépassent pas les 300 mm. De petits pics sont cependant notés en juillet (en 2013 un cumul pluviométrique de plus de 1 000 mm a été observé sur le site de Goro, pour une moyenne mensuelle proche de 200 mm) et en septembre (en 2007 un cumul pluviométrique de 429 mm a été observé à la station Ancienne Pépinière avec une moyenne mensuelle de 192 mm) sur l'ensemble des stations, excepté sur la station de l'usine.

La période la plus sèche semble être octobre-novembre. Les stations de Goro enregistrent des moyennes mensuelles minimales inférieures à 166 mm en septembre et à 145 mm en novembre. La station de l'usine enregistre des précipitations minimales, les autres enregistrent des

précipitations mensuelles minimales en novembre de 83 mm. La précipitation moyenne minimale mensuelle observée à la mine est de 133 mm en novembre. Par la suite, les précipitations remontent sur l'ensemble des stations.

1.5 TEMPERATURES

Bien que la Nouvelle-Calédonie soit un archipel tropical, les températures maximales ne sont pas trop élevées du fait de l'effet rafraîchissant des vents. Les températures moyennes journalières enregistrées à la station de Yaté (située à environ 20 km du site du projet) sont environ de 21 °C la nuit et de 26 °C l'après-midi. La température moyenne annuelle enregistrée entre 1986 et 2000 à la station météorologique du Cap N'Dua est de 22,6 °C.

Comme pour la pluviométrie, les données de températures ont été traitées et synthétisées pour la période 2002-2007. Le Tableau 4 suivant récapitule ces données en moyennes mensuelles sur la période. La courbe des températures est matérialisée sur la Figure 6 précédente.

Tableau 4 : Bilan des moyennes mensuelles de température (en °C) entre 2002 et 2007

Bilan températures	
Mois	Moyenne mensuelle (°C) 2002-2007
Jan	23,2
Fev	24,7
Mars	23,8
Avril	22,6
Mai	19,9
Juin	19,1
Juil	17,0
Aout	17,9
sept	19,1
Oct	20,2
Nov	21,8
Dec	21,9

Source : VNC, 2011

Les principaux points notables d'après ce bilan des températures sont les suivants :

- la température moyenne annuelle entre 2002 et 2007 est de 21 °C sur la station de mesures de la mine. Cette valeur correspond à la moyenne annuelle de Yaté qui se situe aux environs de 22 °C selon l'Atlas climatique de la Nouvelle-Calédonie (Météo-France, 2007) ;
- à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont enregistrées en janvier et février durant la saison chaude. Ici elles sont enregistrées en février et mars où elles sont respectivement de 24,7 °C et de 23,8 °C ;

- durant la saison fraîche, comme à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie et comme ici, les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées en juillet et août où elles sont respectivement de 17 °C et 17,9 °C.

Pour conclure, le diagramme ci-dessus présentant les moyennes mensuelles de précipitations et températures de l'air sur le site du projet met en évidence l'existence de 2 saisons distinctes : une saison des pluies (chaude et humide) de décembre à avril et une saison plus sèche et fraîche de mai à novembre.

1.6 EVAPOTRANSPIRATION

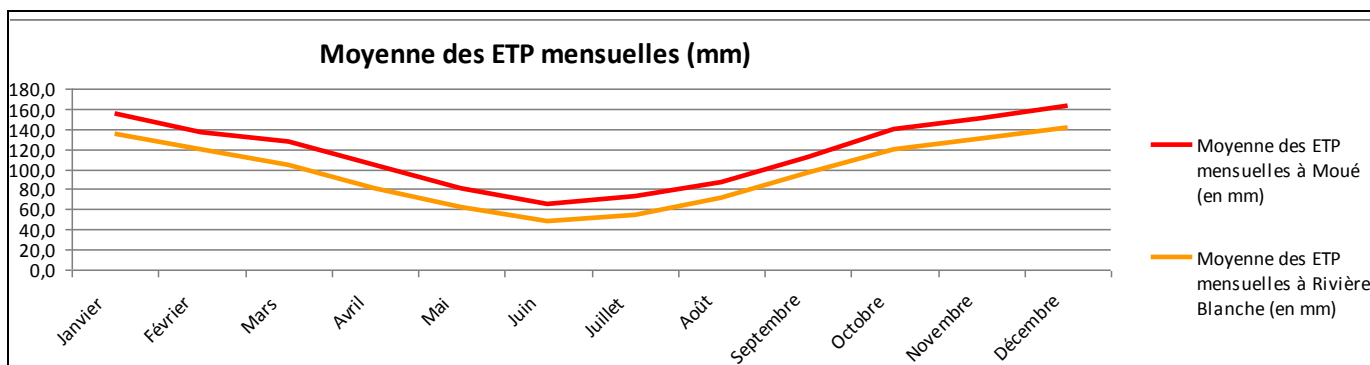
L'évapotranspiration se compose d'une part de l'évaporation directe qui s'effectue à partir des sols humides et des différents plans d'eau, et d'autre part de la transpiration des végétaux. L'eau du sol, captée par les racines des végétaux, est acheminée vers les feuilles où une partie s'évapore à travers les stomates (micropores des feuilles). Cette évapotranspiration dépend de deux éléments : la chaleur fournie par le rayonnement solaire et la quantité d'eau disponible dans le sol.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) désigne les quantités maximum possibles que peut atteindre l'évapotranspiration pour une surface donnée et pour une situation météorologique définie. Elle est calculée par Météo France au niveau de la Rivière Blanche (station située à environ 30 km au nord-ouest du projet) et de Moué (station de l'île des Pins située à environ 60 km au sud-est du projet).

1.6.1 La Nouvelle-Calédonie

De manière générale, comme le montre le graphique ci-dessous (Figure 7), les moyennes des ETP mensuelles de Moué et Rivière Blanche évoluent dans le temps de la même façon. Au niveau de Moué, elles diminuent jusqu'en juillet de 89,1 mm, puis augmentent jusqu'en décembre de 97 mm. Au niveau de Rivière Blanche elles diminuent jusqu'en juin de 86,5 mm puis augmentent jusqu'en décembre de 93,5 mm.

La moyenne des ETP mensuelles à Moué est plus importante (supérieure d'environ 20 mm en) que celle de Rivière Blanche.

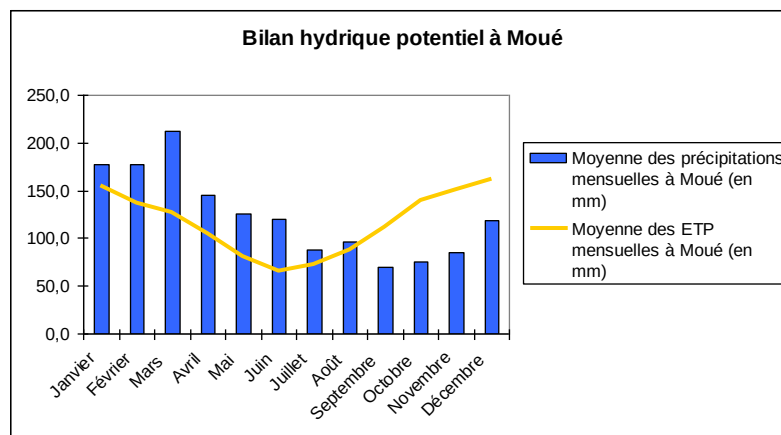


Source : VNC, 2011

Figure 7 : Courbe des moyennes des ETP mensuelles (mm) à Moué et Rivière Blanche

Ces valeurs sont à comparer aux quantités annuelles de précipitations afin de déterminer le bilan hydrique potentiel (total des précipitations – ETP). Celui-ci est généralement négatif sur la côte Ouest de la Grande Terre et positif sur la côte Est.

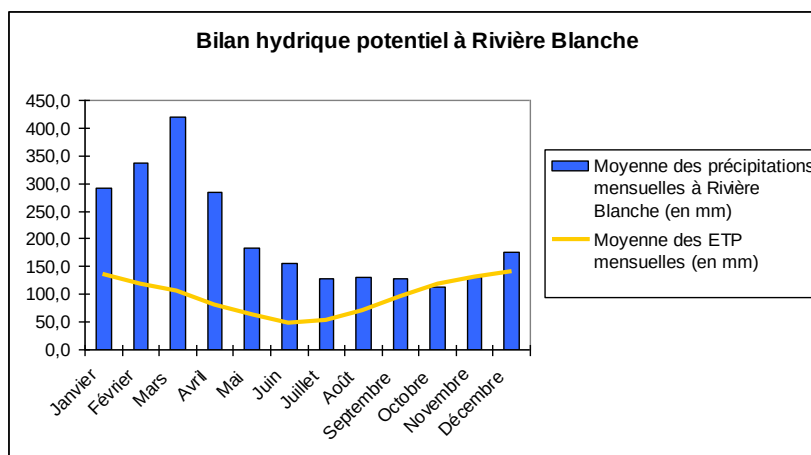
Les figures suivantes présentent les bilans hydriques potentiels de Moué (Figure 8) et de Rivière Blanche (Figure 9). A Moué les données ETP correspondent à la moyenne mensuelle des années 1997 à 2011 et celles des précipitations correspondent à la moyenne mensuelle des années 1981 à 2010. A la Rivière Blanche, elles correspondent à la moyenne mensuelle des années 2001 à 2011 et celles des précipitations correspondent à la moyenne mensuelle des années 2001 à 2010.



Source : VNC, 2011

Figure 8 : Bilan hydrique potentiel de Moué

Le bilan hydrique potentiel à Moué est positif de janvier à août. Il est ensuite négatif de septembre à décembre.



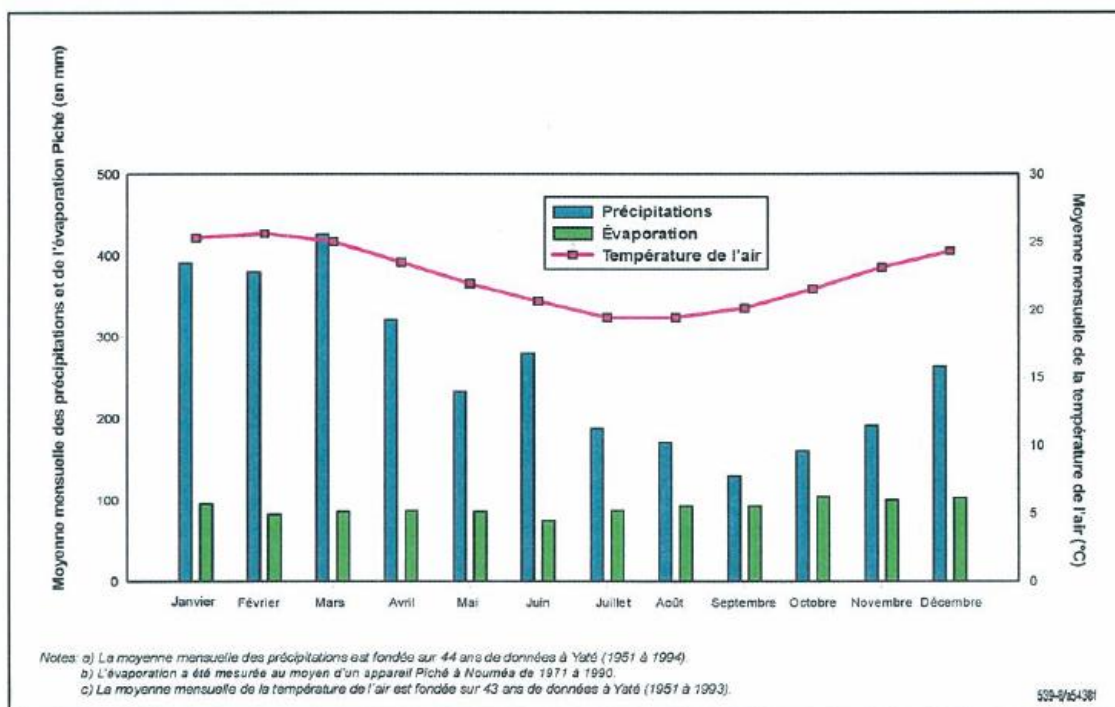
Source : VNC, 2011

Figure 9 : Bilan hydrique potentiel de Rivière Blanche

Le bilan hydrique potentiel à Rivière Blanche est positif de janvier à septembre. Il est ensuite négatif en octobre puis de nouveau positif de novembre à décembre.

1.6.2 Site de Goro

L'évaporation potentielle est calculée par Météo France sur le plateau de la Kué Ouest depuis 2002 sur la base des mesures recueillies par la station météorologique de VNC. La Figure 10 permet de comparer les précipitations, l'évaporation et la température de l'air.



Source : VNC, 2011

Figure 10 : Moyenne mensuelle des précipitations, de l'évaporation et de la température de l'air sur le site du projet VNC

Le Tableau 5 suivant compare les valeurs annuelles d'ETP du plateau de la Kué Ouest de 2003 à 2005 à celles calculées pour les stations Météo France de Nouméa et de Moué.

Tableau 5 : ETP annuelle calculée pour le plateau de la Kué Ouest et les stations Météo France de Moué et de Nouméa de 2003 à 2005 (en mm)

Année	Station du plateau de la Kué Ouest (1)	station de Moué	Station de Nouméa
2003	1117	1599	1706
2004	1152	1594	1911
2005	1132	1507	1744

Source : VNC, 2011

Note (1) : les données décennales manquantes ont été remplacées dans le calcul de l'ETP annuelle par les moyennes des années suivantes et précédentes pour les mêmes décades.

Pour les 3 années 2003, 2004 et 2005, la station du plateau de la Kué Ouest reste la station où l'ETP est la plus faible avec une moyenne annuelle de 1 134 mm. La station de Nouméa enregistre la plus forte ETP avec une moyenne annuelle de 1 754 mm. L'ETP moyenne annuelle de Moué est intermédiaire avec une valeur de 1 567 mm.

Afin de pallier les lacunes de mesures observées à partir de 2005 pour les nombreux paramètres nécessaires à la détermination de l'ETP Penman-Montheith, une nouvelle approche a été mise en œuvre par A2EP (Synthèse climatologique – Secteur de Goro, Avril 2012a). Elle est basée sur le calcul de l'ETP Oudin qui ne nécessite que de 2 paramètres : la température et le rayonnement global. Cette méthode (Oudin, 2004 ; 2005a ; 2005b) a été validée sur de nombreux bassins versants permettant de couvrir de nombreux contextes climatiques, sous toutes latitudes. Afin de disposer d'une chronique d'ETP la plus longue possible l'approche suivante a été retenue

- calculer une ETP Oudin à l'aide des températures et du rayonnement global mesurés à la station C (Mine) ainsi que du rayonnement global planétaire théorique donné par la latitude de la station C ($22^{\circ}16'2,3''S$) ;
- comparer l'ETP Oudin avec l'ETP Penman-Montheith fourni par Météo France pour la station C (Mine) sur la période 2002-2005;
- définir un coefficient de correction entre les ETP Oudin et Météo France ;
- calculer une chronique d'ETP Oudin corrigée aux pas de temps journalier et mensuel pour la période 1998-2011.

Sur cette base l'ETP moyenne interannuelle (1998-2011) est estimée à 1 155 mm/an pour le bassin de la Kué, ce qui représente 37 % des précipitations (3 141 mm/an). La distribution mensuelle de cette ETP est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : ETP annuelle calculée pour le bassin de la Kue (en mm)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	An
ETP	133	117	113	89	72	61	60	71	86	107	115	130	1155