



MINE DE DOTHO

DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITATION MINIERE

PIECE D GESTION ET PROTECTION DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES

2019
Complément recevabilité



GEO.IMPACT

10bis rue Faidherbe - 98800 NOUMEA

Téléphone/Télécopie : 28 45 40 - Courriel : geo.impact@mls.nc

SOMMAIRE

1 - AVANT PROPOS.....	5
2 - ETAT INITIAL	6
2.1 - CLIMATOLOGIE	6
2.1.1 - <i>Généralités</i>	6
2.1.2 - <i>Précipitations</i>	6
2.1.3 - <i>Les vents</i>	6
2.1.4 - <i>Les phénomènes météorologiques importants et dépressions tropicales</i>	8
2.2 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERALE DU MASSIF DE DOTHIO.....	10
2.2.1 - <i>Hydrogéologie générale des massifs périclithiques</i>	10
2.2.2 - <i>Hydrogéologie spécifique du massif</i>	13
2.2.3 - <i>Points d'accès à l'eau souterraine et usages - Eaux potables et minérales</i>	16
2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE GENERAL DU MASSIF DE DOTHIO.....	17
2.3.1 - <i>Contexte hydrologique général.....</i>	17
2.3.1.1. <i>Les principaux creeks et bassins versants associés.....</i>	17
2.3.1.2. <i>Les débits caractéristiques.....</i>	18
2.3.2 - <i>Comparaison contexte actuel avec le contexte hydrologique naturel du massif.....</i>	20
2.4 - MILIEU AQUATIQUE TERRESTRE – IBS.....	24
2.4.1 - <i>Récapitulatif des études menées sur le site de Dothio et méthodologies suivies</i>	24
2.4.2 - <i>Présentation des stations et des indices suivis</i>	24
2.4.3 - <i>Résultats IBS.....</i>	25
2.4.3.1. <i>Résultats et conclusions 2011.....</i>	25
2.4.3.2. <i>Résultats et conclusions suivi IBS 2011-2017.....</i>	26
2.4.4 - <i>Mesures physico-chimiques : Résultats 2016/2017</i>	26
2.5 - DESCRIPTION DES DISPOSITIFS HYDRAULIQUES EXISTANTS SUR LE SITE MINIER DE DOTHIO ET BASSINS VERSANTS MINIERS ASSOCIES.....	29
3 - PRINCIPES ET SCHEMA GENERAL DE GESTION DES EAUX DU PROJET D'EXPLOITATION.....	32
3.1 - PRINCIPES GENERAUX DE GESTION DE L'EAU	32
3.1.1 - <i>Choix des exutoires vers le milieu naturel.....</i>	32
3.1.2 - <i>Choix du schéma de gestion des eaux</i>	33
3.1.3 - <i>Gestion et mise hors d'eau des zones de chantier et de remblais</i>	33
3.1.4 - <i>Gestion des eaux des talus</i>	33
3.1.4.1. <i>Fronts d'exploitation et talus résiduels</i>	33
3.1.4.2. <i>Verses</i>	34
3.1.5 - <i>Gestion des eaux des plateformes</i>	34
3.1.6 - <i>Gestion des eaux des pistes</i>	34
3.1.6.1. <i>Pistes d'exploitation et piste d'accès au massif.....</i>	34
3.1.6.2. <i>Piste de sondages et accès véhicules légers</i>	35

3.1.7 - <i>Ouvrages de protection de l'environnement</i>	35
3.1.8 - <i>Utilisation des fosses résiduelles</i>	36
3.2 - IMPLANTATION ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE GESTION DES EAUX DU PROJET	37
3.2.1 - <i>Critères d'implantation</i>	37
3.2.2 - <i>Principes de dimensionnement des ouvrages</i>	37
3.2.3 - <i>Plan de Gestion des Eaux de projet</i>	38
3.2.4 - <i>Principes de drainage des verses Pauline et Revanche</i>	49
3.2.4.1. <i>Verse Revanche</i>	49
3.2.4.2. <i>Verse Pauline</i>	51
4 - ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT	53
4.1 - IMPACT SPECIFIQUE A L'EXPLOITATION MINIERE – IMPACT SUR L'EAU	54
4.1.1 - <i>Impact sur l'eau</i>	54
4.1.1.1. <i>Modification des bassins versants miniers</i>	54
4.1.1.2. <i>Modification de la ressource en eau – au niveau de la zone de projet</i>	58
4.1.1.3. <i>Modification de la ressource en eau – nappes alluviales périphériques</i>	59
4.1.2 - <i>Impacts sur le milieu aquatique terrestre</i>	60
4.2 - IMPACTS SPECIFIQUES AUX ACTIVITES DE CHANTIER - POLLUTION AUX HYDROCARBURES DES EAUX ET DES SOLS	61
4.2.1 - <i>Stockage de carburant</i>	61
4.2.2 - <i>Entretien du parc engins</i>	61
4.2.3 - <i>Roulage – Traversée de creek</i>	62
5 - MESURES PRISES EN VUE DE LIMITER L'IMPACT DE L'ACTIVITE MINIERE SUR LE CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	63
5.1 - MESURES REDUCTRICES OU COMPENSATOIRES	63
5.1.1 - <i>Gestion des eaux usées</i>	63
5.1.2 - <i>Prévention des pollutions liées aux hydrocarbures</i>	63
5.2 - MESURES DE SUIVI	65
5.2.1 - <i>Suivi du plan de gestion des eaux</i>	65
5.2.2 - <i>Suivi de la qualité des eaux</i>	65
5.2.3 - <i>Suivi hydrogéologique</i>	66
6 - AUTORISATION DE PRELEVEMENT ET D'OCCUPATION DU DOMAINE PUBLIC FLUVIAL	68
7 - ANNEXES	69

LISTE DES FIGURES

Figure 2 : Roses des vents en Nouvelle-Calédonie. (Source : Atlas Nouvelle-Calédonie – Vents).....	7
Figure 1 : Roses des vents à Nouméa. (Source : Atlas Nouvelle-Calédonie – Vents).....	8
Figure 3 : Moyenne interannuelle des précipitations sur la période 1990-2009.....	9
Figure 4 : Profil d'altération.....	12
Figure 5 : Contexte hydrogéologique du massif de Dothio.....	15
Figure 6 : Contexte hydrologique général	19
Figure 7 : Variation des BV actuel et BVI.....	23
Figure 8 : Résultats des IBS de 2016/2017	28
Figure 9 : Plan de gestion des eaux actuel du site de Dothio.....	31
Figure 10 : Dispositifs hydrauliques – Secteurs de Pauline et de Revanche	32
Figure 11 : Plan de gestion des eaux – Projet minier final – Secteur Revanche et plateforme pied de mine.....	40
Figure 12 : Plan de gestion des eaux – Projet minier final – Secteur Pauline	41
Figure 13 : Dispositif de drainage de la verre Revanche - Phase 3 : A. En-dessous de la cote 375 NGNC, B. Entre les cotes 375 et 378 NGNC, C. Entre les cotes 378 et 385 NGNC, D. A partir de la cote 385 NGNC, E. En phase ultime.....	50
Figure 14 : Dispositif de drainage de la verre Pauline - Phase 2 : A. En-dessous de la cote 414 NGNC, B. Entre les cotes 414 et 431 NGNC, C. Entre les cotes 431 et 439 NGNC, D. A partir de la cote 439 NGNC, E. En phase ultime.....	52
Figure 15 : Evolution des bassins versants miniers initiaux, actuels et projet.....	57
Figure 16 : Localisation des stations de suivi du milieu aquatique terrestre	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des creeks principaux	17
Tableau 2 : Débits Q2, Q10 et Q100 des creeks principaux	18
Tableau 3 : Evolution de la surface des bassins versants miniers	21
Tableau 4 : Coordonnées des stations de suivi IBS.....	24
Tableau 5 : Résultats 2011.....	25
Tableau 6 : Résultats IBS de 2011 à 2017	26
Tableau 7 : Résultats MPC 2016/2017	27
Tableau 8 : Descriptions des dispositifs hydrauliques existants sur le site minier de Dothio et bassins versants miniers associés.....	30
Tableau 9 : Paramètres utilisés pour le dimensionnement.....	38
Tableau 10 : Objectifs 2h/2 ans	39
Tableau 11 : Données hydrauliques - Caniveaux / Cavaliers (tranchées drainantes).....	42
Tableau 12 : Données hydrauliques - Cassis	45
Tableau 13 : Données hydrauliques - Bassins de sédimentation	47
Tableau 14 : Evaluation de l'intensité des impacts sur l'eau	54
Tableau 15 : Evolution de la surface des bassins versants miniers initiaux, actuels et projet	56

1 - AVANT PROPOS

Le présent document constitue la pièce D « Exposé relatif à la gestion et à la protection des eaux superficielles et souterraines » de la demande d'autorisation d'exploiter le gisement du site minier de Dothio sur les concessions de Revanche ABC réduite, Boindibou réduite, Seyrane, Colombe réduite, Pauline réduite, OLM réduite, SMMO 6 et SMMO 7, conformément à l'article R 142-10-8 du code minier (Arrêté n°2009-2205/GNC du 28 avril 2009 instituant la partie réglementaire du code minier de la Nouvelle Calédonie).

Version		Rédacteur	Vérificateur	Date
V01	Document intermédiaire	Geo.Impact	SLN	05/12/2017
V02	Document intermédiaire	Geo.Impact	SLN	30/05/2018
V03	Document final	Geo.Impact	SLN	03/08/2018
V04	Complément recevabilité	Geo.Impact	SLN	10/05/2019
V05	Complément recevabilité (Modification PSA)	Geo.Impact	SLN	20/12/2019

2 - ETAT INITIAL

2.1 - CLIMATOLOGIE

2.1.1 - Généralités

La zone d'étude, et plus largement la Nouvelle-Calédonie, se situe en climat subtropical. Quatre saisons résultent de la variation annuelle de latitude de la zone de haute pression subtropicale et de la zone de dépression équatoriale :

- **une saison chaude** qui s'étend de mi-novembre à mi-avril, souvent caractérisée par des tempêtes tropicales et de fortes pluies ;
- **une saison transitoire** qui s'étend de mi-avril à mi-mai, caractérisée par une réduction considérable des précipitations et de la température. Les perturbations tropicales sont rares et généralement peu actives ;
- **une saison froide** qui s'étend de mi-mai à mi-septembre, juillet et août étant les mois les plus froids ;
- **une saison transitoire** qui dure de mi-septembre à mi-novembre pendant laquelle l'alizé souffle en quasi-permanence.

2.1.2 - Précipitations

La valeur annuelle moyenne de pluviométrie sur le site minier de Dothio est de l'ordre de 1 765 mm au niveau de la station Thio Mission (relevés pluviométriques de Météo-France et de la DAVAR).

D'après la carte des moyennes interannuelles des précipitations sur la période 1990-2009, la zone d'étude correspondrait à une moyenne comprise en 2 000 et 1 750 mm par an (Figure 3).

Au niveau du site, la hauteur de pluie pour un épisode de deux heures de récurrence biennale (2h/2 ans) est de 74.4 mm tandis que pour un événement pluvieux de récurrence centennale (I100), la hauteur d'eau est de 174.4 mm/h.

2.1.3 - Les vents

En dehors des perturbations tropicales, les vents dominants sont les alizés. Ils soufflent depuis un secteur sud/sud-est et leur présence caractérise la côte est de la Nouvelle-Calédonie (plus de 215 jours par an).

Les alizés, plus fréquents en saison chaude, sont relativement stables (en direction de 40 à 120° par rapport au nord) mais d'intensité variable en fonction des périodes de la journée (faible la nuit et le matin et plus fort dans l'après-midi).

Entre décembre et avril, la Nouvelle-Calédonie est fréquemment affectée par des dépressions et cyclones tropicaux.

La côte est est particulièrement exposée au risque cyclonique. Les vents violents qui accompagnent le passage de ces dépressions induisent la levée de fortes houles, un marnage élevé et une perturbation importante du champ des courants.



Figure 1 : Roses des vents en Nouvelle-Calédonie. (Source : Atlas Nouvelle-Calédonie – Vents)

Roses des vents à Nouméa (1996 - 2005).

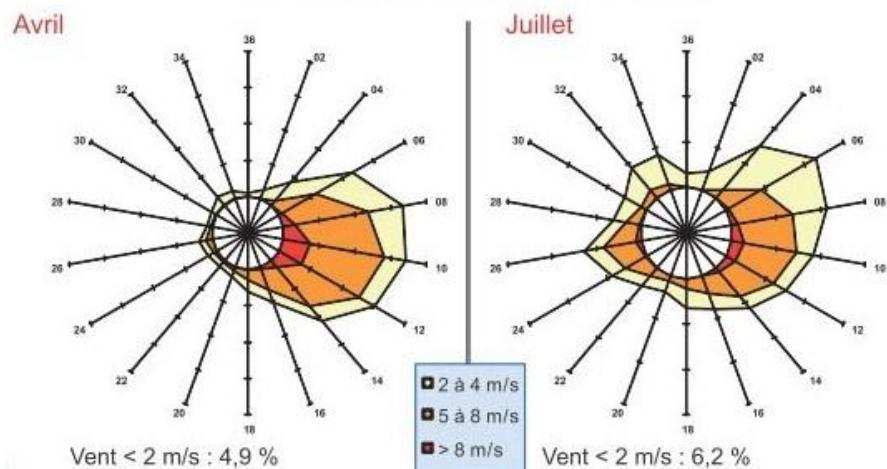


Figure 2 : Roses des vents à Nouméa. (Source : Atlas Nouvelle-Calédonie – Vents)

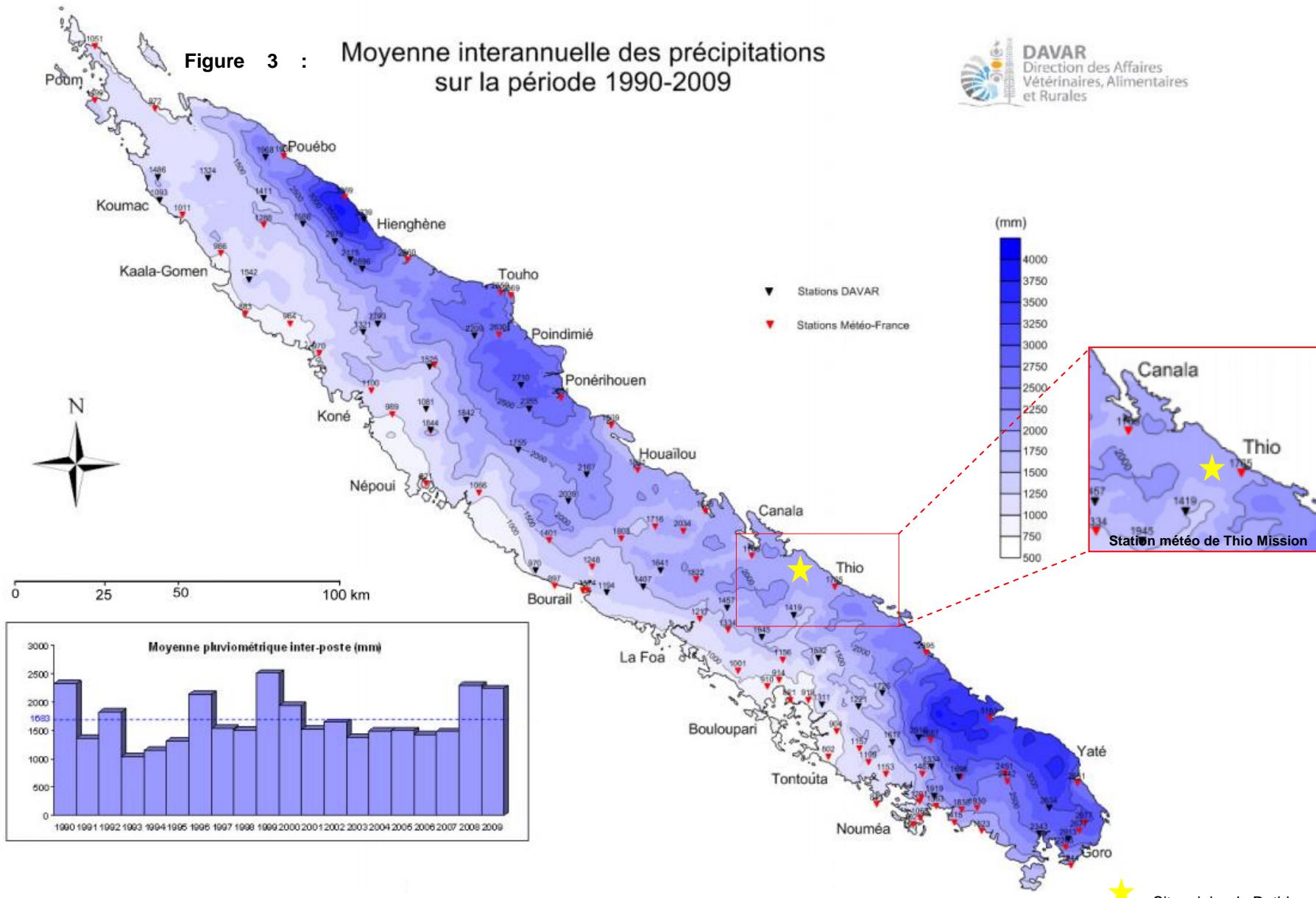
2.1.4 - Les phénomènes météorologiques importants et dépressions tropicales

Par définition, la « dépression tropicale » est un phénomène qui associe à une température tropicale, des vents de surface soutenus de moins de 117 km/h (63 nœuds). Au-delà, il s'agit d'un « cyclone tropical » qui peut atteindre des vitesses de vents moyennes de plus de 200 km/h.

Il existe sept principaux bassins cycloniques dans le monde : l'Atlantique, le nord-est du Pacifique, le nord-ouest du Pacifique, le nord de l'océan Indien, le sud-ouest de l'océan Indien, le sud-est de l'océan Indien et l'Australie au sud-ouest du Pacifique.

La Nouvelle-Calédonie est située dans le bassin cyclonique de l'Australie/Pacifique sud-ouest. Durant la période 1968-2000, la fréquence moyenne d'occurrence de tempêtes tropicales ou de cyclones dans la région sud Pacifique a été respectivement de 5,6 et de 3,8 phénomènes par an (rapport Météo France « Climatic conditions in New Caledonia », Décembre 2001). La Nouvelle-Calédonie est située dans la région la plus active du sud Pacifique.

Figure 3 : Moyenne interannuelle des précipitations sur la période 1990-2009



2.2 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERALE DU MASSIF DE DOTHIO

2.2.1 - Hydrogéologie générale des massifs péricratitiques

Les massifs miniers de la Grande Terre sont constitués d'un socle rocheux ultramafique sur lequel s'est développé un manteau d'altération plus ou moins épais sous l'action de l'eau météorique. Les eaux d'infiltration sont responsables de l'altération de la péricratite initiale par hydrolyse de l'olivine et du pyroxène et conduisent au développement d'un profil d'altération. Le profil type comprend, depuis le haut vers le bas, la succession suivante : une cuirasse ferrugineuse, un horizon à grenaille, un horizon de latérites rouges, un horizon de latérites jaunes, un horizon de saprolites fines puis grossières et enfin la roche mère péricratitique (Figure 4). La géométrie des interfaces entre les différents horizons est largement irrégulière et présente une morphologie en seuils et fossés qui reflète le contrôle de la fracturation sur le développement de l'altération.

L'hydrostratigraphie classique en domaine minier distingue trois entités hydrogéologiques :

- un aquifère supérieur. L'aquifère est localisé à la base de la cuirasse. La porosité de cet horizon est primaire, elle résulte des nombreux espaces vides entre les éléments nodulaires constitutifs de la cuirasse. Du fait de sa grande porosité, la cuirasse est un matériau particulièrement drainant. Ceci assure d'une part une recharge rapide à chaque événement pluvieux et d'autre part un caractère intermittent à l'aquifère supérieur. Cet aquifère alimente les sources temporaires et des sources pérennes aux débits très faibles (< 0,5 l/s).
- un aquitard. Constitué par les horizons de latérites rouges et de saprolites fines, il s'agit d'une formation semi perméable qui participe au drainage vertical des formations sus-jacentes. Dans le contexte calédonien, il s'agit de l'horizon formé par les latérites rouges et jaunes.
- un aquifère principal. Il est constitué par la saprolite grossière au toit de la roche mère. L'aquifère principal présente à la fois une porosité matricielle et une porosité de fracture. Cet aquifère alimente les sources pérennes au débit notable (> 2 l/s). Il est également connu pour être le siège d'écoulements dans des conduits souterrains ouverts de type karstique.
- Un aquifère profond. Dans la roche saine, les réseaux de fractures connectées entre elles et perméables, peuvent atteindre la semelle serpentineuse de la nappe des péricratites. Les serpentinites constituent une barrière imperméable à la circulation souterraine des eaux et fixent fréquemment la base de l'ensemble du système hydrogéologique au sein d'un massif ultrabasique. Des sources ou suintement peuvent donc être observées au toit de ces accidents majeurs.

L'hydrogéologie des massifs de péridotites présente un fonctionnement de type karstique. Le karst est un milieu hétérogène, compartimenté, présentant des discontinuités hydrauliques importantes. Le comportement hydraulique présente deux dynamiques :

- l'une lente, liée à une circulation contrôlée par la perméabilité d'interstice des terrains latéritiques et saprolitiques. Les variations lithologiques et diagénétiques des roches comme celles de la pression atmosphérique influencent la vitesse d'écoulement.
- l'autre rapide, liée à une circulation guidée par la fracturation et le développement de cavités interconnectées en profondeur.

Les structures karstiques, visibles en surface sur la morphologie des terrains, sont souvent associées aux structures plus profondes et servent de guides pour la compréhension des circulations hydrogéologiques. Ce sont, par exemple, les dolines, zones d'infiltration préférentielle, qui peuvent présenter un alignement le long de zones de fractures, ou les sources, zones de résurgence d'aquifère plus ou moins profond.

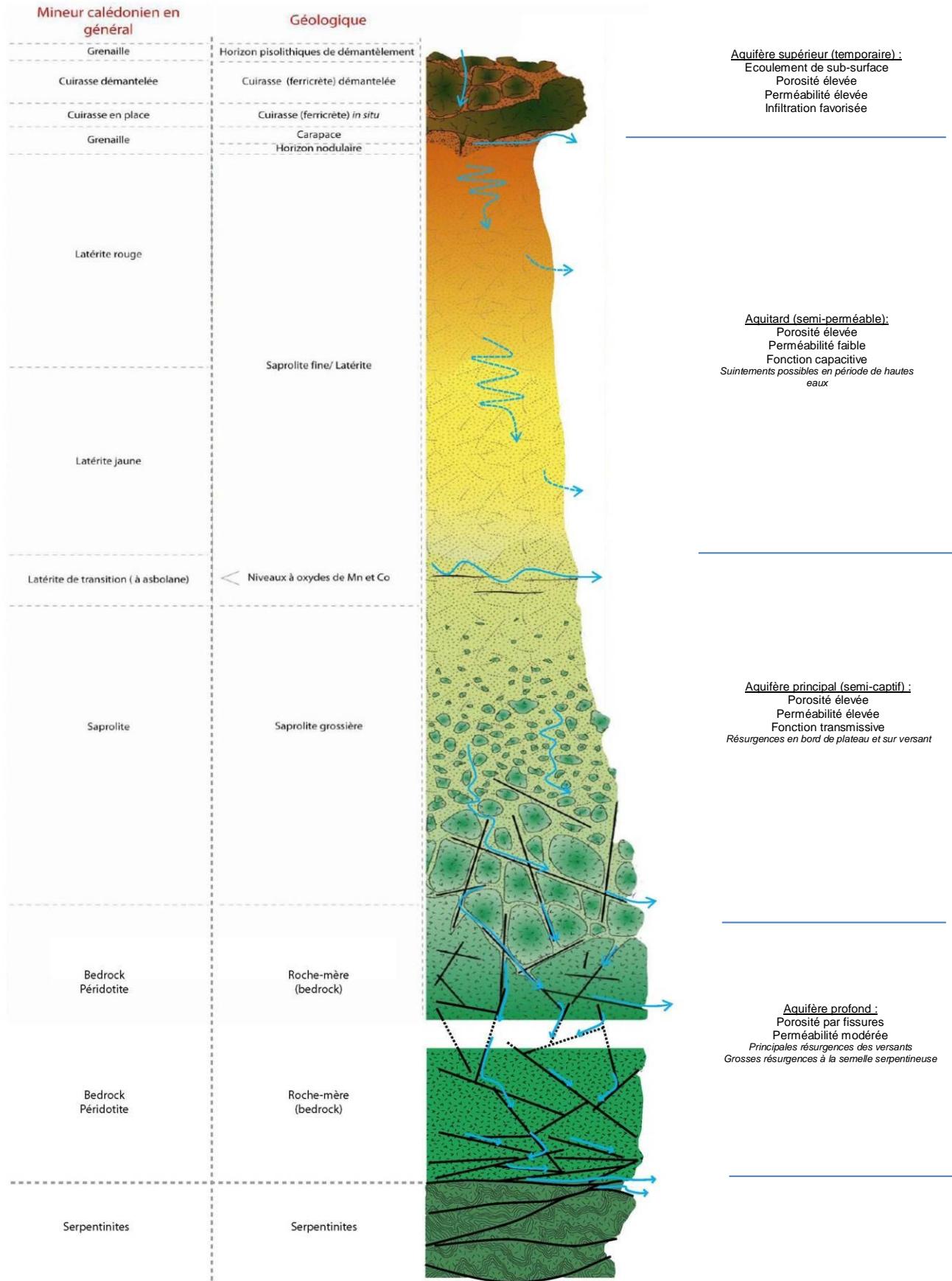


Figure 4 : Profil d'altération

2.2.2 - Hydrogéologie spécifique du massif

Les labels du texte ci-dessous renvoient aux étiquettes de la Figure 5.

Le site de Dothio a fait l'objet d'une première étude hydrogéologique sur le secteur de Revanche-Boindibou en 2012 par le bureau d'étude Mica Environnement.

Cette étude a été complétée, par une analyse géomorphologique et structurale sur l'ensemble des secteurs concernés par le projet à savoir Revanche-Boindibou, Pauline et la zone de Plateau.

Cette étude a pour objectif de mettre en évidence les principales morphologies de surface traduisant le contexte hydrogéologique de la zone à savoir les linéaments, les ruptures de pente, les zones de plateau, les vallées perchées ainsi que la présence de doline et de sources afin d'interpréter des axes de drainage souterrains supposés.

Cette analyse se base sur :

- Une analyse du MNT avec ombrage réalisé à partir des données topographiques au 1/10 000^{ème} (Source topo Georep) complétées par les données topographiques au 1/1000^{ème} SLN sur les zones de chantier ;
- Une analyse a également été effectuée sur des clichés aériens anciens (depuis 1954) en stéréographie pour visualiser le modèle originel du terrain avant l'ouverture de la plupart des exploitations. Cette photo-interprétation permet de révéler les ruptures de pente plus légères, les changements de végétation ou de rugosité du terrain, etc...
- Les orthophotographies récentes et des vues Google Earth ont également été utilisées pour confirmer certaines observations,
- Une visite de terrain a également permis de relever des indices karstiques de surfaces.

Analyse des linéaments à l'échelle du massif :

Le massif de Dothio montre trois grandes familles de linéaments matérialisés par des alignements de crêtes et de cours d'eau selon les directions dominantes suivantes :

- **N90° - N110°** représenté par l'alignement des cours d'eau principaux du secteur (creeks Caroline, Pauline Est et Ouagna), par des lignes de crêtes principales, et par l'orientation des surfaces s'altération.
- **N20° - N30°** représenté par les lignes de crêtes et des alignements de creeks au nord et sud du massif.
- **N170** représenté par des lignes de crêtes et des cours d'eau principalement au nord du massif au niveau de la concession Colombe Réd.

Hydrogéologique du secteur de Revanche-Boindibou

L'étude du fonctionnement hydrogéologique du secteur Boindibou-Revanche a été réalisée par le bureau d'étude MICA Environnement et complétée par Geo.Impact.

La géomorphologie du secteur de Revanche-Boindibou correspond à une zone de plateau marquée par une vallée perchée principale qui s'étire selon une direction N110 (étiquette 1). Cette vallée perchée s'aligne avec le creek Costaud où une source a été identifiée au niveau de la cote 130 m NGNC. Cette source a un débit très faible et s'écoule dans un creek fortement engravé. Elle n'a pas d'enjeu particulier. Elle n'est pas captée et alimente faiblement les creeks Costaud puis Ouagna dont l'écoulement s'infiltre totalement dans le matériel d'engravement comblant le creek Ouagna. On peut donc supposer la présence d'un axe de drainage principal des eaux souterraines depuis la vallée perchée vers le creek Costaud. Ces écoulements souterrains ressortent au niveau de la source du creek Costaud probablement au contact avec un niveau imperméable (serpentinite).

Une seconde source a été identifiée en aval des chantiers Revanche Ouest et Centre, vers le versant nord (étiquette 3). Elle est également dans l'axe de la vallée perchée principale et s'aligne avec les linéaments N110. Toutefois, cet axe de drainage vers le nord apparaît plus secondaire et semble réduit aux circulations souterraines existantes sur ces deux chantiers.

D'autres vallées perchées ont été identifiées plus à l'est sur le secteur Revanche (étiquettes 4 et 5) mais elles sont d'envergure plus réduite et orientée respectivement selon des directions N100 et N30.

Aucune doline n'a été identifiée sur le secteur Revanche.

Etude hydrogéologique du secteur de Pauline et de Plateau

La zone du Plateau représente un plateau sommital relativement isolé où s'est développée une grande surface d'altération probablement assez profonde. Le drainage des écoulements souterrains se fait donc probablement de manière diffuse tout autour du plateau vers l'axe des creeks (étiquette 6).

Un grand vallon orienté globalement E-W marqué par le cours d'eau Ouagna sépare les secteurs Plateau et Revanche – Boindibou du secteur Pauline. Une cellule d'altération, orientée dans l'axe du creek est bien représentée avec un bombement du fond de vallée (étiquette 7). On peut supposer que le drainage des écoulements souterrains se fait en suivant cette direction N100 vers le creek Ouagna.

Plusieurs vallées perchées sont identifiées au niveau de la zone Pauline. Elles s'étirent toutes selon un axe N90 à N110 (étiquette 8). On peut supposer un axe de drainage des écoulements souterrains vers l'est en direction des creeks Bois de Fer et Pauline Est.

Lors des investigations de terrain, deux indices hydrogéologiques majeurs ont été relevés. Il s'agit de deux pertes au niveau du secteur Pauline (étiquette 9).

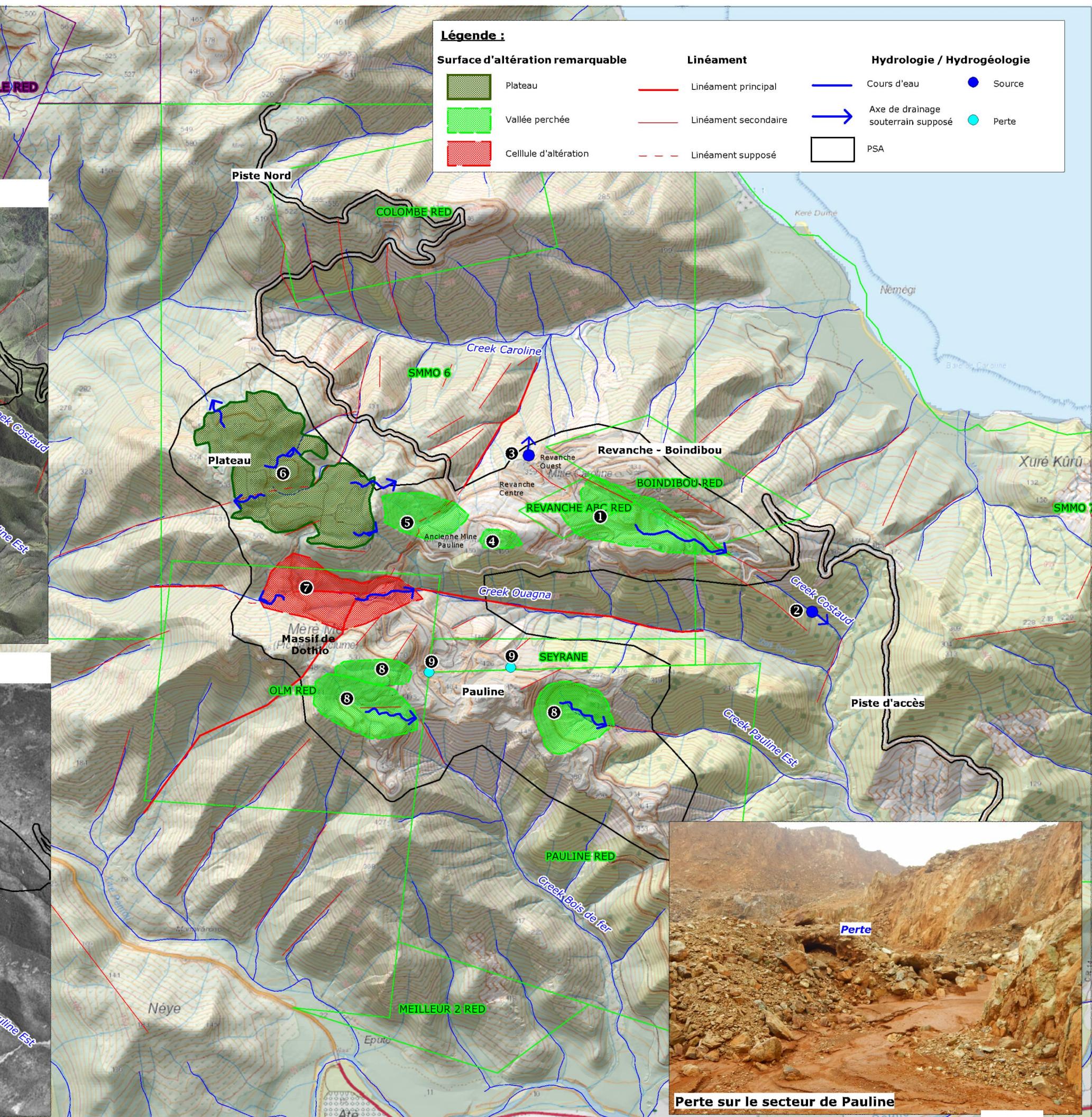
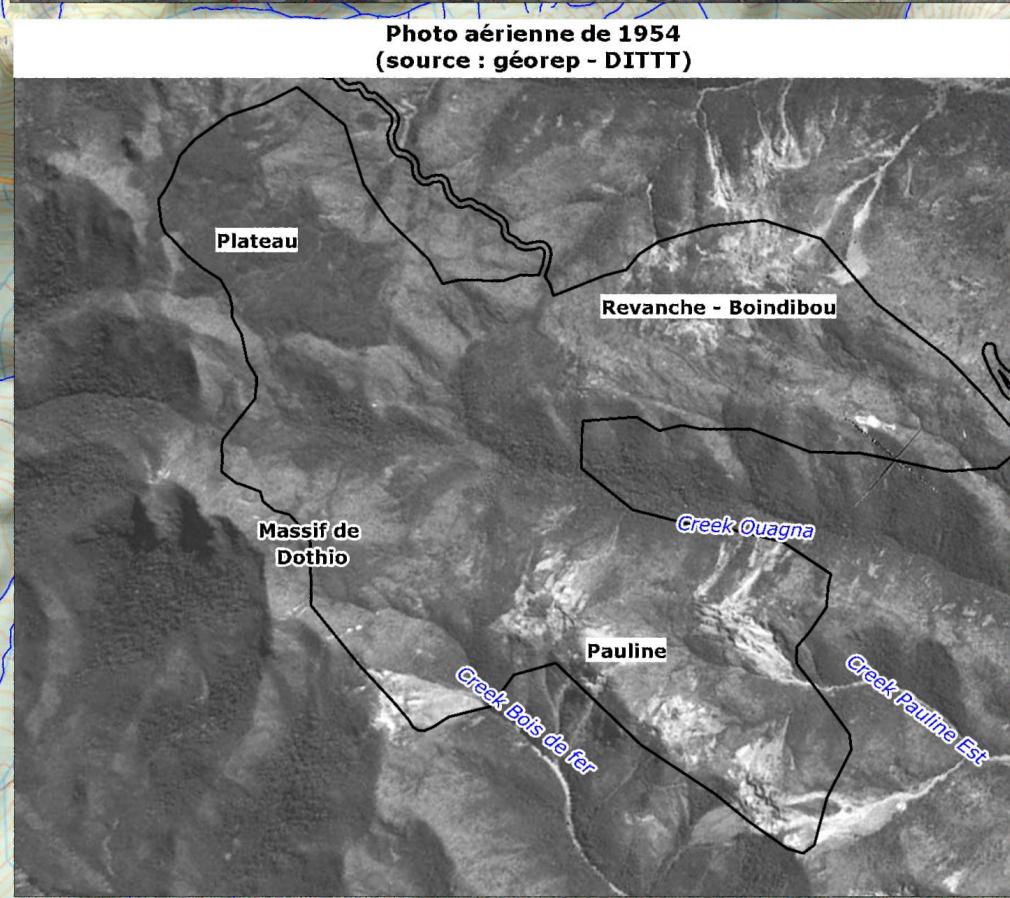
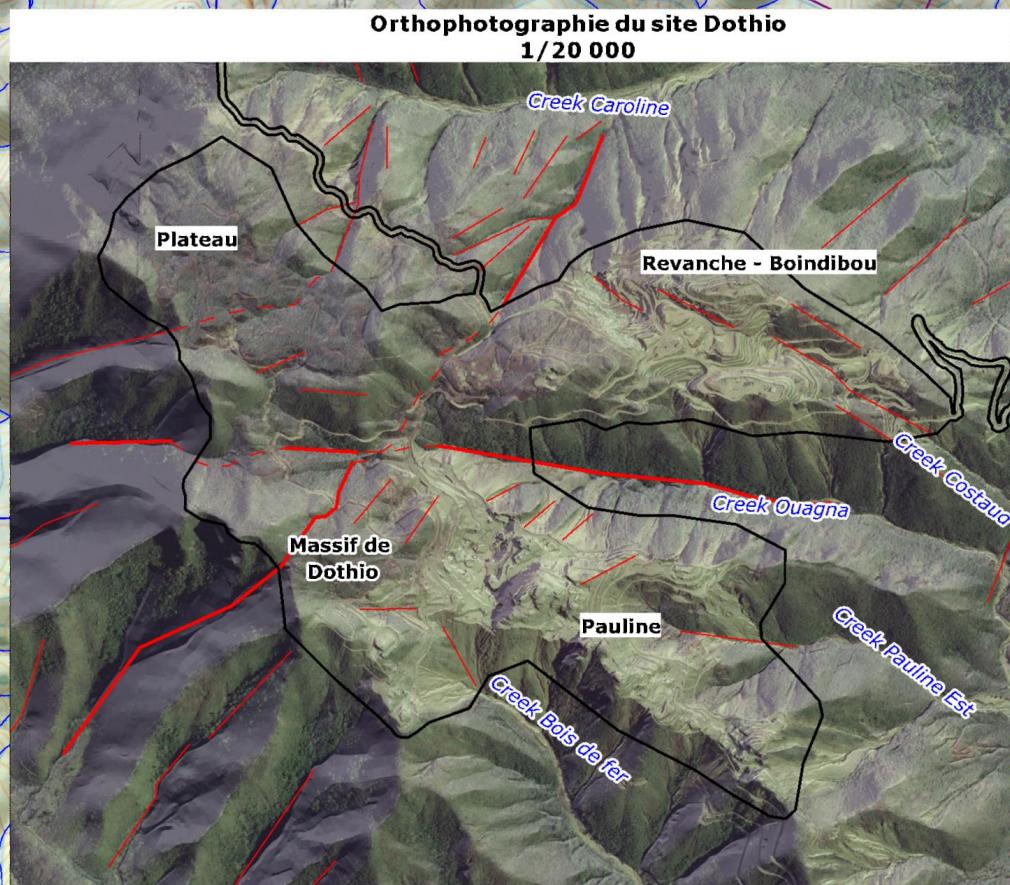
Aucune doline n'a été observée sur les secteurs Plateau et Pauline.

Figure 5 : Contexte hydrogéologique du massif de Dothio

Echelle : 1/15 000



0 150 300 600 m



2.2.3 - Points d'accès à l'eau souterraine et usages - Eaux potables et minérales

D'après les informations recueillies auprès de la DAVAR, la zone d'étude n'est concernée par aucun captage ou forage destiné à l'alimentation en eau potable. Seul deux captages d'eau privés sont autorisés au niveau de la plaine de Balansa, au pied du massif de Dothio (Figure 6) :

- Captage 01 : Captage d'eau souterraine privé autorisé. Il ne s'agit pas d'un captage pour l'alimentation en eau à usage public. Cet ouvrage d'adduction d'eau est alimenté par les eaux transitant au niveau du bassin versant de la Dothio (43 km²). Les eaux du versant sud de Pauline sont comprises dans ce bassin versant.
- Captage 02 : Captage d'eau superficielle privé autorisé, au niveau de la Dothio. Cet ouvrage d'adduction d'eau est alimenté par les eaux transitant au niveau du bassin versant de la Dothio (43 km²). Les eaux du versant sud de Pauline sont comprises dans ce bassin versant.

L'emprise du projet ne recoupe aucun périmètre de protection en relation avec un ouvrage d'adduction d'eau potable (source : site *Cart'eau.nc de la DAVAR*).

2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE GENERAL DU MASSIF DE DOTHIO

2.3.1 - Contexte hydrologique général

2.3.1.1. Les principaux creeks et bassins versants associés

Les caractéristiques des principaux creeks concernés par le projet minier de Dothio sont synthétisées dans le Tableau 1 et en Figure 6.

Tableau 1 : Caractéristiques des creeks principaux

Creeks	Secteurs recoupés	Superficie BV	Descriptions générales
Creek Piste Nord	BV draine les eaux de la piste Nord - Nord	73,94 ha	Altitude maximale : 580 m Linéaire rectiligne d'orientation générale ENE-WSW Creek qui se jette dans la mer Engravement faible
Creek Caroline	BV draine les eaux de la piste Nord – Sud du versant nord du secteur de Revanche-Boindibou et du nord du secteur de Plateau	197,15 ha	Altitude maximale : 554 m Linéaire rectiligne d'orientation générale EW Creek qui se jette dans la mer Engravement est très important sur la quasi-totalité du linéaire mais ces dégradations sont arrêtées à l'aval par un large corridor de végétation avant d'atteindre le littoral
Creek Ouagna	BV draine les eaux du versant sud du secteur de Revanche-Boindibou, du sud du secteur de Pauline et du sud secteur de Plateau	320,68 ha	Altitude maximale : 593 m Linéaire d'abord rectiligne et orienté WNW-ESE à l'amont puis bifurque vers le sud-est Creek qui se jette dans la rivière Dothio au niveau de la plaine de Balansa (4 à 5 m d'altitude) Engravement est très important sur la quasi-totalité du linéaire mais s'estompe avant d'atteindre la rivière Dothio.
Creek Bois de fer	BV draine les eaux du versant sud du secteur de Pauline	108,06 ha	Altitude maximale : 548 m Linéaire rectiligne d'orientation générale NNW-SSE Creek qui se jette dans dans la rivière Dothio au niveau de la plaine de Balansa (4 à 5 m d'altitude) Engravement important

Les creeks sont marqués par une activité minière ancienne intense, dont les opérations n'étaient pas régies, à l'époque, par des mesures environnementales. Comme détaillés dans le Tableau 1, l'engravement des creeks est fort et les bordures sont ponctuellement déstabilisées. Les creeks Caroline et Ouagna sont les plus fortement gravés.

2.3.1.2. Les débits caractéristiques

Les débits caractéristiques des différents creeks étudiés sont synthétisés dans le Tableau 2. Les débits Q2, Q10 et Q100 correspondent aux débits maximums estimés au niveau de l'exutoire du bassin versant lors de pluies biennales, décennales ou centennales.

Compte tenu de la superficie des bassins versants concernés, de l'ordre du km², les débits ont été calculés à partir de la méthode rationnelle pour la Q100 et suivant les ratios des courbes enveloppes de la DAVAR pour les Q10 et Q2.

Tableau 2 : Débits Q2, Q10 et Q100 des creeks principaux

BV	Surface (km ²)	Débit de référence (m ³ /s)		
		Q ₂	Q ₁₀	Q ₁₀₀
Creek Piste Nord	0,74	5,8	15,8	28,7
Creek Caroline	1,97	15,3	42,2	76,3
Creek Ouagna	3,21	25,0	68,7	124,4
Creek Bois de fer	1,08	8,4	23,1	41,9

Avec :

$$- Q_{100} = ((C \times I_{100} \times S \times BV) / 3,6)$$

C : le coefficient de ruissellement (ici estimé à 0.8)

I₁₀₀ : Intensité horaire de la pluie relative à une pluie centennale (mm/h), ici 174.4 mm/h

$$- Q_{10} = Q_{100} / 1.8$$

$$- Q_2 = Q_{10} / 4.98$$

La hauteur de pluie pour un épisode de deux heures de récurrence biennale (2h/2 ans) est de 74.4 mm sur le site de Dothio.

Figure 6 : Contexte hydrologique général

Echelle : 1/15 000



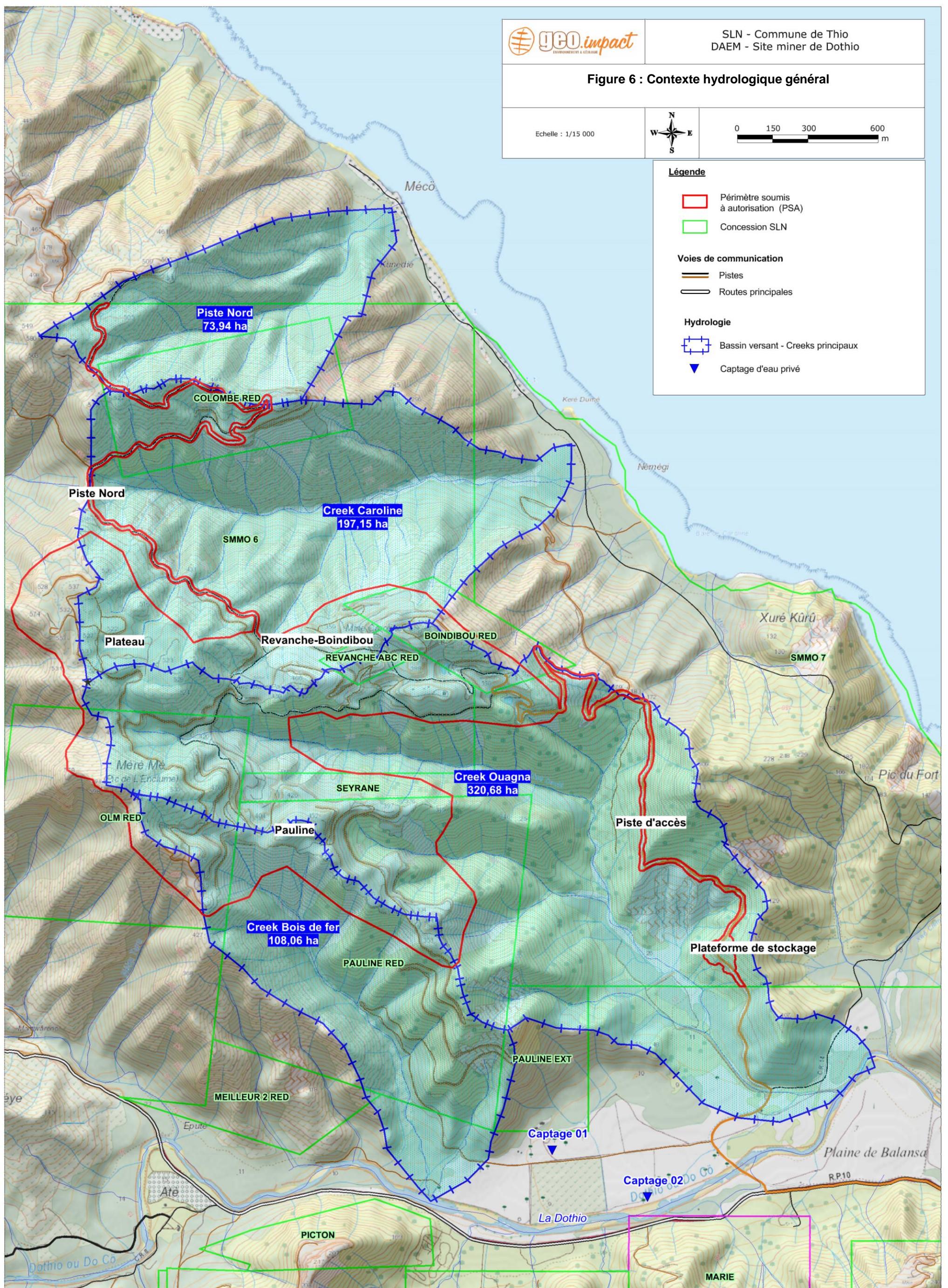
0 150 300 600 m

Légende

 Périmètre soumis
 à autorisation (PSA)
 Concession SLN

 Voies de communication
 Pistes
 Routes principales

Hydrologie

 Bassin versant - Creeks principaux
 Captage d'eau privée


2.3.2 - Comparaison contexte actuel avec le contexte hydrologique naturel du massif

L'étude des variations de superficies entre les bassins versants miniers a été réalisée essentiellement sur les futures zones d'exploitation à savoir : le secteur de Pauline, de Revanche et sur la plateforme de stockage en pied de mine.

Le secteur de Plateau et la piste d'accès (à l'exception de la plateforme de stockage) ne font pas l'objet de projets d'extraction ou de réaménagement majeurs. Aucune modification au niveau des bassins versant n'est donc opérée.

Dans le cadre du projet de reprise de piste entre les carrières Dothio et les anciennes carrières Colombe (*Etude de faisabilité, Géo.impact, septembre 2015 – Annexe 2 de la pièce B*), un plan de gestion des eaux a été établi, modifiant ainsi les bassins versants initiaux. A noter que ces modifications diffèrent peu des conditions hydrauliques originelles et s'attachent, dès que les conditions le permettent, de renvoyer les eaux vers les talwegs principaux.

La cartographie illustrant les bassins versants actuels et initiaux est en Figure 7 pour les secteurs de Pauline, de Revanche, et pour la piste reliant ces deux zones d'exploitation. Les variations de ces superficies sont détaillées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Evolution de la surface des bassins versants miniers

SECTEUR	N° BVM actuel	Surface BV (ha)			Exutoire
		BV initial	BV actuel	BV actuel/ BV initial	
PAULINE	BVMact_22	0.84	2.09	148%	Creek Ouagna Cours d'eau engravé et décharges sensibles sur les versants
	BVMact_23	2.04	1.70	-17%	
	BVMact_24	1.70	1.22	-28%	
	BVMact_25	22.71	22.38	-1%	Actuellement gestion des eaux du BVM en fond de fosse En amont de creek Ouagna
	BVMact_26	1.08	1.27	18%	Creek Ouagna Cours d'eau engravé et décharges sensibles sur les versants
	BVMact_27	-	10.83	-	Actuellement gestion des eaux du BVM en fond de fosse En amont de creek Ouagna
	BVMact_28	2.93	8.32	184%	Creek Bois de fer Décharge grossière
	BVMact_29	1.80	2.00	11%	Creek Bois de fer Décharge de matériaux fins et en arasement Creek raviné et engravé
	BVMact_30	8.40	7.37	-12%	Affluent creek Pauline Est Décharge de faible extension
	BVMact_31	1.14	2.40	111%	Affluent du creek Ouagna Zone de décharge
	BVMact_32	0.31	1.05	236%	
	BVMact_33	0.25	0.61	142%	Affluent du creek Pauline est Versant arasé et raviné
	BVMact_34	6.15	6.99	14%	Affluent du creek Pauline est Creek légèrement raviné
	BVMact_35	0.11	0.34	201%	
	BVMact_36	3.87	3.90	1%	Affluent du creek Pauline est Versant arasé et raviné
	BVMact_37	1.03	1.10	7%	Zone de versant, décharge grossière
	BVMact_38	1.27	1.43	13%	Affluent du creek Bois de fer Décharge et creek raviné à l'aval
	BVMact_39	0.77	1.32	71%	

SECTEUR	N° BVM actuel	Surface BV (ha)			Exutoire
		BV initial	BV actuel	BV actuel/ BV initial	
REVANCHE	BVMact_13	13.54	19.43	43%	Creek Costaud Versant en araseent et creek raviné
	BVMact_17	2.59	1.67	-36%	Creek Ouagna Cours d'eau engravé et décharges sensibles sur les versants
	BVMact_18	2.85	3.14	10%	Affluent creek Ouagna Décharge sensible
	BVMact_19	5.49	8.71	58%	Affluent creek Caroline Décharge sensible et arrachements associés aux décharges
	BVMact_20	1.28	3.77	195%	Affluent creek Caroline Décharge et ravine sensibles
	BVMact_21	5.92	6.50	10%	Affluent creek Caroline Décharge sensible
PLATEFORME	BVMact_05	0.63	1.46	131%	Affluent Creek Xwê Dauté

Figure 7 : Variation des BV actuel et BVI

Echelle : 1/6 500



0 65 130 260 m

LEGENDE

Bassins versants

Concessions

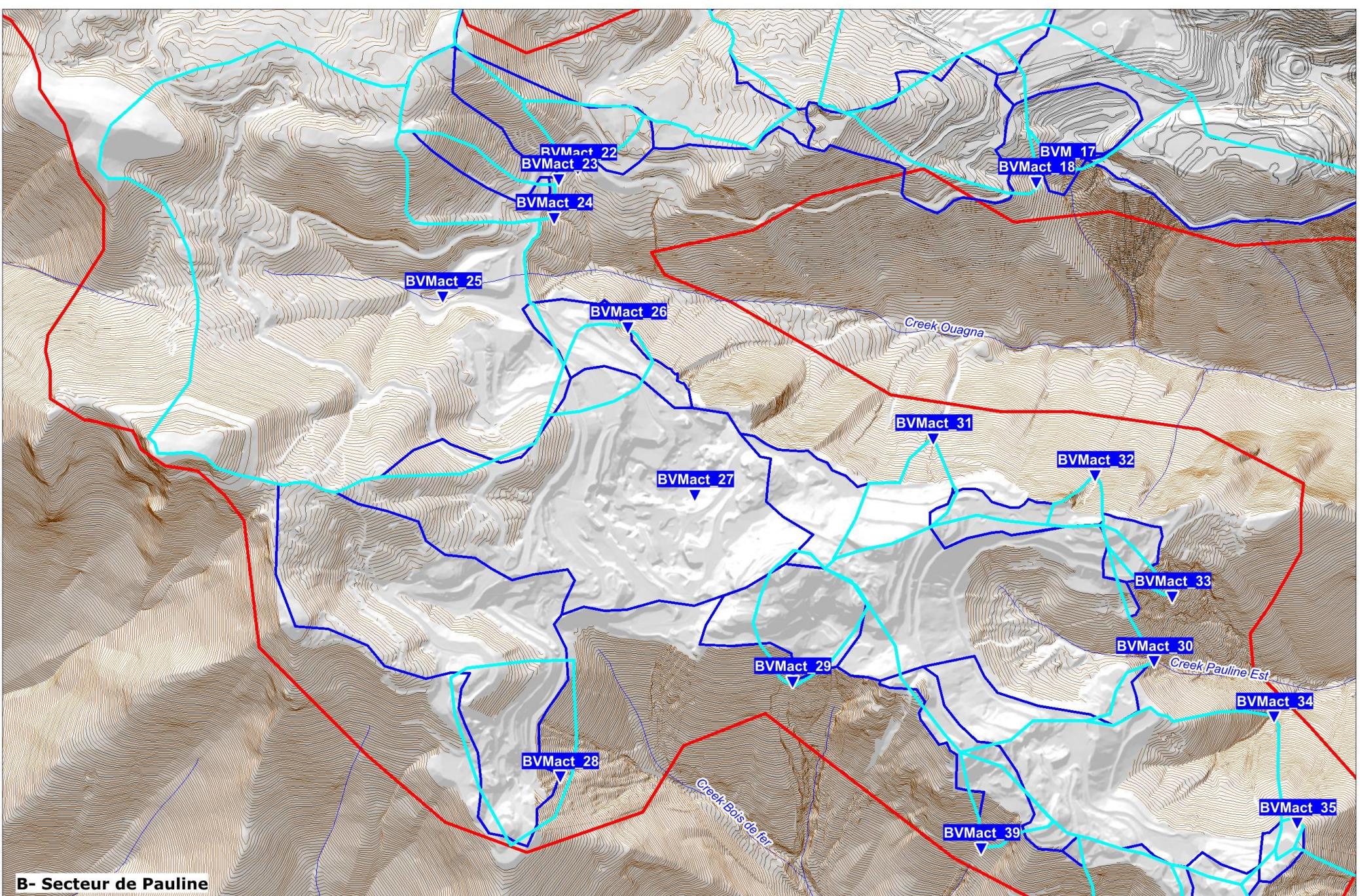
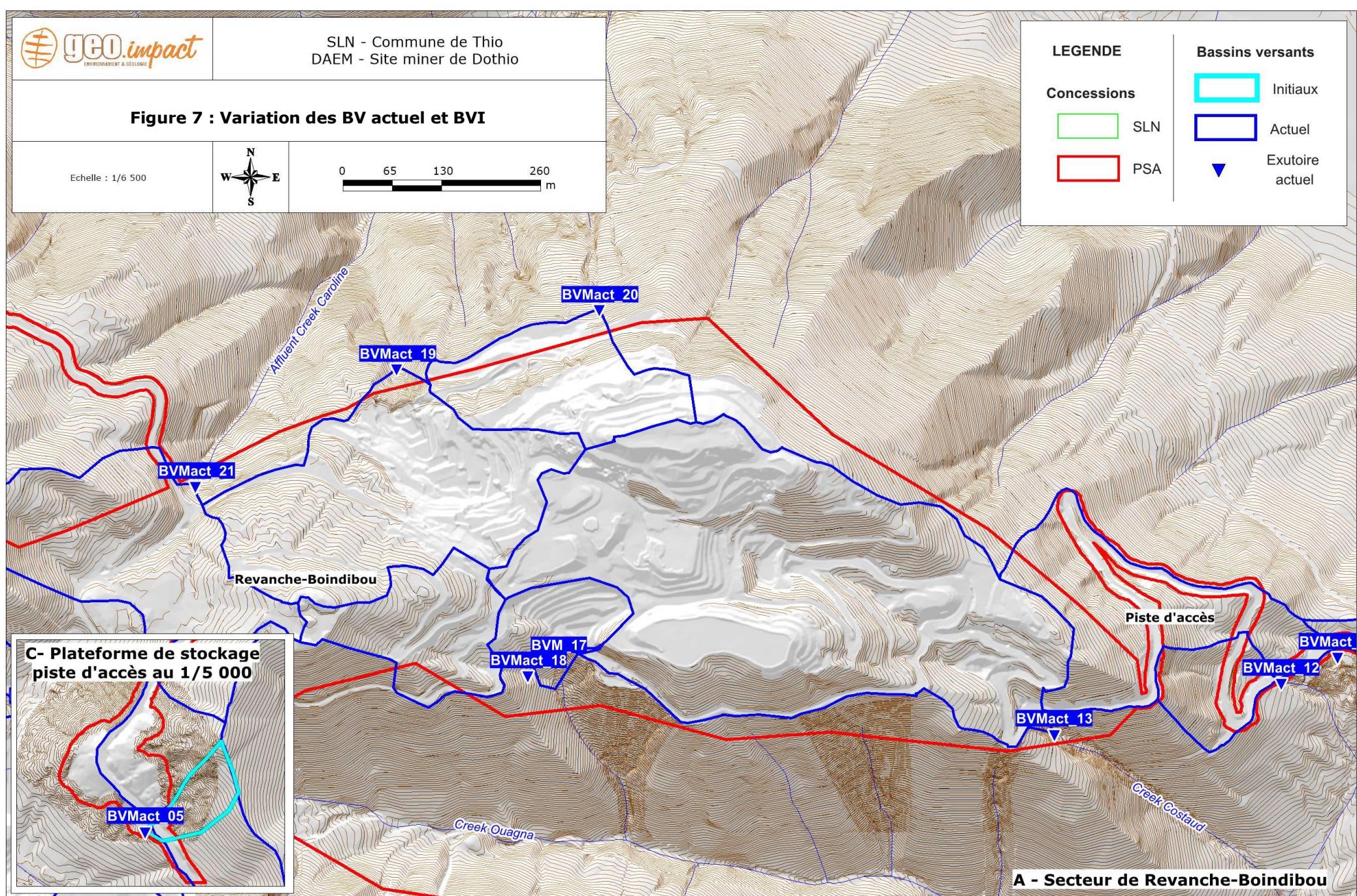
Initiaux

SLN

Actuel

PSA

Exutoire actuel



2.4 - MILIEU AQUATIQUE TERRESTRE – IBS

2.4.1 - Récapitulatif des études menées sur le site de Dothio et méthodologies suivies

Les investigations ont été menées dans un premier temps en juin 2011 dans le cadre de la DAEM 2014 : *Réseau de suivi de la qualité écologique des cours d'eau du centre minier de DOTHIO – État initial, BIOTOP, rapport d'étude, juin 2011 (Annexe pièce C)*.

Suite à l'obtention à l'obtention d'autorisation d'exploiter le secteur de Revanche-Boindibou en 2015, le suivi des stations se fait annuellement par le bureau d'étude Bioeko. Les résultats sont présentés ci-dessous pour les années 2016 et 2017 (Annexe pièce C) et comparées avec les résultats de 2011.

2.4.2 - Présentation des stations et des indices suivis

L'état écologique des rivières concernées se caractérise par le peuplement benthique en présence et de plusieurs indices :

- L'indice biosédimentaire (IBS) qui caractérise la pollution des rivières par le transport de sédiments et en particulier des fines latéritiques issues des massifs miniers ;
- l'indice EPT (Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères) : les insectes éphéméroptères, plécoptères et trichoptères contiennent en effet de nombreux taxons polluo-sensibles qui constituent la base de méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des milieux aquatiques (Lang & Reymond, 1995 ; Fore et al., 1996). Leur abondance relative (synthétisé au travers de l'indice EPT) est en lui-même un paramètre couramment utilisé pour estimer la qualité des eaux (Resh & Jackson, 1993 ; Barbour et al., 1995). Une diminution significative de l'abondance relative de ces taxons indique une perturbation du cours d'eau (Lenat, 1988). Les plécoptères étant absents de Nouvelle Calédonie, l'indice EPT représente la richesse taxonomique des insectes éphéméroptères et trichoptères récoltés.

Initialement, trois stations du réseau de suivi du centre minier de Dothio ont été échantillonnées le 11 mai 2011 (2 stations IBS).

Suite à une optimisation du réseau de suivi en 2016, deux stations sont désormais suivies depuis 2016 à savoir les stations Dothio Sud (IBS/MPC) et Ouagna (MPC) (Figure 8).

Tableau 4 : Coordonnées des stations de suivi IBS

Site minier	Stations	X	Y
Dothio	Dothio Sud	417527	291748
Dothio	Ouagna	417526	291633

2.4.3 - Résultats IBS

2.4.3.1. Résultats et conclusions 2011

Cette première étude menée sur le réseau de suivi de la qualité écologique des cours d'eau localisés dans la zone d'influence du centre minier de Dothio, a permis dans un premier temps de caractériser le type de masses d'eau en présence. Ce site est caractérisé par la présence d'un seul des grands types d'environnement habituellement rencontrés au droit des réseaux de suivi des sites miniers calédoniens : stations sur substrat ultramafique. Au sein de cet ensemble, différents types de masses d'eau ont pu être mis en évidence. Les cours d'eau sont classés en utilisant le rang de Strahler :

- Très petit et petit cours d'eau de tête de bassin (Rang ≤ 2),
- Cours d'eau de queue de bassin (Rang > 2).

Cette première classification des stations de suivi a ainsi permis de définir des stations de référence pour chacun des grands types de masses d'eau suivis et ainsi définir un réseau de contrôle pour le centre minier de Dothio.

D'autre part il a été montré que les communautés peuplant les stations Ouagna et Dothio Nord Aval (dans le creek Caroline) présentaient un déséquilibre plus ou moins important aux regards des conditions de référence établies pour ces types de masses d'eau.

Les notes IBS de deux cours d'eau en aval de la zone d'exploitation correspondent à un état écologique passable.

Tableau 5 : Résultats 2011

Station	IBS (nb de taxons – nbre d'individus)	Indice EPT
DOTHIO NORD AVAL (au pied du creek Caroline)	5,69 (qualité passable). (19 taxons – 267 ind)	6
DOTHIO SUD (dans le creek Costaud)	5,47 (qualité passable). (22 taxons – 241 ind)	5
OUAGNA (creek Ouagna)	IMPOSSIBLE A INTERPRETER (8 taxons – 337 ind.)	4

Les indices de 2011 ont été calculés par rapport aux classes présentées ci-dessous.

IBNC	IBS (Indice Biosédimentaire)	Qualité
IBNC $\leq 4,25$	IBS $\leq 4,35$	Mauvaise
4,25 < IBNC $\leq 4,75$	4,35 < IBS $\leq 4,90$	Médiocre
4,75 < IBNC $\leq 5,30$	4,90 < IBS $\leq 5,45$	Passable
5,30 < IBNC $\leq 5,70$	5,45 < IBS $\leq 6,00$	Bonne
IBNC $> 5,70$	IBS $> 6,00$	Très bonne

2.4.3.2. Résultats et conclusions suivi IBS 2011-2017

La qualité des eaux au niveau de la station Dothio Sud est passable, résultat identique à 2011. L'indice EPT est de 6,5, sensiblement le même que celui de 2011.

En 2017, la station n'a pas pu être prélevée en raison d'un étiage sévère. Les résultats sont présentés dans le Tableau 6 et sur la Figure 8.

Tableau 6 : Résultats IBS de 2011 à 2017

Station	IBS 2011			IBS 2016		
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
DOTHIO SUD	3,33	4,8	5,27	5	5,11	A sec

IBS (Guide 2016)	Qualité
< 4,25	Très mauvaise
4,25 ≤ indice < 5	Mauvaise
5 ≤ indice < 5,75	Passable
5,75 ≤ indice < 6,50	Bonne
≥ 6,50	Excellente

2.4.4 - Mesures physico-chimiques : Résultats 2016/2017

Les analyses menées en 2017 concernaient le suivi des mpc (mesures physico-chimique) en période de crue.

Les éléments suivants ont été suivis :

- Chlorures dissous ;
- Chrome total dissous ;
- Chrome 6+ ;
- Cobalt dissous ;
- Fer dissous ;
- Matière En Suspension (MES)
- Manganèse dissous ;
- Nickel dissous ;
- Nitrates dissous ;
- Sulfates dissous ;
- Sodium dissous.

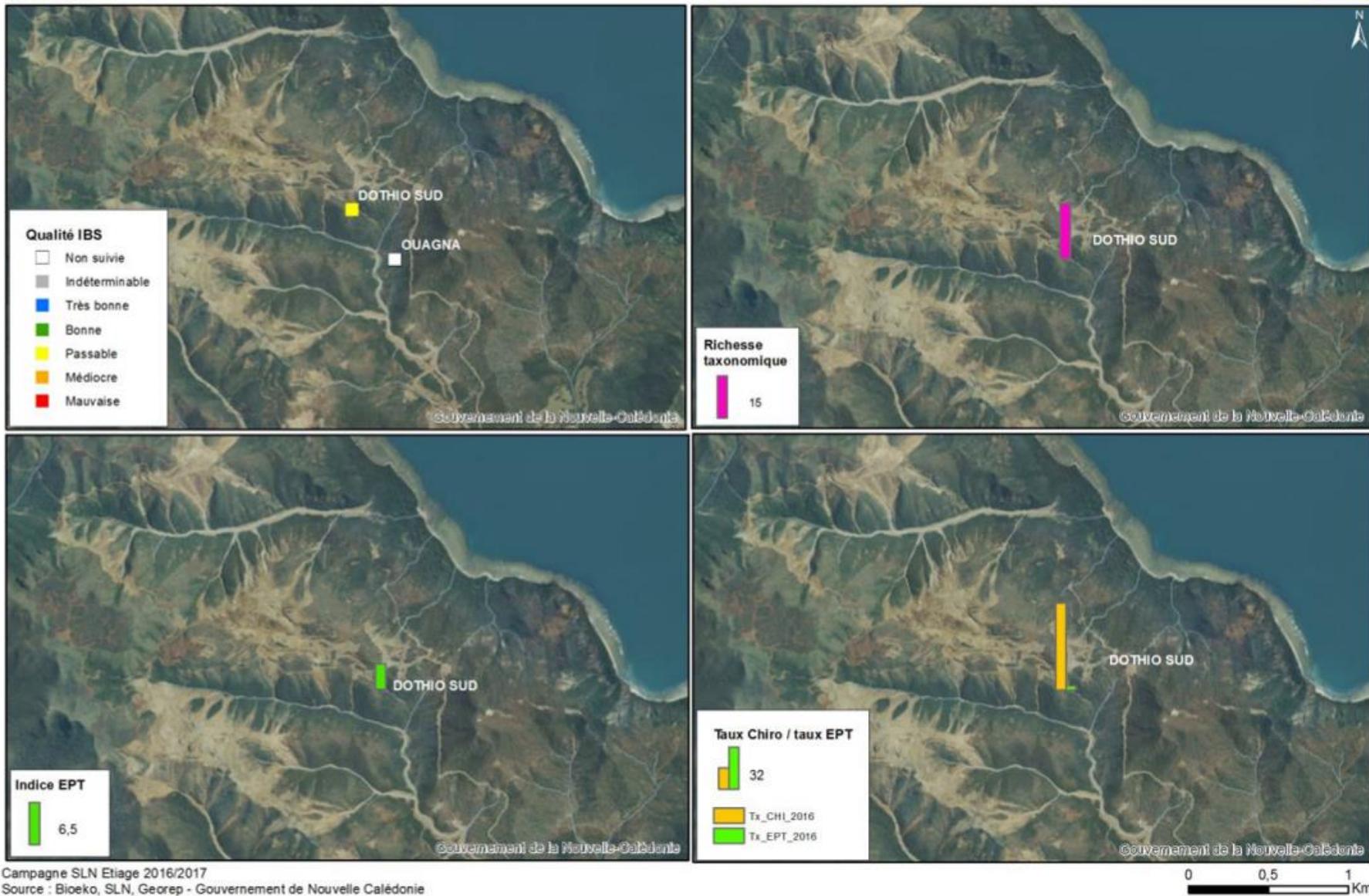
Les résultats en période de crue sont détaillés dans le Tableau 7. Les stations étaient asséchées en période d'étiage 2017 et n'ont pas pu être prélevées.

Tableau 7 : Résultats MPC 2016/2017

Paramètres	Unité	DOTHIO SUD	OUAGNA	Arrêté Calédonien du 06 Avril 1979	Arrêté Métropolitain du 11 Janvier 2007		DIRECTIVE 98/83/CE du Conseil du 3 Novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine
		03/05/2017	03/05/2017		Valeur guide	Valeur limite impérative	
Chlorures dissous	mg/l en Cl	12,3	11,5	-	200	-	250
Cobalt	µg/l en Co	0,1	0,1				
Chrome dissous	µg/l en Cr	12,2	50	-	-	50	50
Chrome III	µg/l en Cr III	5	24				
Chrome VI	µg/l en Cr VI	13	59				
Fer dissous	µg/l en Fe	3	3	200	100	300	200
Matières en suspension	mg/l	2	2	-	25	-	-
Manganèse dissous	µg/l en Mn	0,5	0,5	100	50	-	50
Sodium dissous	mg/l en Na	6,9	6,6	-	-	-	200
Nickel dissous	µg/l en Ni	10	8,2	-	-	-	20
Nitrates dissous	mg/l en NO3	0,2	0,2	-	25	50	50
Sulfates dissous	mg/l en SO4	3,9	4,2	-	150	250	-

Figure 8 : Résultats des IBS de 2016/2017

Massif de Dothio



2.5 - DESCRIPTION DES DISPOSITIFS HYDRAULIQUES EXISTANTS SUR LE SITE MINIER DE DOTHIO ET BASSINS VERSANTS MINIERS ASSOCIES

Le site de Dothio présente des systèmes de gestion des eaux de surfaces opérationnels au niveau des principales zones en activité. Au niveau des secteurs inactifs, faute de travaux la gestion des eaux est restée incomplète et souvent mal adaptée. Une description détaillée des dispositifs hydrauliques sur chacun des secteurs est présentée en Figure 9.

Les caractéristiques sont synthétisées dans le Tableau 8, les labels du tableau renvoient à la Figure 9.

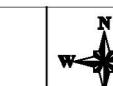
Conformément à la charte des bonnes pratiques minières, les ouvrages de gestion des eaux font l'objet d'un contrôle quotidien par chef de mine. Sur le site minier de Dothio, ce poste est occupé par un personnel SLN.

Tableau 8 : Descriptions des dispositifs hydrauliques existants sur le site minier de Dothio et bassins versants miniers associés

SECTEUR	BVM			DESCRIPTIONS DES REGIMES HYDRAULIQUES	EXUTOIRES	
	Nom	Superficie (ha)	Q ₁₀₀ actuel (m ³ /s)			
Piste Nord (Figure 9)	<ul style="list-style-type: none"> . Non définis . Gestion hydraulique des écoulements limitée 			<ul style="list-style-type: none"> . Piste équipée de dispositifs hydrauliques limités - décanteurs et cassis rudimentaires au niveau des exutoires les plus importants (1 et 2) . Les sorties sont mal définies et souvent diffuses (4) . Les ravinements et les encoches érosives présentes en 2015 ont fait l'objet de comblement (Annexe pièce B : <i>Projet de reprise de piste entre les carrières Dothio et les anciennes carrières Colombe - Etude de faisabilité</i>, Géo.impact, Septembre 2015) 	<ul style="list-style-type: none"> . Sorties multiples – Exutoires non définis 	
Plateau (Figure 10)	<ul style="list-style-type: none"> . Non définis . Gestion hydraulique des écoulements limitée 			<ul style="list-style-type: none"> . Présente des ouvrages de gestion des eaux peu nombreux, en lien avec les récentes opérations de prospection réalisées sur la zone (3) 	<ul style="list-style-type: none"> . Deux sorties principales (5) 	
Piste d'accès (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)	BVMact_01 à BVMact_12	-	-	<ul style="list-style-type: none"> . PGE opérationnel 	<ul style="list-style-type: none"> . Sorties aménagées 	
Revanche-Boindibou (Figure 10)	BVMact_13	19,43	7,53	<ul style="list-style-type: none"> . PGE opérationnel . De façon générale : <ul style="list-style-type: none"> - Les connexions hydrauliques entre les ouvrages sont fonctionnelles; - La majorité des bassins de décantations dispose de déversoir ; - Les sorties d'eau sont globalement correctement aménagées. 	<ul style="list-style-type: none"> . Particularités : <ul style="list-style-type: none"> - Bassin final du BVMact_19 correspond à un fond de fosse, pas de sortie vers l'exutoire (1) ; - Aménagements hydrauliques au niveau du BVMact_20 à conforter (2). 	
	BVMact_17	1,67	0,65			
	BVMact_18	3,14	1,22			
	BVMact_19	8,71	3,37			
	BVMact_20	3,77	1,46			
	BVMact_21	6,50	2,52			
Pauline (Figure 10)	BVMact_25	22,38	8,67	<ul style="list-style-type: none"> . Ouvrages hydrauliques inexistant sur le site sauf rares exceptions qui ont permis de définir les bassins versants miniers actuels . Les sorties sont mal définies et souvent diffuses (3) 	<ul style="list-style-type: none"> . Particularités : <ul style="list-style-type: none"> - BVMact_27 correspond à un fond de fosse, pas de sortie vers l'exutoire (4) ; - BVMact_25 correspond à un point bas topographique, les eaux du BVM s'infiltrer au niveau de ce point qui correspond à un fond de talweg végétalisé (5) ; 	
	BVMact_26	1,27	0,49			
	BVMact_27	10,83	4,20			
	BVMact_28	8,32	3,22			
	BVMact_29	1,99	0,77			
	BVMact_30	2,59	1,00			
Piste entre Revanche et Pauline (Figure 10)	BVMact_22	2,09	0,81	<ul style="list-style-type: none"> . Piste équipée de dispositifs hydrauliques rudimentaires mais fonctionnels . Les sorties sont mal définies et souvent diffuses (4) . De façon générale, le dévers est faiblement marqué 	<ul style="list-style-type: none"> . Sorties moyennement aménagées 	
	BVMact_23	1,70	0,66			
	BVMact_24	1,21	0,47			

Figure 9 : Plan de gestion des eaux actuel du site Dothio

Echelle : 1/10 000



0 100 200 400 m

LEGENDE :
Cadastre minier
 Concession NMC
 Concession SLN

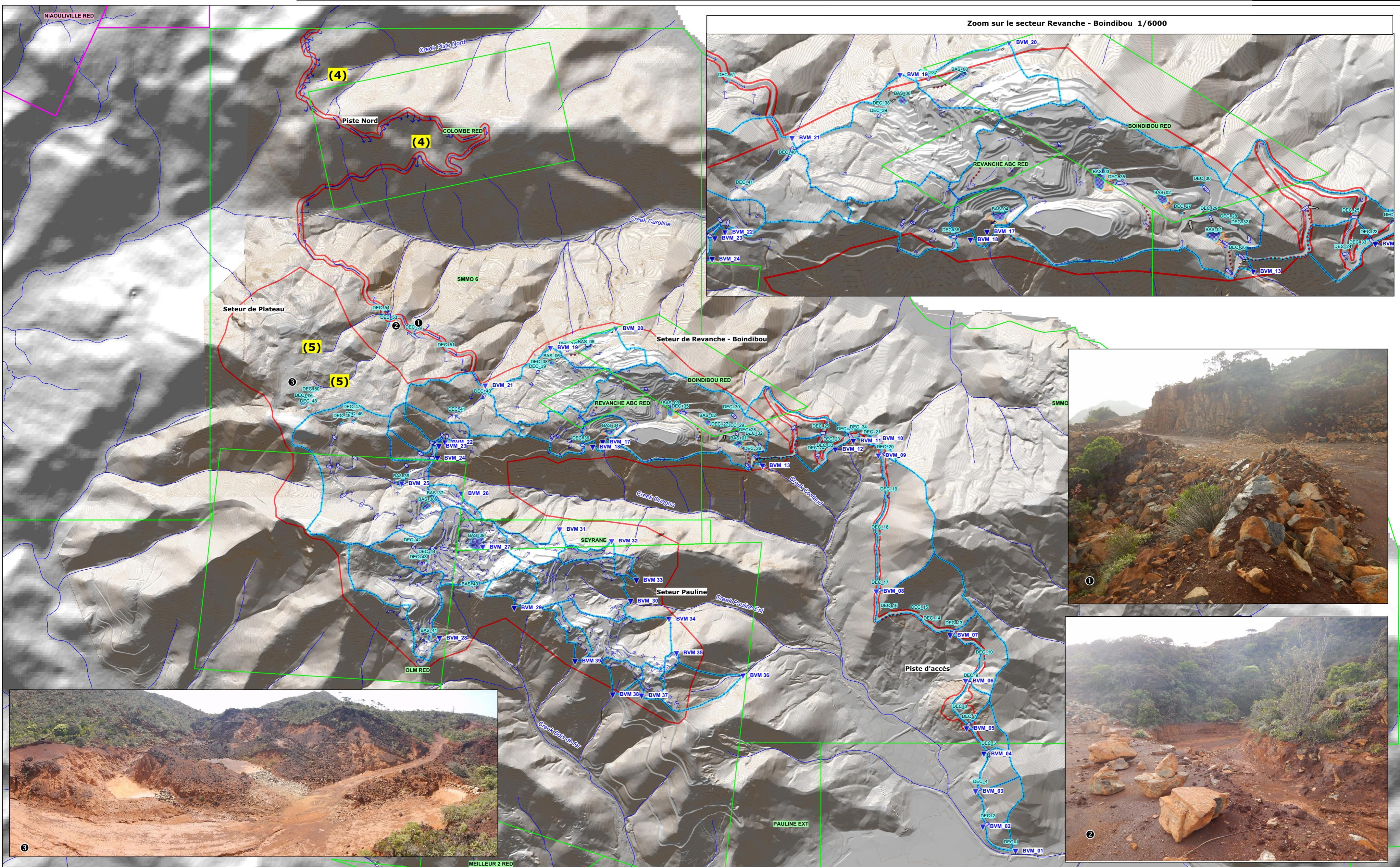
Périmètre soumis à autorisation
 Périmètre DAE 2014 en vigueur

 Cassis
 Décanteur
 Fossé
 Ecoulement
 Digue

PLAN DE GESTION DES EAUX ACTUEL

 Exutoire de bassin versant minier
 Bassin versant

 Label du texte
 Label des photos

 Cours d'eau
 Topographie
 Courbe de niveau


3 - PRINCIPES ET SCHEMA GENERAL DE GESTION DES EAUX DU PROJET D'EXPLOITATION

3.1 - PRINCIPES GENERAUX DE GESTION DE L'EAU

Le projet intègre en cours d'exploitation et en phase réaménagement une gestion des eaux soignée conformément aux principes de la charte des bonnes pratiques minières.

La gestion des eaux constitue une mesure environnementale active qui remplit les objectifs principaux suivants :

- Lutte contre l'érosion ;
- Maîtrise des écoulements de l'amont du système jusqu'aux exutoires vers le milieu naturel ;
- Protection des creeks et des versants par choix d'exutoires contrôlés vers le milieu naturel sur la base d'études techniques détaillées ;
- Diminution des débits de pointe dans le cas d'évènements pluvieux exceptionnels ;
- Réduction du transport d'éléments fins en suspension ;
- Pérennisation des ouvrages : verses, ouvrages de protection de l'environnement, remblais, pistes, etc ;
- Mise en place du système au fur et à mesure de l'exploitation et de son réaménagement coordonné.

3.1.1 - Choix des exutoires vers le milieu naturel

Le choix des points de rejet vers le milieu naturel est réalisé en tenant compte :

- des contraintes environnementales :
 - o état des creeks,
 - o stabilité des versants,
 - o végétation,
 - o présence d'enjeux (ressource en eau, occupation des sols en aval) ;
- des contraintes topographiques ;
- des contraintes minières.

Aucun rejet direct vers le milieu naturel n'est réalisé, toutes les eaux de ruissellement du site transitent en amont dans un système de gestion des eaux dimensionné.

3.1.2 - Choix du schéma de gestion des eaux

Les choix de gestion des eaux sont réalisés en intégrant toutes les problématiques environnementales, et tendent à restituer un système au plus proche du système naturel, ou du moins un système limitant au maximum les conséquences sur l'environnement.

Un des objectifs principaux du système de gestion des eaux est d'assurer une répartition du ruissellement aux exutoires respectant le système hydrologique naturel afin de maintenir l'état d'équilibre des creeks.

Cet objectif essentiel sur lequel s'appuie le plan de réaménagement n'est toutefois pas toujours strictement applicable, du fait de contraintes topographiques, minières ou héritées d'activités passées.

Le diagnostic des creeks réalisé sur la base des missions de terrain est pris en considération et permet d'analyser, en tenant compte de toutes les contraintes environnementales (érosion, ressource en eau, végétation), la capacité de certains creeks à voir leur régime modifié et ainsi adapter le système de gestion des eaux.

3.1.3 - Gestion et mise hors d'eau des zones de chantier et de remblais

La mise hors d'eau des zones de chantier se fait par collection et détournement des eaux en amont via la mise en place de cavaliers périphériques, ou l'utilisation de pistes, afin de véhiculer les eaux de ruissellement vers des ouvrages de protection de l'environnement en dehors des zones en activité. Les cavaliers sont dimensionnés et régulièrement entretenus en phase d'exploitation.

Les zones de mise en verre sont également mises hors d'eau de la même façon. Un dispositif de drainage (mèche ou tapis drainant) permet, en phase d'exploitation, de collecter les eaux n'ayant pu être détournées. En phase de réaménagement, les dispositifs de drainage interne sont fermés. Le système de gestion des eaux prévoit la mise hors d'eau de l'ouvrage et une gestion des eaux en surface.

Les zones de décharges existantes sont également mises hors d'eau afin d'éviter l'érosion, le transport de matériaux dans les creeks et la déstabilisation de ces anciens remblais.

3.1.4 - Gestion des eaux des talus

3.1.4.1. Fronts d'exploitation et talus résiduels

La gestion des eaux des talus constitue une mesure active de lutte contre l'érosion. Sa mise en œuvre repose sur la réalisation de banquettes drainantes, descentes d'eau et ouvrages de réception qui ont pour fonctions :

- D'allonger le chemin hydraulique, en préférant une circulation sub-horizontale à des écoulements verticaux afin de diminuer les vitesses d'écoulement.

- De limiter l'apport d'eau aléatoire dans les talus et par conséquent protéger les pentes contre l'érosion superficielle.
- De guider et canaliser les eaux de ruissellement vers des exutoires contrôlés.
- De dissiper une partie de l'énergie de l'eau dans des bassins récepteurs.

Ces principes s'appliquent surtout aux talus latéritiques ou saprolitiques qui sont sujets à une érosion conséquente, et sont associés à des mesures de végétalisation.

3.1.4.2. Verses

Toutes les verses du massif sont protégées par enrochement frontal, dit masque drainant.

Malgré le caractère très perméable de cette surface permettant la diffusion des eaux météoriques et un écrêtage des débits de pointe, la mise en œuvre de mesures de gestion des eaux, telle que décrite pour les talus résiduels, est nécessaire sur certaines verses.

C'est le cas lorsqu'il faut limiter l'apport d'eau dans une certaine direction ou certain versant : l'aménagement de banquettes ou pistes drainantes permet de canaliser une partie des eaux de talus.

C'est également le cas quand la verse se situe dans une zone intermédiaire où il y a nécessité de faire transiter une partie des eaux de ruissellement du site. Un système de descente d'eau étanche et bassins peut être aménagé sur la verse.

3.1.5 - Gestion des eaux des plateformes

La gestion des eaux des plateformes des verses et plateformes finales d'exploitation a pour objectif premier d'éviter la stagnation d'eau non contrôlée et le débordement anarchique dans les talus inférieurs.

Les plateformes sont généralement de vastes étendues qui représentent un impluvium important.

La gestion des eaux se fait par profilage des plateformes, pour guider les eaux dans un fil d'eau central ou latéral faiblement incliné (1 à 3 %) en direction d'un exutoire choisi.

Elle est régulièrement associée à des mesures de végétalisation afin de réduire le ruissellement.

3.1.6 - Gestion des eaux des pistes

3.1.6.1. Pistes d'exploitation et piste d'accès au massif

La gestion des eaux des pistes est réalisée en phase exploitation comme en phase de réaménagement par la création de fossés côté talus amont et merlon côté versant aval.

Ce système est ponctué de bassins décanteurs placés en fonction du substratum, au niveau de virages ou points de sortie vers le milieu naturel.

Les traversées de creeks sont équipées de passages busés (préférés en phase d'exploitation) ou passages à gué renforcés (préférés en phase réaménagement).

Le remodelage des pistes avec contre pente transversale vers le talus amont (5 à 10%) est réalisé en phase réaménagement.

Quand nécessaire les pistes sont recouvertes d'un revêtement rocheux, régulièrement entretenus en phase d'activité.

3.1.6.2. Piste de sondages et accès véhicules légers

Les pistes pour véhicules légers sont réalisées avec une contre pente vers l'amont (10 à 15%), et encaillassées dans les zones latéritiques. Des bassins et passages à gué renforcés sont aménagés au niveau des passages de creeks.

3.1.7 - Ouvrages de protection de l'environnement

Ces ouvrages, éléments essentiels au système de gestion des eaux du site, peuvent être classés selon deux sous-ensembles :

- Ouvrages de protection active contre l'érosion : ouvrages ayant un rôle de contrôle des écoulements, d'allongement du chemin hydraulique pour réduire l'érosion: chenaux, banquettes drainantes, plates-formes profilées
- Ouvrages de protection dite "passive" : ouvrages de sédimentation en aval de zones fortement érodables et pour lesquelles les premières mesures ne peuvent être appliquées.

Ces ouvrages sont les suivants :

- Pistes et banquettes drainantes,
- Fossés, chenaux et descentes d'eau
- Bassins équipés de déversoirs:
 - o Décanseurs,
 - o Ecrêteurs,
 - o Récepteurs / dissipateurs,
 - o Cassis et dos d'ânes sur les pistes.

3.1.8 - Utilisation des fosses résiduelles

Les grandes capacités de rétention que représentent les fosses résiduelles des exploitations du massif permettent de remplir les rôles de bassins écrêteurs et décanteurs avec un système de vidange naturelle par infiltration.

Ce système permet la restitution d'une capacité de rétention totale après une durée de l'ordre de quelques heures à quelques dizaines d'heures après un épisode pluvieux.

3.2 - IMPLANTATION ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE GESTION DES EAUX DU PROJET

3.2.1 - Critères d'implantation

L'efficacité des ouvrages de protection de l'environnement dépend de leur nombre, leur capacité, leur position et leur fonction. Pour garantir la pérennité du système, le choix de l'emplacement et de l'équipement des ouvrages est analysé en tenant compte des contraintes suivantes :

- la géologie,
- la sensibilité des verses et remblais à proximité,
- la position par rapport à la rupture de pente,
- la morphologie générale du système de gestion des eaux (courbes, pentes, etc.)
- les accès pour l'entretien (curage).

3.2.2 - Principes de dimensionnement des ouvrages

La gestion des eaux s'appuie sur une analyse de la configuration du terrain et de la préexistence de dégradations environnementales d'origines naturelles ou minières, sur les principes fondamentaux qui s'inscrivent dans l'esprit de la « Charte des bonnes pratiques minières » ainsi que sur les contraintes opérationnelles en terme de faisabilité technique et économique.

Les principaux guides pour l'amélioration de la gestion des eaux sont :

- la conservation, dans la mesure du possible, des superficies des bassins versants initiaux au niveau des points de rejets ;
- la mise hors d'eau des zones en érosion ou la réduction des bassins versants amont ;
- La sélection des meilleurs exutoires possibles vis à vis des contextes environnementaux aval ;
- l'optimisation de la capacité de rétention sur les zones de chantier afin d'approcher les objectifs de rétention correspondant au volume d'eau d'une précipitation d'une durée de 2 heures et de récurrence 2 ans ;
- le dimensionnement d'ouvrages de conduites des eaux définitifs pour des débits correspondant à un évènement pluvieux de récurrence centennale.

Le Tableau 9 résume les valeurs retenues pour les différents paramètres lors des calculs de dimensionnement. La méthodologie de dimensionnement et de calcul des débits est présentée en annexe 1. Les fiches techniques des ouvrages types sont visibles en annexe 2.

Tableau 9 : Paramètres utilisés pour le dimensionnement

Nom	Unité	Valeur	Remarque
Coefficient de ruissellement (C)	-	0.8	Valeur minimale recommandée par la Charte des bonnes pratiques minière
Hauteur pluie 2h/2ans	mm	74.40	Données météorologiques DAVAR pour le massif minier de Dothio, disponibles sur le site Georep.nc (Géorépertoire « Explor'Cart'Eau »).
I_{100}		174.40	

NB: *L'estimation des capacités de rétention lors d'une précipitation de récurrence biennale, d'une durée de 2 heures par bassin versant minier intègre uniquement les bassins écrêteurs, les bassins ralentisseurs (décanteurs) ne sont pas pris en compte.*

3.2.3 - Plan de Gestion des Eaux de projet

La carte du Plan de Gestion des Eaux à 25 ans (projet final) est présentée en Figure 11 pour les secteurs Revanche et plateforme pied de mine et en Figure 12 pour le secteur Pauline. Le dimensionnement de l'ensemble des ouvrages à 25 ans (projet final) est présenté dans le Tableau 11 au Tableau 13.

Les ouvrages de canalisation des eaux, de type caniveaux, pistes drainantes et cassis sont dimensionnés pour faire passer un débit de crue centennale associé à la taille du bassin versant minier concerné. Toutes les sorties d'eau sont enrochées sur un linéaire de 4 à 5 mètres.

Les bassins de sédimentation sont dimensionnés pour retenir une pluie de récurrence 2h/2 ans. Les objectifs 2h/2ans sont synthétisés dans le Tableau 10.

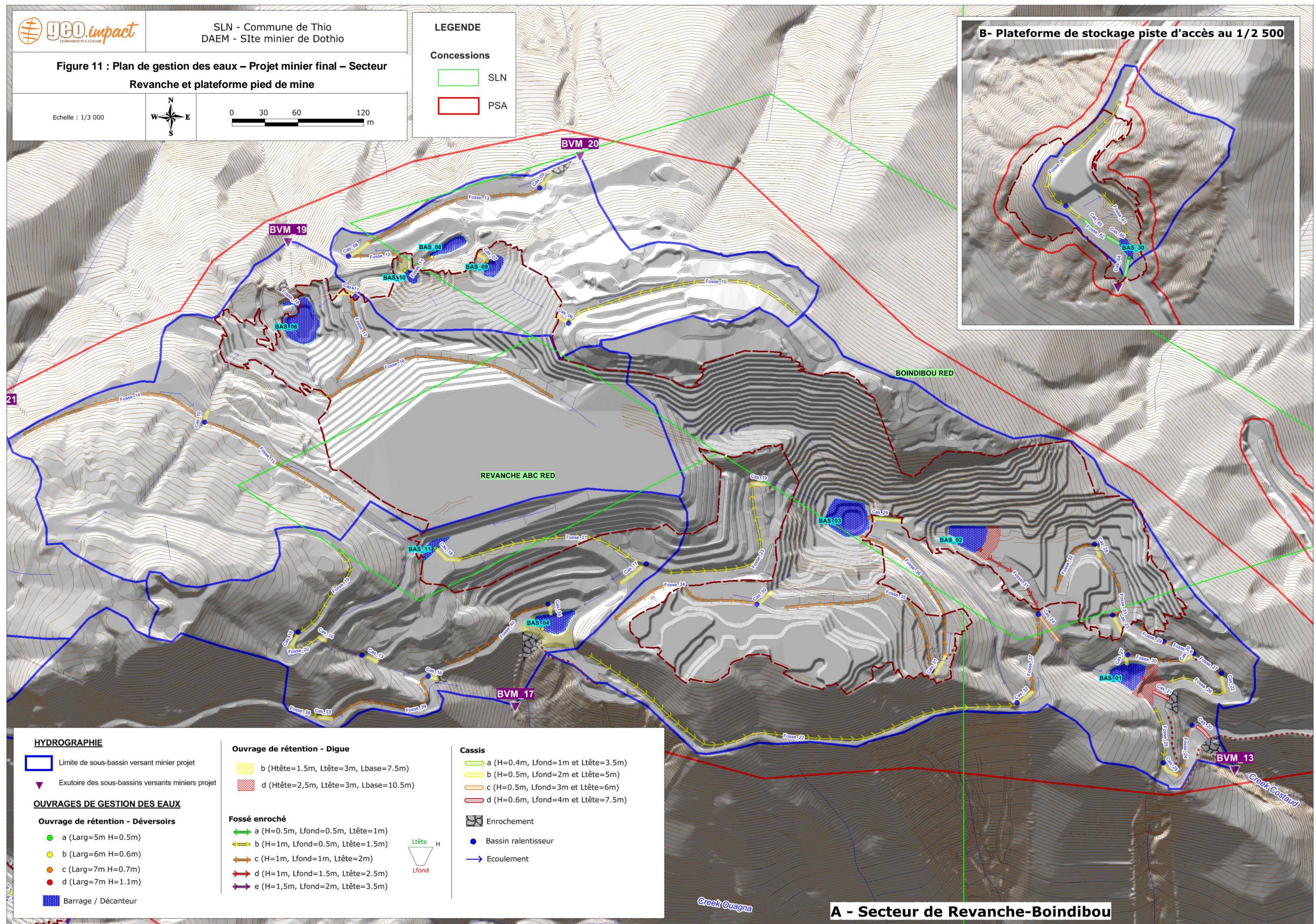
.

Tableau 10 : Objectifs 2h/2 ans

ID_BVM	ID_CHANTIER	Surface BVM (km ²)	Q100 BVM (m ³ /s)	Capacité cumulée de bassins par BVM (m ³)	Volume à retenir 2h/2ans (m ³)	Objectif 2h/2ans (%)	Justifications
BVM_05	Plateforme	0,015	0.581	262	893	29	Place limitée en bordure de piste et de plateforme
BVM_13	Revanche	0,161	6.240	8 404	9 583	88	-
BVM_17	Revanche	0,062	2.403	2 248	3 690	61	BV occupé par la verve et par une zone de versant naturel. Hauteur d'eau dans le bassin limitée car ouvrage en bordure de versant
BVM_19	Revanche	0,110	4.263	3 227	6 547	49	L'unique fond de fosse est utilisé comme bassin de sédimentation Hauteur d'eau dans le bassin limitée car versant en bordure de versant BV occupé par la verve et par une zone de versant naturel
BVM_20	Revanche	0,042	1.628	1 597	2 500	64	Bassins placés en pied de talus afin de les éloigner de la bordure du versant dégradé BV étiré le long de la bordure de versant très dégradé peu propice à l'aménagement d'ouvrages
BVM_21	Piste	0,065	2.519	532	3 869	14	Bassin versant occupé principalement par des versants naturels végétalisés Ouvrage situés au niveau de zones déjà à nues pour éviter tout défrichement supplémentaire
BVM_22	Pauline	0.5035	19.513	8 968	29 968	30	L'ensemble des fonds de fosse sont utilisés comme espace de décantation. Une grande moitié (zone amont) du bassin versant correspond à des versants naturels végétalisés. L'autre partie du BV est occupé par une verve
BVM_23	Pauline	0.0825	3.197	3 824	4 910	78	-
BVM_24	Pauline	0.01	0.388	211	595	35	Ancienne zone de carrière où un PGE a été mis en place.
BVM_25	Pauline	0.01039	0.403	236	618	38	Surface de l'ouvrage réduite car éloignement du bassin de la bordure du versant dégradé. Hauteur d'eau limitée et réduction du bassin versant en amont.
BVM_26	Pauline	0.103	3.992	3313	6 131	54	L'ensemble des plateformes disponibles utilisé pour créer des ouvrages. Hauteur d'eau limitée pour les bassins situés au niveau des fonds de fosse à proximité de la bordure du versant. La partie centrale du BV correspond à une zone de versant naturel.
BVM_27	Pauline	0,011	0.426	1 449	655	221	-
BVM_28	Pauline	0,008	0.310	527	476	111	-
BVM_29	Pauline	0,007	0.271	197	417	47	Hauteur d'eau limitée car bassin en bordure de versant
BVM_30	Pauline	0,002	0.078	174	119	146	-

Objectif 2h/2ans : > 100 % : , 100% à 80 % : , 80 à 50 % : , <50 % :

Figure 11 : Plan de gestion des eaux – Projet minier final – Secteur Revanche et plateforme pied de mine



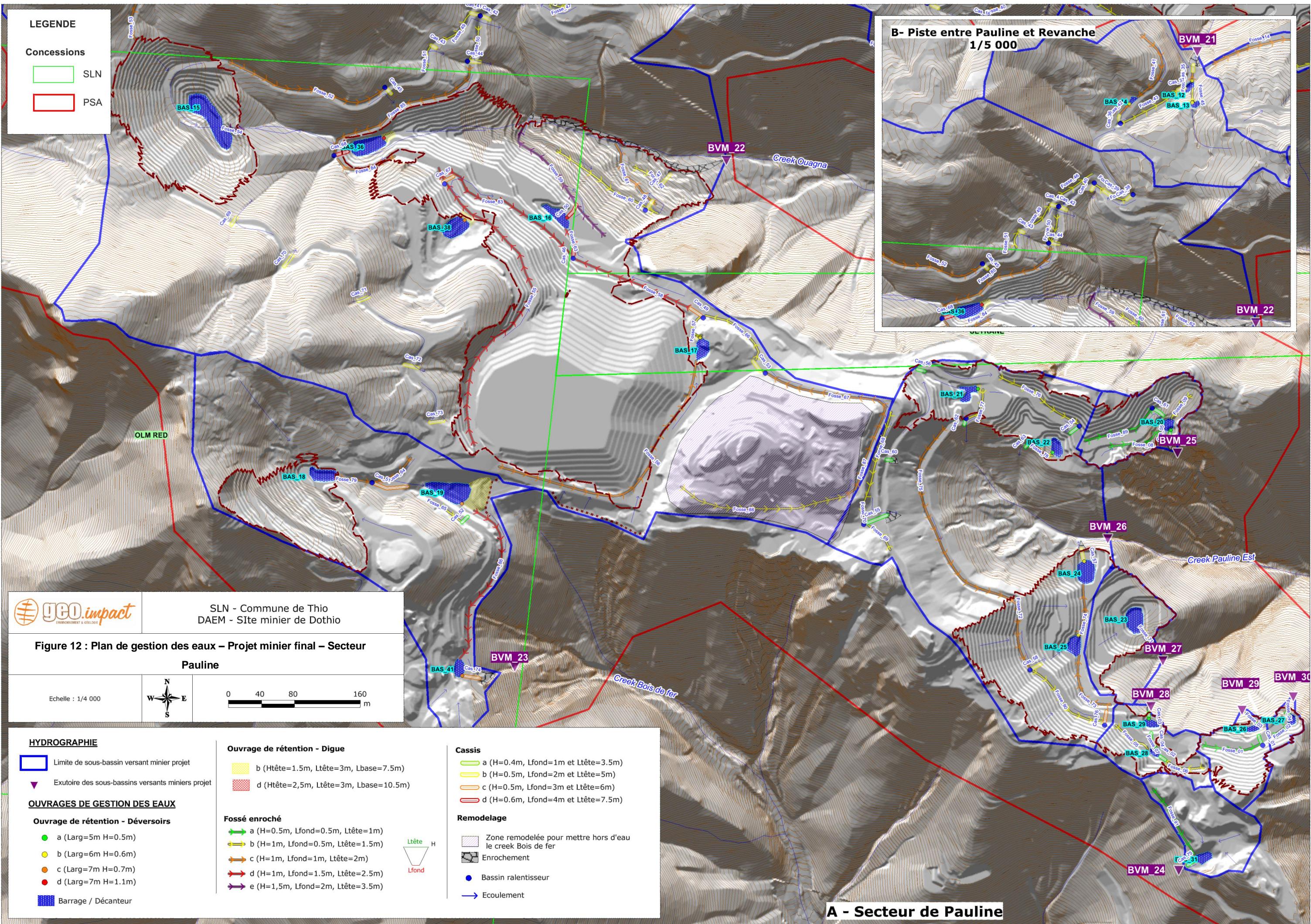


Tableau 11 : Données hydrauliques - Caniveaux / Cavaliers (tranchées drainantes)

Zone chantier	ID SBV	Surface SBV (km ²)	Surface SBV optimisé (km ²)	ID ouvrage	Type d'ouvrage	Longueur (m)	Pente longitudinale (m/m)	Qnominal de l'ouvrage fonction SBV ou BV optimisé (m ³ /s)	Q100 du SBV ou BV optimisé (m ³ /s)	Taux d'utilisation de l'ouvrage (%)
Pauline	BVM_29	0.007	0	Fosse_01	a	74	0.10	0.560	0.271	48
Pauline	BVM_30	0.002	0	Fosse_02	a	22	0.12	0.560	0.078	14
Pauline	BVM_29	0.007	0	Fosse_03	b	12	0.09	1.413	0.271	19
Pauline	BVM_30	0.002	0	Fosse_04	a	8	0.12	0.560	0.078	14
Pauline	BVM_28	0.008	0	Fosse_05	b	50	0.04	1.413	0.310	22
Pauline	BVM_28	0.008	0	Fosse_06	b	50	0.07	1.413	0.310	22
Pauline	BVM_28	0.008	0	Fosse_07	b	11	0.07	1.413	0.310	22
Pauline	BVM_25	0.01039	0	Fosse_08	a	72	0.16	0.560	0.403	72
Pauline	BVM_25	0.01039	0	Fosse_09	b	38	0.02	1.413	0.403	28
Revanche	BVM_20	0.042	0.00822	Fosse_10	b	225	0.01	0.706	0.319	45
Revanche	BVM_20	0.042	0	Fosse_11	c	22	0.03	2.587	1.628	63
Revanche	BVM_20	0.042	0	Fosse_12	c	53	0.03	2.587	1.628	63
Revanche	BVM_20	0.042	0	Fosse_13	c	172	0.04	2.587	1.628	63
Revanche	BVM_19	0.11	0.05	Fosse_14	c	176	0.02	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_19	0.11	0.05	Fosse_15	c	157	0.03	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_19	0.11	0	Fosse_16	c	232	0.10	5.784	4.263	74
Revanche	BVM_19	0.11	0.05	Fosse_17	c	88	0.06	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_19	0.11	0	Fosse_18	c	13	0.10	5.784	4.263	74
Revanche	BVM_17	0.062	0.015	Fosse_19	b	99	0.08	1.413	0.581	41
Revanche	BVM_17	0.062	0.015	Fosse_20	b	31	0.13	3.159	0.581	18
Revanche	BVM_17	0.062	0.02	Fosse_21	b	177	0.10	3.159	0.775	25
Revanche	BVM_13	0.161	0.03	Fosse_22	b	437	0.08	1.413	1.163	82
Revanche	BVM_13	0.161	0.01	Fosse_23	b	151	0.02	0.706	0.388	55
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_24	c	52	0.09	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_25	b	53	0.11	3.159	1.938	61
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_26	b	57	0.11	3.159	1.938	61
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_27	c	26	0.07	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_28	c	29	0.04	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_29	c	26	0.03	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_30	c	50	0.10	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.085	Fosse_31	d	72	0.08	3.855	3.294	85
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_32	c	61	0.09	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_33	c	67	0.08	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_34	c	146	0.02	2.587	1.938	75

Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_35	c	189	0.10	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_36	c	148	0.07	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Fosse_37	c	73	0.09	2.587	1.938	75
Revanche	BVM_17	0.062	0.03	Fosse_38	b	26	0.05	1.413	1.163	82
Revanche	BVM_17	0.062	0	Fosse_39	c	123	0.06	2.587	2.403	93
Revanche	BVM_17	0.062	0	Fosse_40	c	113	0.06	2.587	2.403	93
Piste	BVM_21	0.065	0	Fosse_41	c	122	0.03	2.587	2.519	97
Piste	BVM_21	0.065	0	Fosse_42	c	23	0.04	2.587	2.519	97
Piste	BVM_21	0.065	0	Fosse_43	b	101	0.13	3.159	2.519	80
Piste	BVM_21	0.065	0	Fosse_44	c	15	0.06	2.587	2.519	97
Piste	BVM_21	0.065	0	Fosse_45	b	21	0.52	3.159	2.519	80
Piste	BVM_22	0.5035	0.025	Fosse_46	b	60	0.04	1.413	0.969	69
Piste	BVM_22	0.504	0.025	Fosse_47	b	28	0.11	3.159	0.969	31
Piste	BVM_22	0.504	0.025	Fosse_48	b	18	0.04	1.413	0.969	69
Piste	BVM_22	0.504	0.025	Fosse_49	b	49	0.08	1.413	0.969	69
Piste	BVM_22	0.504	0.025	Fosse_50	b	45	0.05	1.413	0.969	69
Piste	BVM_22	0.504	0.025	Fosse_51	b	29	0.05	1.413	0.969	69
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Fosse_52	c	208	0.08	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Fosse_53	c	134	0.08	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_22	0.5035	0.1	Fosse_54	e	22	0.05	11.546	3.876	34
Pauline	BVM_22	0.5035	0.085	Fosse_55	d	412	0.09	3.855	3.294	85
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Fosse_56	c	350	0.07	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Fosse_57	b	29	0.33	3.159	1.938	61
Pauline	BVM_22	0.5035	0.09	Fosse_58	d	155	0.10	3.855	3.488	90
Pauline	BVM_22	0.5035	0.2155	Fosse_59	e	182	0.10	11.546	8.352	72
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Fosse_60	b	146	0.11	3.159	1.938	61
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Fosse_61	c	94	0.09	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Fosse_62	b	41	0.10	3.159	1.938	61
Pauline	BVM_22	0.5035	0.216	Fosse_63	d	23	0.15	8.620	8.371	97
Pauline	BVM_23	0.0825	0.02	Fosse_64	c	58	0.02	1.293	0.775	60
Pauline	BVM_23	0.0825	0.02	Fosse_65	b	48	0.07	1.413	0.775	55
Pauline	BVM_22	0.504	0.05	Fosse_66	b	50	0.15	3.159	1.938	61
Pauline	BVM_22	0.504	0.05	Fosse_67	c	159	0.03	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_26	0.1028	0.02	Fosse_68	b	120	0.04	1.413	0.775	55
Pauline	BVM_26	0.1028	0.01	Fosse_69	b	40	0.01	0.706	0.388	55
Pauline	BVM_26	0.1028	0.02	Fosse_70	b	19	0.05	1.413	0.775	55
Pauline	BVM_27	0.011	0	Fosse_71	b	19	0.05	1.413	0.426	30
Pauline	BVM_26	0.1028	0.05	Fosse_72	c	204	0.10	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_26	0.1028	0.05	Fosse_73	c	87	0.07	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_26	0.1028	0.055	Fosse_74	c	63	0.04	2.587	2.132	82
Pauline	BVM_26	0.1028	0.05	Fosse_75	c	164	0.07	2.587	1.938	75

Pauline	BVM_26	0.1028	0.02	Fosse_76	b	113	0.12	3.159	0.775	25
Pauline	BVM_26	0.1028	0.02	Fosse_77	b	47	0.02	1.413	0.775	55
Pauline	BVM_26	0.1028	0.025	Fosse_78	b	25	0.02	1.413	0.969	69
Pauline	BVM_23	0.0825	0	Fosse_79	c	39	0.28	5.784	3.197	55
Plateforme	BVM_05	0.015	0	Fosse_80	b	140	0.08	1.413	0.581	41
Plateforme	BVM_05	0.015	0	Fosse_81	b	43	0.04	1.413	0.581	41
Plateforme	BVM_05	0.015	0	Fosse_82	b	15	0.06	1.413	0.581	41
Pauline	BVM_22	0.504	0.085	Fosse_83	d	184	0.10	3.855	3.294	85
Pauline	BVM_22	0.504	0.02	Fosse_84	c	78	0.01	1.293	0.775	60
Pauline	BVM_22	0.504	0.06	Fosse_85	c	210	0.04	2.587	2.325	90
Pauline	BVM_23	0.0825	0	Fosse_86	d	212	0.04	3.855	3.197	83
Pauline	BVM_22	0.504	0.05	Fosse_87	c	118	0.06	2.587	1.938	75
Pauline	BVM_22	0.504	0.05	Fosse_88	b	207	0.11	3.159	1.938	61
Pauline	BVM_25	0.01039	0	Fosse_89	a	96	0.11	0.560	0.403	72
Pauline	BVM_26	0.1028	0.05	Fosse_90	b	111	0.11	3.159	1.938	61
Pauline	BVM_24	0.01025	0	Fosse_91	a	94	0.19	0.560	0.397	71

Tableau 12 : Données hydrauliques - Cassis

Zone de chantier	ID SBV	Surface SBV (km ²)	Surface SBV optimisé (km ²)	ID Cassis	Type d'ouvrage	Qnominal de l'ouvrage fonction SBV ou BV optimisé (m ³ /s)	Q100 du SBV ou BV optimisé (m ³ /s)	Taux d'utilisation de l'ouvrage (%)
Pauline	BVM_29	0.007	0	Cas_01	a	0.83	0.27	33
Pauline	BVM_28	0.008	0	Cas_02	a	0.83	0.31	37
Pauline	BVM_28	0.008	0	Cas_03	a	0.83	0.31	37
Pauline	BVM_28	0.008	0	Cas_04	a	0.83	0.31	37
Pauline	BVM_25	0.01039	0	Cas_05	a	0.83	0.40	49
Revanche	BVM_20	0.042	0	Cas_06	b	3.05	1.63	53
Revanche	BVM_20	0.042	0	Cas_07	b	3.05	1.63	53
Revanche	BVM_20	0.042	0	Cas_08	b	3.05	1.63	53
Revanche	BVM_20	0.042	0	Cas_09	b	3.05	1.63	53
Revanche	BVM_19	0.11	0.05	Cas_10	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_19	0.11	0.05	Cas_11	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_13	b	3.05	2.40	79
Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_14	b	3.05	2.40	79
Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_15	b	3.05	2.40	79
Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_16	b	3.05	2.40	79
Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_17	b	3.05	2.40	79
Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_18	b	3.05	2.40	79
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_19	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0	Cas_20	d	9.24	6.24	68
Revanche	BVM_13	0.161	0	Cas_21	d	9.24	6.24	68
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_22	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_23	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.085	Cas_24	c	4.29	3.29	77
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_25	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_26	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_27	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_28	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.075	Cas_29	b	3.05	2.91	95
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_30	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_31	b	3.05	1.94	63
Revanche	BVM_13	0.161	0.05	Cas_32	b	3.05	1.94	63

Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_33	b	3.05	2.40	79
Revanche	BVM_17	0.062	0	Cas_34	b	3.05	2.40	79
Piste	BVM_21	0.065	0	Cas_35	b	3.05	2.52	82
Piste	BVM_21	0.065	0	Cas_36	b	3.05	2.52	82
Piste	BVM_21	0.065	0	Cas_37	b	3.05	2.52	82
Piste	BVM_22	0.5035	0.025	Cas_38	b	3.05	0.97	32
Piste	BVM_22	0.5035	0.025	Cas_39	b	3.05	0.97	32
Piste	BVM_22	0.5035	0.035	Cas_40	b	3.05	1.36	44
Piste	BVM_22	0.5035	0.025	Cas_41	b	3.05	0.97	32
Piste	BVM_22	0.5035	0.025	Cas_42	b	3.05	0.97	32
Piste	BVM_22	0.5035	0.025	Cas_43	b	3.05	0.97	32
Piste	BVM_22	0.5035	0.025	Cas_44	b	3.05	0.97	32
Pauline	BVM_22	0.504	0.05	Cas_45	b	3.05	1.94	63
Pauline	BVM_22	0.504	0.216	Cas_46	d	9.24	8.37	91
Pauline	BVM_22	0.504	0.05	Cas_47	b	3.05	1.94	63
Pauline	BVM_22	0.504	0.05	Cas_48	b	3.05	1.94	63
Pauline	BVM_22	0.504	0.09	Cas_49	c	4.29	3.49	81
Pauline	BVM_22	0.504	0.216	Cas_50	d	9.24	8.37	91
Pauline	BVM_23	0.0825	0	Cas_51	c	4.29	3.20	75
Pauline	BVM_23	0.0825	0.02	Cas_52	a	0.83	0.78	93
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	Cas_53	b	3.05	1.94	63
Pauline	BVM_26	0.103	0.02	Cas_54	a	0.83	0.78	93
Pauline	BVM_26	0.103	0.02	Cas_55	a	0.83	0.78	93
Pauline	BVM_26	0.103	0.02	Cas_56	a	0.83	0.78	93
Pauline	BVM_26	0.103	0.055	Cas_57	b	3.05	2.13	70
Pauline	BVM_26	0.103	0.05	Cas_58	b	3.05	1.94	63
Pauline	BVM_26	0.103	0.02	Cas_60	a	0.83	0.78	93
Pauline	BVM_25	0.01039	0	Cas_61	a	0.83	0.40	49
Pauline	BVM_26	0.103	0.02	Cas_62	a	0.83	0.78	93
Pauline	BVM_26	0.103	0.025	Cas_63	b	3.05	0.97	32
Plateforme	BVM_05	0.015	0	Cas_64	a	0.83	0.58	70
Plateforme	BVM_05	0.015	0	Cas_65	a	0.83	0.58	70
Plateforme	BVM_05	0.015	0	Cas_66	a	0.83	0.58	70
Pauline	BVM_22	0.5035	0.085	Cas_67	c	4.29	3.29	77
Pauline	BVM_22	0.5035	0.19	Cas_68	d	9.24	7.36	80
Pauline	BVM_22	0.5035	0.03	Cas_69	b	3.05	1.16	38
Pauline	BVM_22	0.5035	0.03	Cas_70	b	3.05	1.16	38
Pauline	BVM_22	0.5035	0.03	Cas_71	b	3.05	1.16	38
Pauline	BVM_22	0.5035	0.03	Cas_72	b	3.05	1.16	38

Pauline	BVM_22	0.5035	0.03	Cas_73	b	3.05	1.16	38
Pauline	BVM_23	0.0825	0	Cas_74	c	4.29	3.20	75
Pauline	BVM_24	0.01025	0	Cas_75	a	0.83	0.40	48
Pauline	BVM_26	0.103	0	Cas_76	c	4.29	3.99	93

Tableau 13 : Données hydrauliques - Bassins de sédimentation

Zone de chantier	ID BV	Surface du BV (km ²)	Surface du BV optimisé (km ²)	ID Bassin	Capacité du bassin (m ³)	Hauteur d'eau (m)	Type de digue	Type de déversoir	Q100 du BV ou BV optimisé (m ³ /s)	Qnominal déversoir (m ³ /s)	Taux d'utilisation du déversoir (%)	Observations
Revanche	BVM_13	0.161	0	BAS_01	2242	4.4	d	d	6.24	10.59	58.92	
Revanche	BVM_13	0.161	0	BAS_02	2555	4.4	d	d	6.24	10.59	58.92	
Revanche	BVM_13	0.161	0.085	BAS_03	3607	3.3	-	c	3.29	4.38	75.13	
Revanche	BVM_17	0.062	0	BAS_04	1928	3.9	b	b	2.40	2.69	89.35	
Revanche	BVM_19	0.11	0	BAS_06	3227	3.3	-	c	4.26	4.38	97.22	Fond de fosse à ouvrir à la topographie
Revanche	BVM_20	0.042	0	BAS_08	692	2.4	-	b	1.63	2.69	60.52	
Revanche	BVM_20	0.042	0	BAS_09	630	2.4	-	b	1.63	2.69	60.52	
Revanche	BVM_20	0.042	0	BAS_10	275	2.9	b	b	1.63	2.69	60.52	
Revanche	BVM_17	0.062	0.025	BAS_11	320	1.5	-	a	0.97	1.46	66.56	
Piste	BVM_21	0.065	0	BAS_12	233	1.4	-	b	2.52	2.69	93.67	
Piste	BVM_21	0.065	0	BAS_13	155	1.4	-	b	2.52	2.69	93.67	
Piste	BVM_21	0.065	0	BAS_14	144	1.4	-	b	2.52	2.69	93.67	
Pauline	BVM_22	0.5035	0.1	BAS_15	4814	3.3	-	c	3.88	4.38	88.38	Fond de fosse à ouvrir à la topographie
Pauline	BVM_22	0.5035	0.216	BAS_16	565	1.4	-	d	8.37	10.59	79.05	
Pauline	BVM_22	0.5035	0.05	BAS_17	658	1.9	-	b	1.94	2.69	72.05	
Pauline	BVM_23	0.0825	0.045	BAS_18	863	1.9	-	b	1.74	2.69	64.85	
Pauline	BVM_23	0.0825	0	BAS_19	2639	2.8	b	c	3.20	4.38	72.92	
Pauline	BVM_25	0.01039	0	BAS_20	236	1.5	-	a	0.40	1.46	27.66	Fond de fosse à ouvrir à la topographie, ne pas faire le dernier niveau et reculer le fond de fosse en pied de talus
Pauline	BVM_26	0.1028	0.02	BAS_21	530	2.5	b	a	0.78	1.46	53.25	
Pauline	BVM_26	0.1028	0.025	BAS_22	634	2.5	-	a	0.97	1.46	66.56	Fond de fosse à ouvrir à la topographie en aval un fossé guide les eaux dans l'axe d'un talweg
Pauline	BVM_27	0.011	0	BAS_23	1449	2.5	-	a	0.43	1.46	29.29	Fond de fosse à ouvrir à la topographie

Pauline	BVM_26	0.1028	0.055	BAS_24	1286	2.4	-	b	2.13	2.69	79.26	Fond de fosse à ouvrir à la topographie
Pauline	BVM_26	0.1028	0.055	BAS_25	863	2.4	-	b	2.13	2.69	79.26	
Pauline	BVM_29	0.007	0	BAS_26	197	1.5	-	a	0.27	1.46	18.64	
Pauline	BVM_30	0.002	0	BAS_27	174	1.5	-	a	0.08	1.46	5.32	
Pauline	BVM_28	0.008	0	BAS_28	314	2.5	-	a	0.31	1.46	21.30	
Pauline	BVM_28	0.008	0	BAS_29	213	1.5	-	a	0.31	1.46	21.30	
Plateforme	BVM_05	0.015	0	BAS_30	262	2	-	a	0.58	1.46	39.94	
Pauline	BVM_24	0.01	0	BAS_31	211	1	-	a	0.39	1.46	26.62	
Pauline	BVM_22	0.5035	0.2	BAS_36	1664	2.4	b	d	7.75	10.59	73.20	
Pauline	BVM_22	0.5035	0.085	BAS_38	1267	2.3	b	c	3.29	4.38	75.13	
Pauline	BVM_23	0.0825	0	BAS_41	322	1.3	-	c	3.20	4.38	72.92	

3.2.4 - Principes de drainage des verses Pauline et Revanche

Les techniques de construction des verses à stériles suivent les principes du « Guide pratique SLN – Règles de conception et techniques de construction des verses à stériles - Mars 2006 ». (Annexe pièce H).

Les données ci-dessous sont issues des rapports MECATER de janvier et février 2018 consultable en Annexe de la pièce H. Le détail, des caractéristiques topographiques, géotechniques et le phasage du drainage interne des verses Revanche et Pauline, est présenté dans la pièce H.

3.2.4.1. Verse Revanche

Le stockage des latérites durant la 3^{ème} phase se fera à partir du fond de fosse situé à la cote 360 NGNC puis monte contre le talus de la verse Phase 2 (Figure 13).

En-dessous de la cote 378 NGNC, deux mèches en cheminée devront être mises en place :

- Mèche en cheminée n°1 : elle sera connectée à la mèche n°1 en aval et permettra le drainage de la verse jusqu'à la cote 375 NGNC. A partir de la cote 375 NGNC, la mèche sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées ;
- Mèche en cheminée n°2 : il s'agit de la poursuite de la mèche en cheminée n°1 entre les cotes 375 et 378 NGNC. A partir de la cote 378 NGNC, la mèche sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

Entre 378 et 385 NGNC, le drainage de la verse se fera par la mèche n°3. En aval, les eaux transiteront par la mèche n°1 puis seront décantées dans le fond de fosse résiduel au pied de verse phase 3.

A partir de la cote 385 NGNC, la mèche n°1 sera prolongée et le drainage de la verse se fera moyennant 3 mèches :

- Mèche n°1 : elle est aménagée pendant la phase 2 et sera prolongée en phase 3. A partir de la cote 397 NGNC, la mèche montera contre le talus nord de la verse. Elle demeure fonctionnelle jusqu'à la phase ultime ;
- Mèche n°2 : elle est aménagée pendant la phase 2 et sera prolongée en phase 3. Elle demeure fonctionnelle jusqu'à la phase ultime ;
- Mèche n°3 : elle est aménagée pendant la phase 2 et sera prolongée en phase 3. A partir de la cote 385 NGNC, cette mèche montera en cheminée.

En phase ultime, la gestion des eaux se fera en surface. Les eaux de ruissellement provenant de la verse seront interceptées par le caniveau n°3 aménagé le long de la piste frontale le long du flanc nord de la verse. La plateforme sommitale sera pentée vers le caniveau. Les eaux collectées seront décantées dans le fond de fosse résiduel situé au pied de la verse.

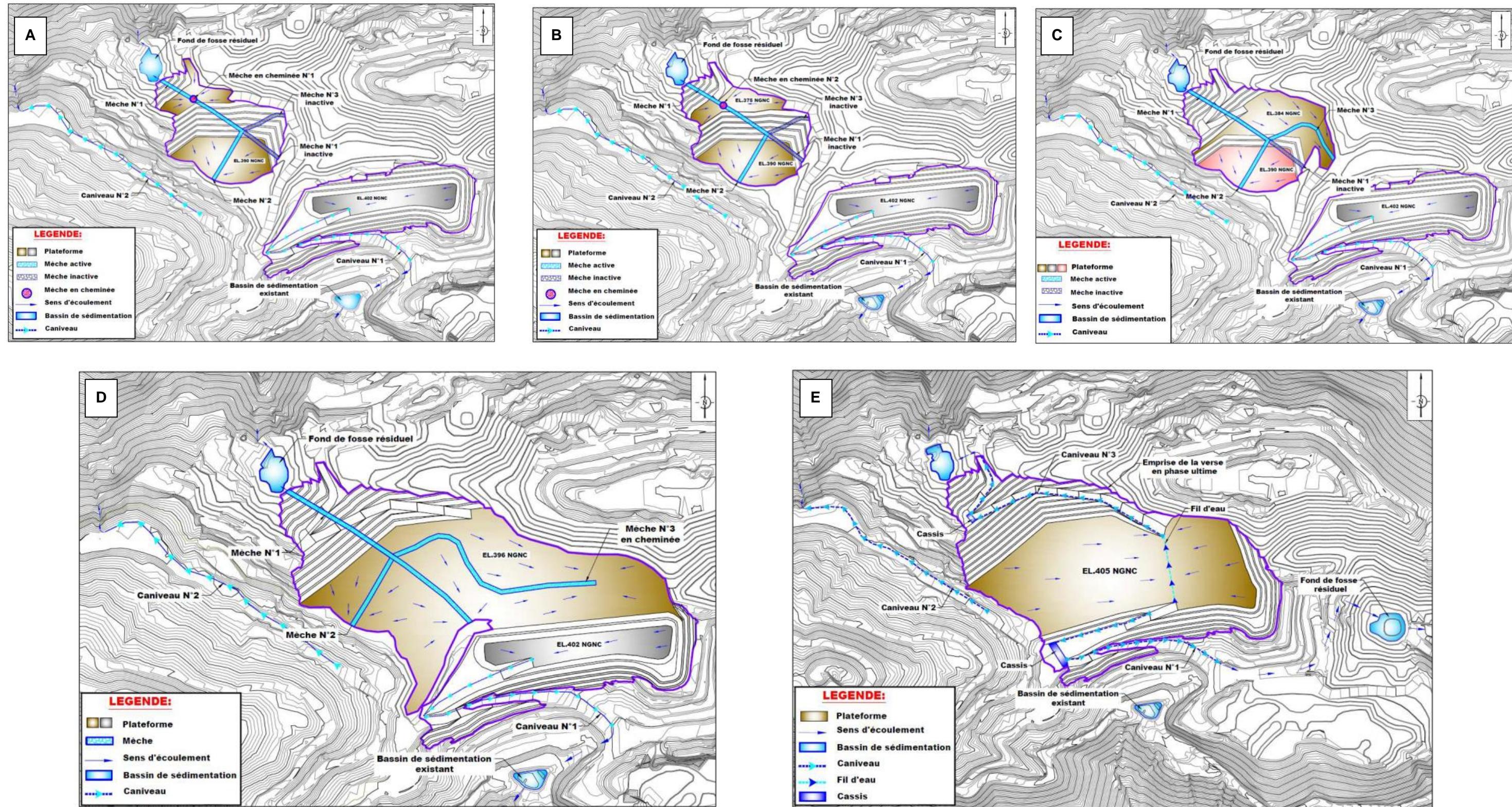


Figure 13 : Dispositif de drainage de la verre Revanche - Phase 3 : A. En-dessous de la cote 375 NGNC, B. Entre les cotes 375 et 378 NGNC, C. Entre les cotes 378 et 385 NGNC, D. A partir de la cote 385 NGNC, E. En phase ultime

En-dessous de la cote 414 NGNC, la verse Pauline présente deux plateformes sommitales (Figure 14) :

- Une 1^{ère} plateforme située à la cote 414 NGNC : elle sera construite pendant la phase 1. Les eaux de ruissellement seront acheminées vers le tapis drainant aménagé au fond de la fosse via les mèches n°2 et 3 ;
- Une 2^{ème} plateforme construite par comblement de la partie Ouest de la fosse. Les mèches n°4, 5 et 6 mises en place pendant la phase 1, seront prolongées et guideront les eaux vers le tapis drainant.

Une fois la cote 414 NGNC atteinte, les mèches n°2 et 3 seront mises hors d'eau et fermées par un bouchon de latérites compactées.

Entre les cotes 414 et 431 NGNC, la verse Pauline présentera une seule plateforme sommitale. Les eaux de ruissellement seront collectées par les mèches n°4, 5 et 6 et seront acheminées vers le tapis drainant. A partir de la cote 431 NGNC, la mèche n°6 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

Entre les cotes 431 et 439 NGNC, le drainage des eaux de la verse se fera par les mèches n°4 et 5 et elles seront acheminées vers le tapis drainant. A partir de la cote 439 NGNC, la mèche n°4 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

A partir de la cote 439 NGNC, le drainage des eaux se fera par la mèche n°5 et seront acheminées vers le tapis drainant.

A partir de la cote 444 NGNC, la mèche n°5 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

En phase ultime, le drainage de la plateforme sommitale se fera en surface via un caniveau au niveau de la piste d'accès située à l'ouest de la verse. La plateforme sommitale sera pentée vers cette piste. La décantation des eaux se fera au niveau d'un bassin de sédimentation en aval de la verse.

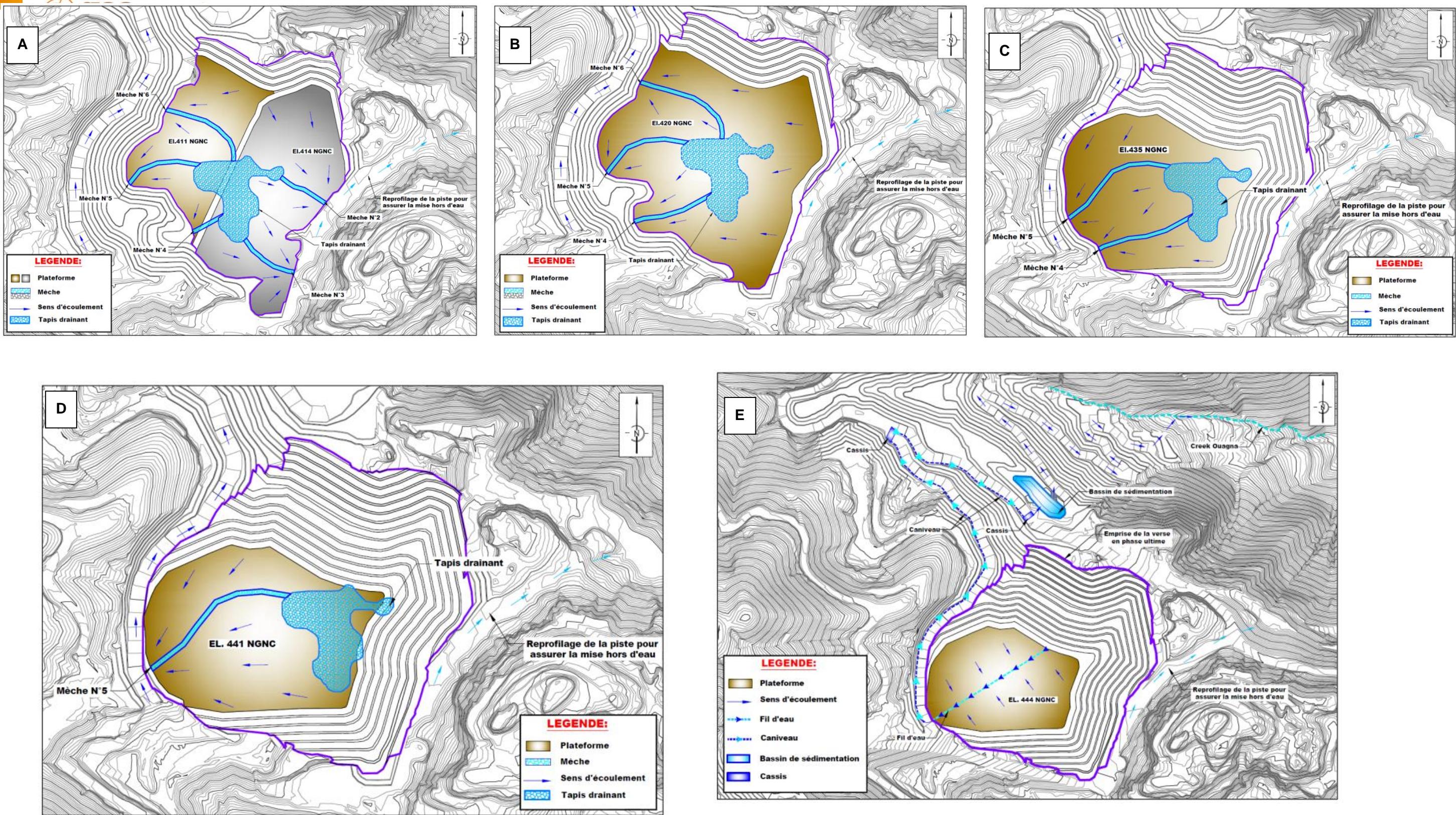


Figure 14 : Dispositif de drainage de la verve Pauline - Phase 2 : A. En-dessous de la cote 414 NGNC, B. Entre les cotes 414 et 431 NGNC, C. Entre les cotes 431 et 439 NGNC, D. A partir de la cote 439 NGNC, E. En phase ultime

4 - ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

Dans cette partie sont détaillés les différents impacts que le projet peut induire sur l'environnement.

Les impacts seront divisés en deux catégories :

- Les impacts spécifiques à l'exploitation minière ;
- Les impacts génériques à toute activité de terrassement.

En termes d'envergures des impacts sur l'environnement deux zones d'influences sont présentées :

- L'empreinte correspond aux surfaces impactées à l'intérieur du périmètre du PSA.
- L'emprise est une aire d'influence dont l'échelle est dépendante de l'impact (l'échelle peut être locale et se cantonner au massif de Dothio ou régionale).

Les critères de détermination du degré d'impact pour chaque item sont détaillés dans chaque partie. L'estimation du degré d'impact repose sur une approche principalement qualitative, naturaliste et l'avis d'experts sur certain retour d'expériences liés à l'exploitation minière.

Les critères d'évaluation des impacts, en termes d'intensité (qu'ils soient négatifs ou positifs) sont précisés ci-dessous :

- *Impact négligeable* : impact ayant peu à pas d'influence sur l'environnement,
- *Impact faible* : impact prévisible et limité sur l'environnement. Si l'effet est négatif aucune mesure de réduction ne doit être obligatoirement proposée.
- *Impact moyen* : impact prévisible et faible sur l'environnement. Si l'effet est négatif des mesures de réductions peuvent éventuellement être proposées
- *Impact fort* : impact prévisible à portée locale et/ou régionale relativement important sur l'environnement. Si l'effet est négatif des mesures de réduction doivent impérativement être mises en place.

Ils sont ensuite qualifiés de directs ou indirects, de temporaires ou permanents.

4.1 - IMPACT SPECIFIQUE A L'EXPLOITATION MINIERE – IMPACT SUR L'EAU

4.1.1 - Impact sur l'eau

L'impact sur la qualité et les écoulements des eaux est un des impacts majeurs liés aux exploitations minières en Nouvelle-Calédonie.

D'une manière générale, la modification des bassins versants par l'ouverture ou l'agrandissement des carrières peut provoquer une augmentation significative des débits des cours d'eau sur et en aval du site. La nature des terrains en place et les conditions climatiques locales sont des éléments favorables à l'initiation de l'érosion avec comme conséquence finale sur l'eau, l'augmentation de la charge solide transportée et donc de la turbidité des écoulements. En aval, l'augmentation significative de la charge alluvionnaire par accumulation des matériaux charriés impacte l'équilibre naturel des creeks et des écosystèmes associés.

Dans le cas du site minier de Dothio, le site est déjà en exploitation avec la présence de carrières sur les zones d'emprise du projet d'exploitation (cf. Pièce C Analyse détaillée du contexte érosif). De plus, le site présente également les effets d'une activité minière passée peu respectueuse de l'environnement (anciennes décharges, érosions, engravement des cours d'eau aval). Le projet d'exploitation intègre ces éléments notamment en réduisant au maximum la surface des bassins versants minier en amont des dégradations.

Tableau 14 : Evaluation de l'intensité des impacts sur l'eau

Impact sur l'eau	Intensité de l'impact			
	Négligeable (-)	Faible (-)	Moyen (-)	Fort (-)
Critères de détermination de l'intensité de l'impact	Pas de modification significative de la superficie des BV (S.BVi/S.BVa ou S.BVp = 0%) ; Turbidité nulle ; Charge alluvionnaire faible.	Modification de la superficie des BV (S.BVi/S.BVa ou S.BVp < +10%) ; Faible variation du débit ; Aménagement de l'aval de l'exutoire situé dans un creek naturel ; Turbidité et charge alluvionnaire faible.	Modification de la superficie des BV (S.BVi/S.BVa ou S.BVp < +20%) ; Forte variation du débit ; Aménagement de l'aval de l'exutoire ; Augmentation significative de la turbidité et de la charge alluvionnaire.	Modification de la superficie des BV (S.BVi/S.BVa ou S.BVp > +20%) ; Forte variation du débit ; Aucun aménagement de l'aval de l'exutoire ; Forte turbidité et de la charge alluvionnaire en aval ; Pollutions diverses

4.1.1.1. Modification des bassins versants miniers

L'étude des variations de superficies entre les bassins versants miniers a été réalisée essentiellement sur les futures zones d'exploitation à savoir : les secteurs Pauline, Revanche et sur la plateforme de stockage en pied de mine.

Le secteur de Plateau et la piste d'accès (à l'exception de la plateforme de stockage) ne font pas l'objet de projets d'extraction ou de réaménagement majeurs. Aucune modification au niveau des bassins versants n'est donc opérée.

Dans le cadre du projet de reprise de piste entre les carrières Dothio et les anciennes carrières Colombe (*Etude de faisabilité, Géo.impact, septembre 2015 – Annexe pièce B*), un plan de gestion des eaux a été établi, modifiant ainsi les bassins versants initiaux. A noter que ces modifications diffèrent peu des conditions hydrauliques originelles et s'attachent, dès que les conditions le permettent, de renvoyer les eaux vers les talwegs principaux.

La cartographie illustrant les bassins versants projet, actuels et initiaux est en Figure 15 pour les secteurs de Pauline, de Revanche, ainsi que pour la piste reliant ces deux zones d'exploitation. Les variations de ces superficies sont détaillées dans le Tableau 15.

L'analyse des variations de bassins versants est réalisée principalement entre les bassins versants initiaux et les bassins versants projet final au niveau des mêmes points exutoires. Quand cela est possible et pertinent, l'analyse est également réalisée entre les bassins versants actuels et les bassins versants projet final (exutoire identique,...).

Modification des bassins versants	
Nature de l'impact	Augmentation de la turbidité / Déstabilisation des berges / Engravement aval
Quantification de l'impact	<i>L'impact est direct, permanent et considéré comme moyen</i>
Localisation de l'impact	Chantier, piste et zones aval

Tableau 15 : Evolution de la surface des bassins versants miniers initiaux, actuels et projet

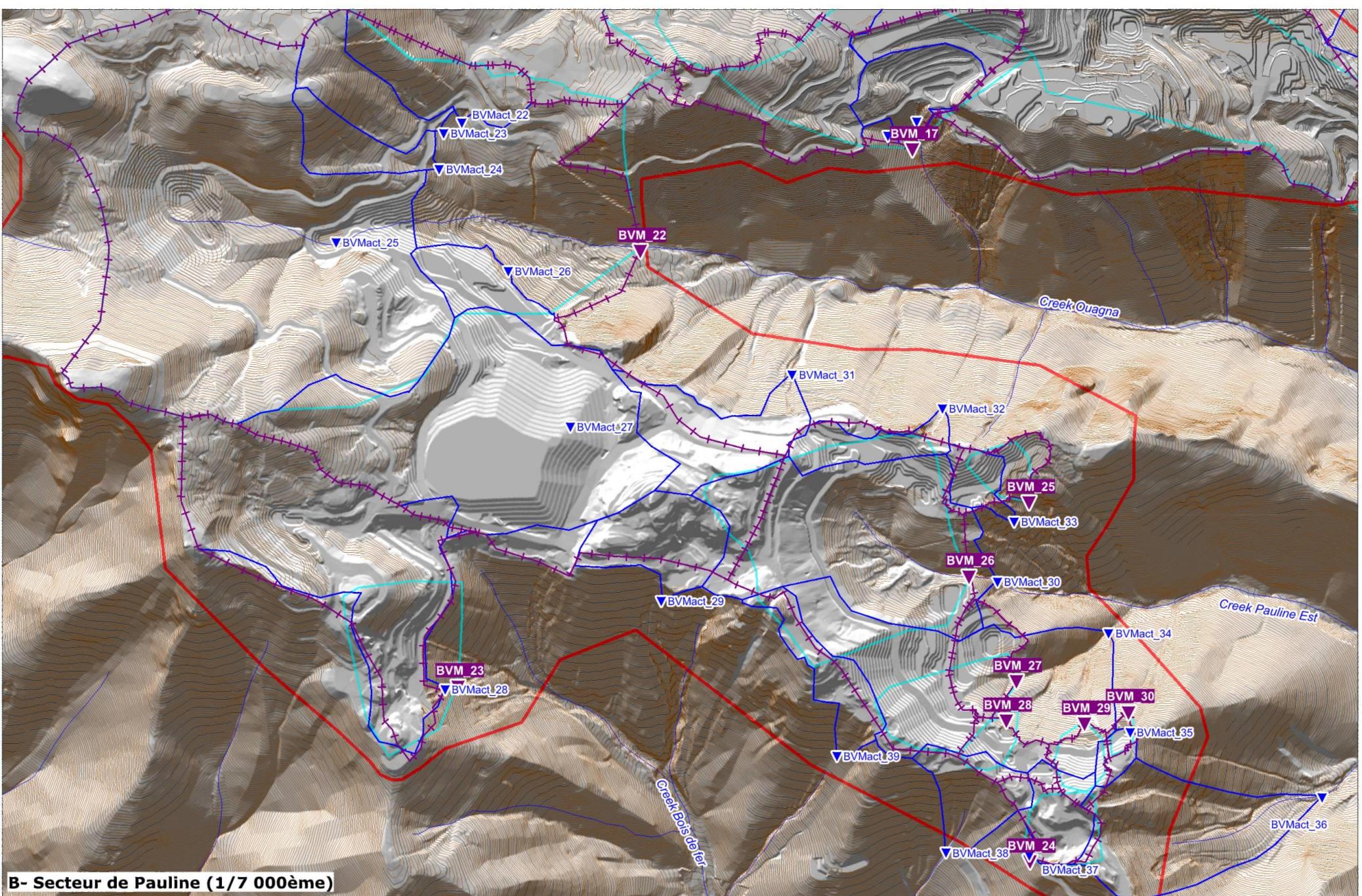
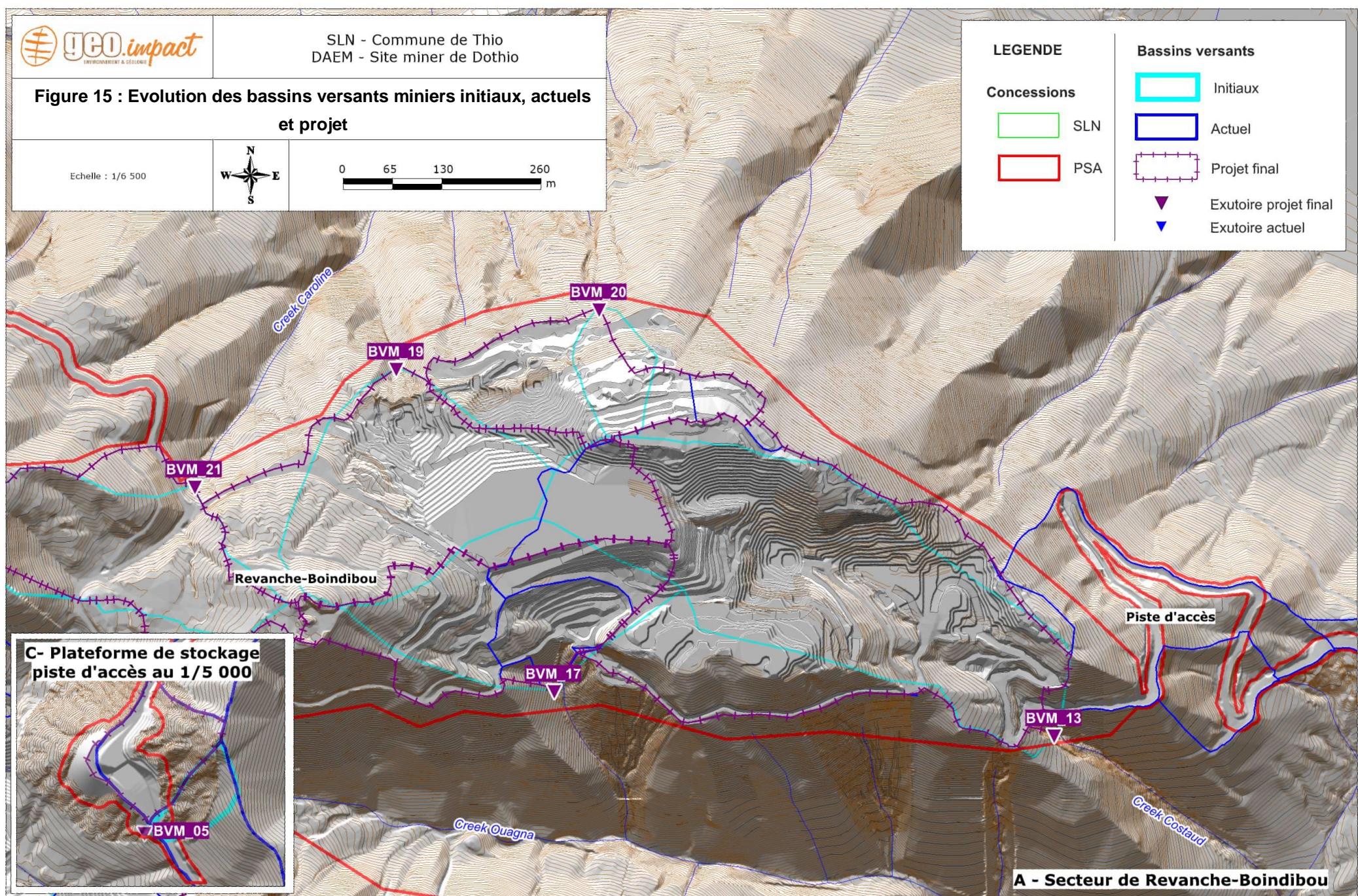
SECTEUR	N° BVM projet	Surface BV (ha)			Comparaison (%)		Exutoire	Justifications et mesures prises
		BV initial	BV actuel	BV Projet	BV projet/BV Initial	BV actuel/ BV projet		
PAULINE	BVM_22	35.40	-	50.36	42%	-	Creek Ouagna Cours d'eau engravé et décharges sensibles sur les versants	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation et notamment la mise hors d'eau des versants en amont du creek Bois de fer et des décharges sur le versant sud du creek Ouagna. Fusion de plusieurs BVM actuels (BVMact_22 à 27). PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire Renvoi des eaux dans l'axe du creek.
	BVM_23	3.14	8.32	8.25	163%	-1%	Creek Bois de fer Décharge grossière	Augmentation de la surface du BVM associée principalement à l'exploitation passée. Choix de rejeter les eaux vers le creek Bois de fer pour éviter de surcharger encore le creek Ouagna. Choix de cet exutoire par rapport aux autres affluents car moins sensible. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_24	0.96	1.1	1.03	7%	-7%	Affluent creek Bois de fer Décharge grossière	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation passée et projet Collecte et décantation des eaux pour éviter les sorties d'eau non contrôlées
	BVM_25	0.51	-	1.04	104%	-	Affluent creek Pauline Est Décharge en arasement	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation passée et projet. Optimisation pour réduire au maximum sa surface. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_26	8.01	-	10.28	28%	-	Creek Pauline Est Décharge sensible	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation projet. Rejet dans l'axe du cours d'eau. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_27	1.73	-	1.19	-31%	-	Affluent creek Pauline Est Décharge	Réduction de la surface du BVM au profit du BVM_26 l'exutoire étant plus proche de l'axe du talweg principal. Réduction du bassin versant d'érosions sensibles au niveau de l'exutoire de ce BV. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_28	0.41	-	0.84	105%	-	Creek Pauline Est Décharge et ravine sensible	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation projet. BV initial très faible. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_29	0.51	-	0.70	37%	-	Creek Pauline Est Décharge	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation projet. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_30	0.14	0.4	0.17	23%	-50%	Affluent creek Pauline Est Décharge de faible extension	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation projet mais réduction par rapport à l'état actuel. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
REVANCHE	BVM_13	13.54	19.43	16.13	19%	-17%	Creek Costaud Versant en arasement et creek raviné	Versant en arasement revégétalisé en 2016 PGE et ouvrage de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_17/BVM_18	5.70	4.81	6.20	9%	29%	Affluent creek Ouagna Décharge sensible	Augmentation de la surface du BVM associée à la mise en place de la verre Revanche. Peu de modifications par rapport à l'état actuel. Rejet dans l'axe du cours d'eau PGE et ouvrages de décantation mis en place. Enrochement de l'exutoire. Revégétalisation du versant en 2016.
	BVM_19	6.87	8.71	10.54	53%	21%	Affluent creek Caroline Décharge sensible et arrachements associés aux décharges	Augmentation de la surface du BVM associée à la présence de piste et des zones d'exploitation actuelles et projet (Verse Revanche). Augmentation limitée par rapport à l'état actuel. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_20	1.28	3.77	4.23	231%	12%	Affluent creek Caroline Décharge et ravine sensibles	Augmentation de la surface du BVM associée à l'exploitation actuelle. Peu de modifications par rapport à l'état actuel. Versant et décharges revégétalisés en 2016 PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
	BVM_21	5.92	6.50	6.50	10%	0%	Affluent creek Caroline Décharge sensible	Versant et décharges revégétalisés en 2016 PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire
PLATEFORME	BVM_05	0.63	1.46	1.50	139%	3%	Affluent Creek Xwê Dauté	Augmentation de la surface du BVM associée à la présence de la piste d'accès. Peu de modification par rapport à l'état actuel. PGE et ouvrages de décantation mis en place Enrochement de l'exutoire

Figure 15 : Evolution des bassins versants miniers initiaux, actuels et projet

Echelle : 1/6 500



0 65 130 260 m



4.1.1.2. Modification de la ressource en eau – au niveau de la zone de projet

Bien que la connaissance hydrogéologique du massif de Dothio reste encore sommaire, l'impact du projet minier sur la ressource en eau souterraine du massif peut être appréhendé dans ses grandes lignes.

La mise en exploitation d'un site peut avoir les conséquences suivantes sur l'hydrogéologie du secteur :

- Le décapage des horizons supérieurs induit la disparition des aquifères temporaires de sub-surface ;
- L'exploitation peut également modifier les circulations plus profondes en limitant l'infiltration des eaux avec l'imperméabilisation des fonds de fosse. L'alimentation des sources sur le pourtour du massif pourra donc être impactée dans une mesure variable ;
- Le creusement des fosses peut également provoquer un rapprochement de la surface du toit des aquifères profonds et induire ainsi une augmentation de la sensibilité à la pollution aux hydrocarbures de ces aquifères.

Le projet d'exploitation du site de Dothio concerne essentiellement des carrières existantes. Les phases d'exploitation 5 et 6 sur le secteur de Pauline correspondent à l'ouverture de deux nouvelles carrières d'envergure relativement réduites (respectivement 1.3 et 2.4 ha). Ces actions retirent des matériaux composant les aquifères et les aquitards, induisant ainsi une diminution de leur capacité. Les conditions d'infiltration en surface pourraient à la fin des travaux se rapprocher d'un état naturel et réalimenter les drains plus profonds existants.

Etant situé en crête et étant donné l'envergure des zones de projet, l'impact de la réduction du volume du réservoir en eau souterraine est considéré comme faible.

A noter que sur le secteur de Revanche-Boindibou, le système hydrogéologique actuel est infiltrant. La pérennité de la source principale du creek Costaud sera maintenue. Cette source n'a pas d'enjeu particulier. Elle n'est pas captée et alimente en partie les creeks Costaud puis Ouagna dont l'écoulement s'infiltra totalement dans le matériel d'engravement du creek Ouagna.

Modification de la ressource en eau – au niveau de la zone de projet	
Nature de l'impact	Tarissemement de la ressource en eau au niveau des sources / Augmentation de la sensibilité à la pollution des aquifères
Quantification de l'impact	<i>L'impact est direct, permanent et faible</i>
Localisation de l'impact	Chantier et zones aval

4.1.1.3. Modification de la ressource en eau – nappes alluviales périphériques

La nappe alluviale périphérique principale est associée au bassin versant de la Dothio. Le plan de gestion des eaux prévoit une modification des bassins versants miniers, situés en amont du massif et de ces principaux cours d'eau.

A l'échelle des bassins versants du massif, le projet n'entraîne pas de variation de surface significative. De ce fait, la recharge des nappes associées à ces cours d'eau ne sera pas impactée.

Modification de la ressource en eau – nappes alluviales périphériques	
Nature de l'impact	Tarissement de la ressource en eau au niveau des nappes alluviales périphériques
Quantification de l'impact	L'impact est direct, temporaire (durée de l'exploitation) et négligeable à l'échelle des bassins versants concernés (zone d'emprise)
Localisation de l'impact	Bassin versant de la Dothio

4.1.2 - Impacts sur le milieu aquatique terrestre

Les impacts potentiels négatifs d'une activité d'exploitation en général peuvent être principalement provoqués en cas d'augmentation de la sédimentation dans les cours d'eau dû au ruissellement.

Ces impacts sont de plusieurs ordres :

- Modification du régime hydrologique des cours d'eau ;
- Transport et dépôts de fines latéritiques sur le substrat ;
- Modification des paramètres physico-chimiques de l'eau ;
- Modification des populations de macro-invertébrés benthiques ;
- Modification des populations ichthyologiques.

Les écosystèmes aquatiques terrestres sont particulièrement sensibles aux perturbations du milieu, que ce soit celles affectant directement la qualité de l'eau et celles affectant l'érosion des berges, la ripisylve.

En fonction de l'état initial des cours d'eau réalisé grâce à l'indice biosédimentaire et de la connaissance du projet minier, les impacts potentiels sur chacun de ces cours d'eau peuvent être évalués.

La mine de Dothio a subi une activité minière intense dans les années 60, non régie par les codes environnementaux suivi à l'heure actuelle. Les creeks environnants présentent les stigmates des activités passées : engravement avancé des creeks.

Les analyses réalisées au niveau des stations du creek Costaud et du creek Ouagna présentent des déséquilibres au sein des communautés benthiques. Ces déséquilibres témoignent d'une altération de la qualité écologique de ce type de masses d'eau, en rapport à l'état de référence.

Le projet de réaménagement prévoit une stabilisation des pentes, ainsi qu'une limitation de l'érosion, via notamment le plan de végétalisation. Ces aménagements permettront une baisse du nombre de matières en suspension dans les creeks, et de ce fait, une amélioration de leur état écologique.

Impact sur le milieu aquatique terrestre	
Nature de l'impact	Détérioration du milieu aquatique terrestre
Quantification de l'impact	L'impact est direct, temporaire et considéré comme faible
Localisation de l'impact	Péphérie des zones de chantier

4.2 - IMPACTS SPECIFIQUES AUX ACTIVITES DE CHANTIER - POLLUTION AUX HYDROCARBURES DES EAUX ET DES SOLS

4.2.1 - Stockage de carburant

Le risque de dégradation de la qualité des eaux de surface est principalement lié au risque de déversement accidentel d'hydrocarbures (engins).

La probabilité d'occurrence de ce risque apparaît néanmoins très faible et limitée à la capacité des réservoirs et des carters. Par ailleurs, il faut rappeler que ces hydrocarbures sont très peu solubles et restent majoritairement fixés avec les agrégats du sol en surface, laissant suffisamment de temps pour intervenir (kit de dépollution, décaissement des terres polluées sur 30 cm d'épaisseur et sur une surface de 5 à 10 m²).

La distribution et le stockage d'hydrocarbures est réalisée au droit de l'aire étanche. Rappelons que les fûts d'huiles sont stockés dans les locaux techniques au sein d'aires étanches d'une capacité de rétention égale au volume stocké.

Stockage de carburant	
Nature de l'impact	Pollution aux hydrocarbures des sols et des eaux
Quantification de l'impact	L'impact est direct, temporaire et faible
Localisation de l'impact	Atelier, chantier et zones aval

4.2.2 - Entretien du parc engins

Une source de pollution des eaux et du sol est liée aux opérations d'entretien et de maintenance des engins du chantier. Les produits utilisés présentent fréquemment un risque pour l'environnement : gasoil, graisse et hydrocarbures divers.

Les déversements accidentels, les égouttures, les contenants souillés et/ou détériorés, le stockage des produits sur le cheminement des eaux pluviales sont autant d'éléments qui peuvent induire une pollution de l'eau superficielle et/ou souterraine et du sol.

Une mauvaise qualité du parc des engins affecté aux opérations de chantier peut également avoir un impact sur les sols et sur la qualité de l'eau.

Les opérations de maintenance du parc engins sont régulières et les engins miniers sont tous équipés de spill-kit. Ces dispositifs permettent de limiter l'occurrence de cette pollution.

Entretien du parc engins	
Nature de l'impact	Pollution aux hydrocarbures des sols et des eaux
Quantification de l'impact	L'impact est direct, temporaire et faible
Localisation de l'impact	Atelier, chantiers et zones aval

4.2.3 - Roulage – Traversée de creek

Le roulage du minerai trié depuis le site de Dothio jusqu'au bord de mer, traverse une rivière majeure de la région :

- Au pied de massif de Dothio : le radier de la Dothio.

La traversée du radier au niveau de la Dothio, occasionne un contact direct des engins avec le lit du cours d'eau. Bien que des ouvrages hydrauliques soient mis en place le long de la piste de roulage, l'impact en cas de pollution reste important. Néanmoins, les opérations de roulage se limitent à 1 à 2 mois par an, et se font par temps sec.

Roulage – Traversée de la Thio	
Nature de l'impact	Pollution aux hydrocarbures des sols et des eaux
Quantification de l'impact	L'impact est direct, temporaire et négligeable
Localisation de l'impact	Piste de roulage et zones aval

Roulage – Traversée de la Dothio	
Nature de l'impact	Pollution aux hydrocarbures des sols et des eaux
Quantification de l'impact	L'impact est direct, temporaire et modéré
Localisation de l'impact	Piste d'accès et zones aval

5 - MESURES PRISES EN VUE DE LIMITER L'IMPACT DE L'ACTIVITE MINIERE SUR LE CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Les dispositifs préventifs et réducteurs concernent la gestion des eaux pluviales sur les sites en activités.

Ces mesures visent à limiter l'impact de l'activité minière sur l'environnement naturel en suivant les recommandations de la charte des bonnes pratiques minières pour les pratiques d'exploitation et l'organisation des chantiers.

5.1 - MESURES REDUCTRICES OU COMPENSATOIRES

5.1.1 - Gestion des eaux usées

Objectif :

Limiter les sources de pollution organique.

Moyens : Les installations sanitaires projetées sont des dispositifs autonomes sans rejet dans l'environnement.

5.1.2 - Prévention des pollutions liées aux hydrocarbures

Objectifs :

Limiter les sources de pollution aux hydrocarbures et l'impact induit sur le sol et l'eau de surface.

Action 1 : Entretien du parc engins.

L'ensemble des entretiens lourds (changement de pièce mécanique, vidange, etc.) des engins et des véhicules VL sera réalisé au niveau de l'atelier dédié à ce type d'opérations. Il n'y aura pas de stockage de produits à caractère polluant sur site.

Seules les opérations quotidiennes de graissage et de ravitaillement en carburant seront réalisées sur site par un camion station adapté pour ces opérations.

L'entretien du groupe électrogène continuera d'être réalisé par la société spécialisée qui en est chargé actuellement. Les déchets liés à l'entretien seront également pris en charge par cette société.

Action 2 : Matériel d'intervention.

Un stock de sable, une pelle et des matériaux absorbants spécifiques pour contenir toute pollution du sol et de l'eau liées aux déversements d'hydrocarbures seront mis à disposition des équipes intervenantes :

- au niveau des cuves de l'atelier,
- à proximité du groupe électrogène.

Action 3 : Procédure d'intervention.

Pour prévenir et palier aux conséquences d'un déversement accidentel d'hydrocarbures vers le milieu naturel, les dispositions suivantes sont prises :

- formation du personnel et sensibilisation aux procédures d'intervention en cas d'incident ou d'accident,
- limiteur de remplissage et absence du système de maintien en position ouverte du pistolet de distribution sur le camion station,
- pour pallier à un accident exceptionnel que les mesures précédentes ne pourraient contenir, un plan d'urgence adapté sera déployé pour contenir le volume d'hydrocarbure déversé dans le milieu naturel. Il concerne :
 - o l'excavation des terrains pollués si le volume est supérieur à 10 m³,
 - o les hydrocarbures récupérés seront évacués vers une filière adaptée (société spécialisée) et les sols pollués seront traités suivant la technique la mieux adaptée,
- le suivi de la qualité de l'eau en aval du site et l'information du public et des autorités compétentes.

Action 4 : Suivi de l'atelier

Sur le site minier est présent un atelier principal mine. Une analyse annuelle des rejets en hydrocarbures sera réalisée sur ce site.

5.2 - **MESURES DE SUIVI**

5.2.1 - **Suivi du plan de gestion des eaux**

Le suivi du plan de gestion des eaux sera réalisé régulièrement pour garantir l'efficacité des actions engagées. Notamment, des inspections des différents ouvrages, notamment des décanteurs, seront effectuées suite aux épisodes pluvieux majeurs (supérieur à 50 mm en 24 heures). Le suivi sera effectué durant toute la période d'exploitation. Un registre de gestion des eaux sera tenu à jour et intégrera l'ensemble des données relatives à la gestion des eaux : plans, notes de dimensionnement, suivi des ouvrages, etc.

Le suivi du plan de gestion des eaux comprend la surveillance de détail des ouvrages de gestion des eaux (niveau de remplissage, stabilité aux écoulements, identification de malfaçon, etc.) ainsi qu'une intégration des modifications éventuelles au plan global de gestion des eaux.

Des systèmes de lecture directe de la sédimentation (repères de niveau) seront installés sur les bassins de sédimentation sensibles pour contrôler le niveau de remplissage.

Un système de vidange volontaire mobile sera également présent sur site. Ce dernier pourra être déplacé en fonction des besoins.

5.2.2 - **Suivi de la qualité des eaux**

Sur les zones de chantier

Un suivi des effluents de l'atelier sera également effectué avec des analyses annuelles.

Sur les cours d'eau concernés par l'exploitation

Dans le cadre du suivi de la qualité du milieu aquatique terrestre au niveau des principaux cours d'eau concernés par l'exploitation du site de Dothio, un réseau de 2 stations de suivi est déjà mis en place afin de mesurer les impacts en aval. Il concerne les cours d'eau suivants (Figure 16) :

- Dothio Sud qui correspond au creek Costaud
- Ouagna

Des mesures IBS et IBNC sont déjà réalisées annuellement et des mesures physico-chimiques seront réalisées semestriellement sur les creeks pérennes.

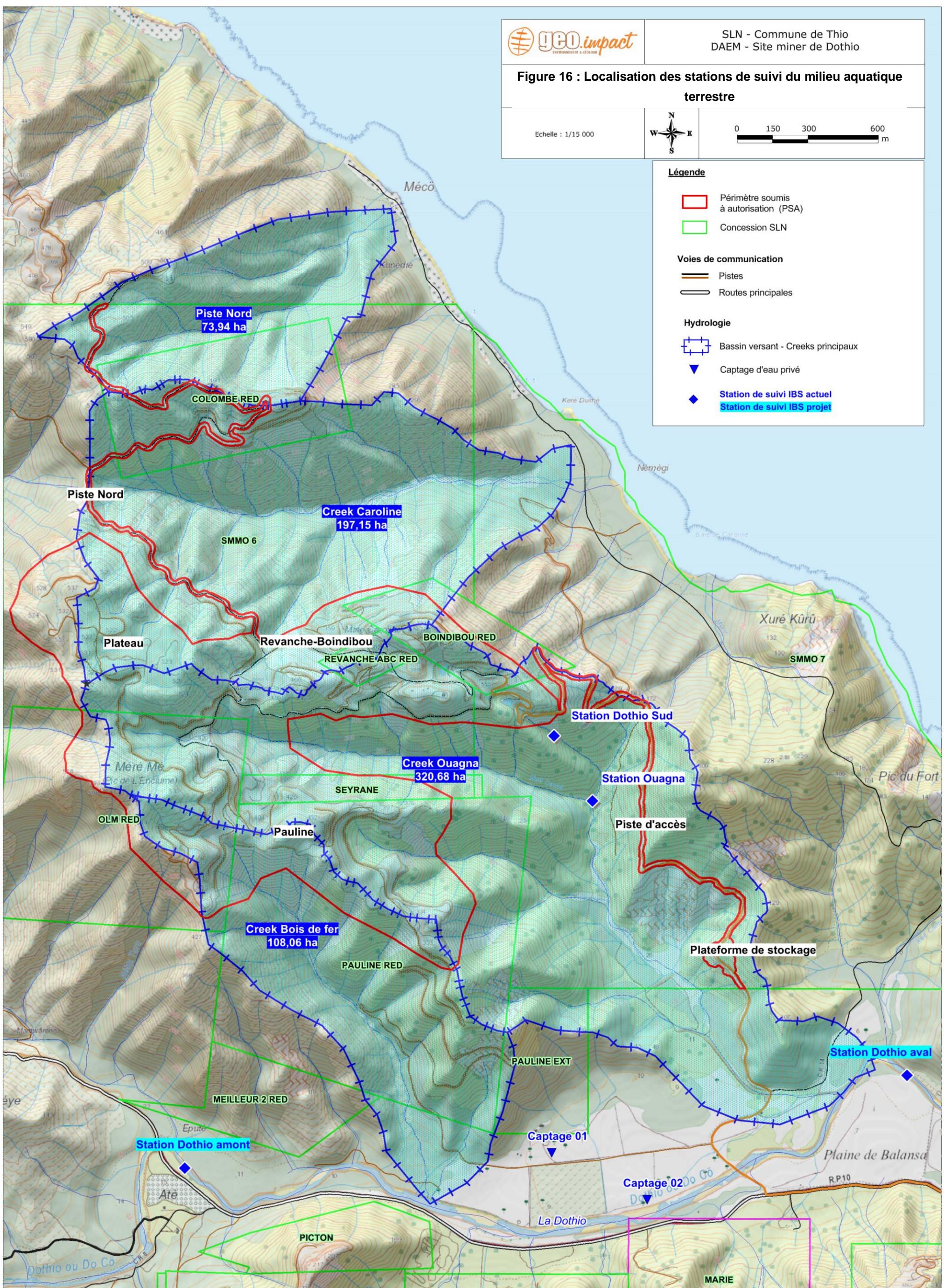
L'extension de l'exploitation sur le secteur de Pauline, induit l'ajout des deux stations suivantes localisées en Figure 16:

- Dothio amont (X : 415 777, Y : 290 155) : en amont du creek Bois de fer,
- Dothio aval (X : 418 848, Y : 290 550) en aval du creek Ouagna.

5.2.3 - Suivi hydrogéologique

Une étude complémentaire du contexte hydrogéologique à l'échelle globale du massif de Dothio sera réalisée et comprendra :

- Des relevés géologiques environnementaux,
- Un diagnostic karstologique, fonctionnement hydrogéologique,
- Une cartographie des creeks principaux
- un inventaire des sources sur le pourtour de l'exploitation et la détermination du faciès hydrochimique des eaux dans les cours d'eau en contrebas.



6 - AUTORISATION DE PRELEVEMENT ET D'OCCUPATION DU DOMAINE PUBLIC FLUVIAL

L'arrêté n°927-2018/ARR/DDR de la Province sud autorise le captage d'une partie des eaux de la rivière Dothio (au niveau du radier) par la SLN pour les besoins de l'exploitation du site minier de Dothio (Annexe 3).

7 - ANNEXES

Annexe 1

Méthodologie de dimensionnement hydraulique et fiches des ouvrages type de gestion des eaux

Rappel des objectifs de dimensionnement retenus

Le dimensionnement des ouvrages s'appuie sur les dernières recommandations de la charte des bonnes pratiques minières. Les conduites d'eau sont dimensionnées pour évacuer un débit de récurrence centennale.

Calcul des débits

- **Station météo de référence**

Le dimensionnement des ouvrages repose sur les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF), données météorologiques disponibles auprès de Météo France qui indiquent les hauteurs de précipitations en fonction de la durée de l'épisode pluvieux pour différentes périodes de retour.

Pour cette étude, les calculs se basent sur les données *Explor Cart'Eau* de [Georep.nc](#) estimées sur le secteur d'étude pour le dimensionnement des conduites d'eau (crue de récurrence centennale).

- **Méthode de calcul des débits**

 - Débits de pointe des bassins versants

Les débits des bassins versants sont calculés grâce à la méthode rationnelle qui est classiquement appliquée au dimensionnement des ouvrages en domaine minier.

La formule de base de la méthode rationnelle pour calculer le débit de la crue centennale Q_{100} d'un bassin versant est :

$$Q_{100} = C I_{100} A / 3,6 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

C : coefficient de ruissellement (sans dimension) ici fixé à 0.8,

I_{100} : Intensité horaire de la pluie relative à la crue centennale sur le site de Dothio (174.4 mm/h)

A : Surface du bassin versant (km^2)

 - Débits nominaux des ouvrages

Le calcul des débits nominaux des ouvrages pour les tranchées drainantes ou pistes drainantes est donné par la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K R^{2/3} S I^{1/2} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

K : coefficient de rugosité des parois de l'ouvrage, sans dimension (par défaut $K = 30$ – pour les buses $K = 65$)

R : rayon hydraulique (m) = section mouillée (m^2) / périmètre mouillé (m)

S : section mouillée (m)

I : pente (m/m)

➤ Débits des déversoirs

Le calcul des débits nominaux des déversoirs est donné par la formule des seuils épais :

$$Q = 0.4 \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot H^{3/2} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

L : Largeur du déversoir (m)

g : Accélération de la pesanteur (m}^2\text{/s)

H : Hauteur d'eau sur le déversoir (m)

• Revanche

Une revanche est systématiquement ajoutée aux différents ouvrages afin d'augmenter la section d'écoulement par rapport aux valeurs calculées pour atteindre les objectifs retenus. Elle est variable et propre à chaque ouvrage.

Hauteur des revanches pour les différents ouvrages

Ouvrages	Hauteur de revanche (m)
Déversoir	0,2
Fossé	0,2
Cassis	0,2

• Paramètres de dimensionnement

Le tableau ci-dessous résume les valeurs retenues pour les différents paramètres pour les calculs de dimensionnement.

Paramètres du dimensionnement

Nom	Unité	Valeur	Remarque
Coefficient de ruissellement (C)	-	0.8	Valeur minimale recommandée par la Charte des bonnes pratiques minière et issue du retour d'expérience Hydromine à Poro.
I ₁₀₀	mm/h	174.4	Selon les données IDF de Georep.nc
Coefficient de rugosité (K)	-	30	-

Annexe 2

Fiches techniques des ouvrages type

Objectifs

- Permettre aux écoulements de franchir une piste sur une section aménagée tout en restant franchissable par les véhicules

Règles de construction

- Le dévers longitudinal est orienté vers le ravin,
- La section d'écoulement peut être obtenue de différentes façons :
 - Par profilage en déblais au centre de l'ouvrage et remblai en bordure pour créer les rampes, cette opération n'entraîne ni apport, ni évacuation de matériaux,
 - Par décaissement de la bande de roulement au niveau du centre de l'ouvrage, cette opération génère des déblais à évacuer,
 - Par recharge en bordure de l'ouvrage au niveau des rampes, cette opération nécessite un apport de matériaux.
- L'ouvrage doit être profilé de manière à centrer les écoulements au milieu de l'ouvrage,
- La sortie d'eau du cassis est enrochée sur 3 m de long en aval de la sortie du cassis, sur une largeur égale à la largeur en tête du cassis et sur 1m d'épaisseur avec des matériaux de granulométrie 200/500 mm qui repose sur une clé d'ancrage 500/1000 mm.
- Pour faciliter l'entrée des eaux dans le cassis, un petit merlon et/ou un petit décanteur peuvent être mis en place au niveau de l'entrée du cassis pour forcer l'entrée des eaux vers l'ouvrage.

Ouvrages types

Type	Largeur en fond (m)	Profondeur totale (m)*	Largeur en tête (m)	Volume enrochement aval (m ³)
a	1	0.40	3.50	10.50
b	2	0.50	5.00	15.00
c	3	0.50	6.00	18.00
d	4	0.60	7.50	22.50
e	5	0.70	9.50	28.50
f	5	0.90	10.50	31.50

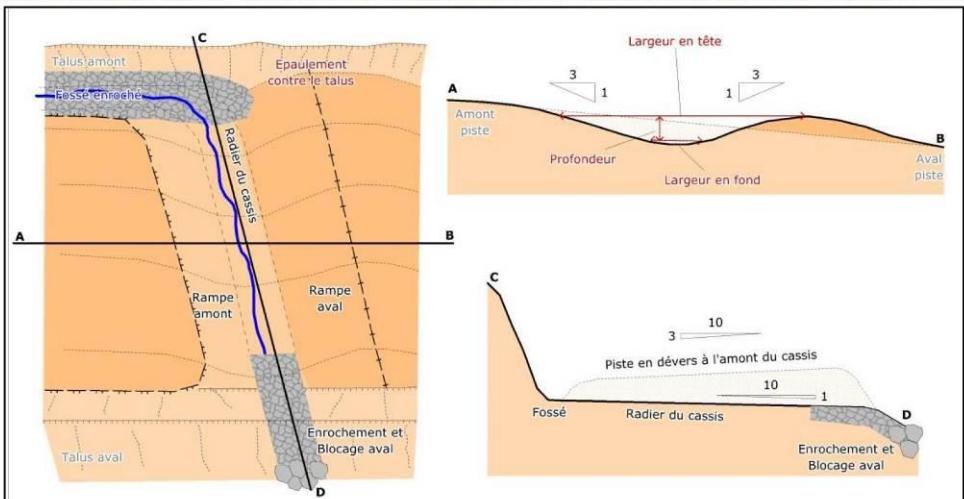
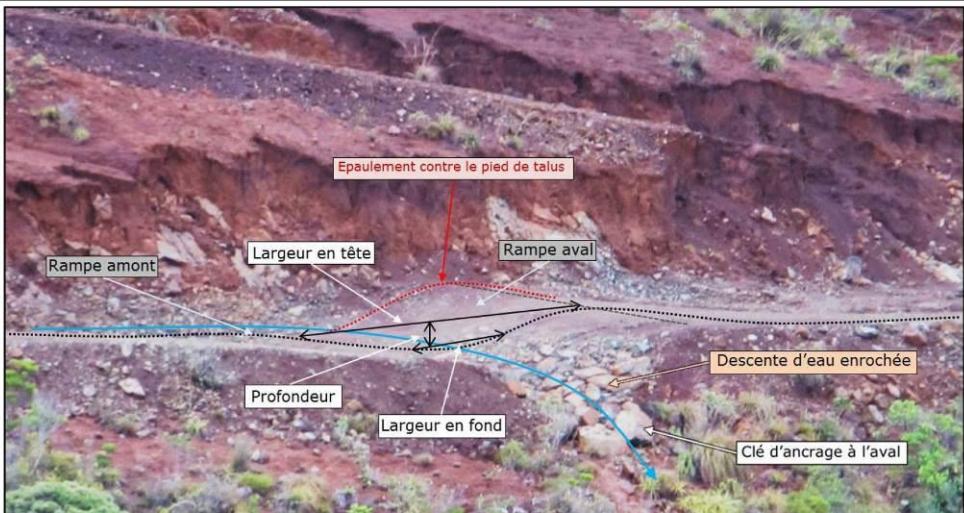
Dimensionnement et caractéristiques générales

Nom	Unité	Valeur
Dimensionnement	-	Q100
Pente longitudinale (de l'entrée vers la sortie)	-	1v/10h
Pentes transversales (rampes d'accès)	-	1v/3h
Longueur du cassis	m	5
Epaisseur enrochement	m	0.5
Hauteur de revanche	m	0.2
Granulométrie d'enrochement	mm	200/500

Description de l'ouvrage

L'ouvrage forme une dépression trapézoïdale en travers de la bande de roulement et assez large pour être franchissable en véhicule. Les bords amont et aval présentent donc des rampes d'accès. Le bord aval de l'ouvrage peut être rehaussé d'un dos d'âne pour accentuer la canalisation des écoulements. La sortie de l'ouvrage est aménagée par une descente d'eau enrochée.

Schéma de principe et exemple d'ouvrage réalisé



Objectifs

- Ecrêter les débits de pointe des événements pluvieux majeurs,
- Décanter et retenir une partie de la charge sédimentaire transportée par les eaux de ruissellement.

Description de l'ouvrage

Un bassin de rétention (ou décanteur) peut être créé par deux types d'aménagements pouvant être associés selon les conditions rencontrées sur le terrain et notamment la nature du substratum :

- **Bassin creusé** : idéalement réalisé par creusement si le substratum le permet. En parallèle, une digue peut être mise en place autour du bassin afin de guider les eaux vers celui-ci et former le déversoir
- **Digue en matériaux compactés** : permet d'atteindre l'objectif de la capacité de retenue tout en limitant ou en évitant le creusement. Elle est constituée de matériaux compactés issus du creusement d'autres ouvrages, si leur qualité le permet.

Pour améliorer l'étanchéité de ces ouvrages, des latérites fines (0/10 mm) peuvent être mises en places et compactées sur la zone qui sera mise en eau.

Règles de construction

Bassin creusé :

- Réalisées par simple creusement, les pentes des berges sont fixées à 1v/1h.
- Après creusement, des latérites fines (0/10 mm) peuvent être régaleées en fond de bassin pour limiter les phénomènes d'infiltration (compactage par couches de 0,25m sur une épaisseur totale de 0.5 m).
- Un déversoir est profilé aux bonnes dimensions puis sur-creusé sur 0.5 à 1 m d'épaisseur pour recevoir l'enrochement. Un géotextile (ancré aux extrémités) est drapé sur le décaissement. Une fois l'enrochement disposé en quinconce, le déversoir doit avoir une forme trapézoïdale, dimensionnée selon les ouvrages types et axée dans la direction d'écoulement que l'on souhaite imposer à l'aval.

Digue :

Assise de la digue :

Avant l'édification de la digue, l'assise est décaissée au centre pour former une clé d'ancrage, les éventuelles zones d'infiltration ou renards sont comblés et étanchéifiés avec des latérites fines (0/10 mm). Si la digue constitue un verrou entre 2 berges, un ancrage est réalisé dans celles-ci jusqu'à 1 ou 2 mètres latéralement suivant la taille de la digue.

Corps de la digue :

Edifié en matériaux tout-venant (0/100mm) par couches de 0,25m d'épaisseur compactées. Les pentes des parements amont et aval sont fixées à 2v/3h. La largeur en tête de la digue en tête est de 3 m. La tête de la digue peut être aménagée en pentes douces (quelques %) vers le déversoir. Le déversoir doit déjà être profilé et dimensionné avant son décaissement pour recevoir l'enrochement.

Etanchéification amont :

Lorsque la digue est édifiée, une couverture en latérites fines (0/10 mm) peut être mise en place sur le parement amont de la digue pour améliorer l'étanchéité de l'ouvrage (compactage par couches de 0,25m sur une épaisseur totale de 0.5 m).

Enrochement du déversoir et de l'aval :

- Avant de mettre en place l'enrochement, un décaissement sur 0,5 à 1 m d'épaisseur est réalisé au niveau du déversoir et dans l'axe de celui-ci, sur le parement aval de la digue, puis au niveau de la fosse de dissipation en pied de digue sur 3 à 4 m de long. Un géotextile (ancré aux extrémités) est drapé sur le décaissement.

- Les blocs d'enrochement de calibre 200/500 mm à 500/1000mm seront disposés en quinconce (bien imbriqués) sur 0.5 à 1 m d'épaisseur au niveau du déversoir, du parement aval de la digue et de la fosse de dissipation

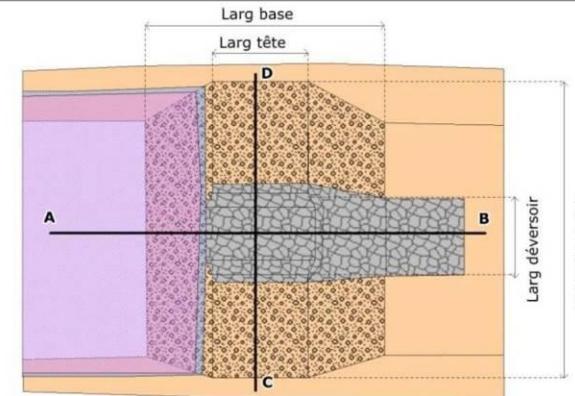
- Une fois l'enrochement placé, le déversoir doit avoir conservé sa forme trapézoïdale, dimensionnée selon les paramètres d'ouvrages types et axée dans la direction d'écoulement que l'on souhaite imposer à l'aval.

Ouvrages types

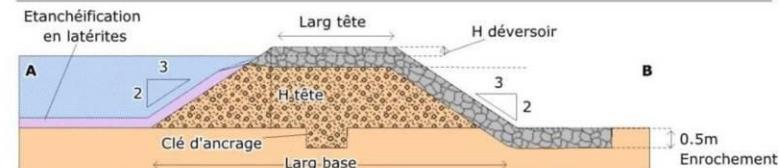
Type	Largeur déversoir (m)	Hauteur d'eau sur déversoir (m)	Longueur déversoir (m)	Profondeur totale déversoir (m)	Section avec revanche (m ²)
a	5	0,3	3	0,5	2,5
b	6	0,4	3	0,6	3,6
c	7	0,5	3	0,7	4,9
d	7	0,9	3	1,1	7,7
e	7	1,1	3	1,3	9,1
f	12	1,4	3	1,6	19,2

Type	Qnominal (m ³ /s)	Vitesse nominale (m/s)	Classe enrochement (mm)	Volume enrochement (m ³)
a	1,46	0,97	200/500	7,5
b	2,69	1,12	200/500	9
c	4,38	1,25	200/500	10,5
d	10,59	1,68	500/1000	10,5
e	14,31	1,86	500/1000	10,5
f	35,22	2,10	500/1000	18

Schéma de principe et exemple d'ouvrage réalisé



Vue en plan



Coupe AB



Coupe CD

Objectifs

- Conduire les eaux le long des pistes ou sur des zones de chantier vers des ouvrages aménagés en vue de leur évacuation du site,
- Mettre hors d'eau certaines zones identifiées comme sensibles à l'érosion.

Règles de construction

- Creusement de la tranchée en déblais selon une forme trapézoïdale aux dimensions préconisées,
- Sur terrain latéritique, le fond et les rebords du fossé sont enrochés avec des matériaux de granulométrie 200/500 mm sur une épaisseur de 0.5 m.
- Sur substratum rocheux, cet enrochement n'est pas nécessaire.

Ouvrages types

Type	Profondeur de la tranchée (m)	Largeur en fond (m)	Largeur en tête (m)
a	0.5	0.5	1
b	1	0.5	1.5
c	1	1	2
d	1	1.5	2.5
e	1.5	2	3.5
f	2	3	5

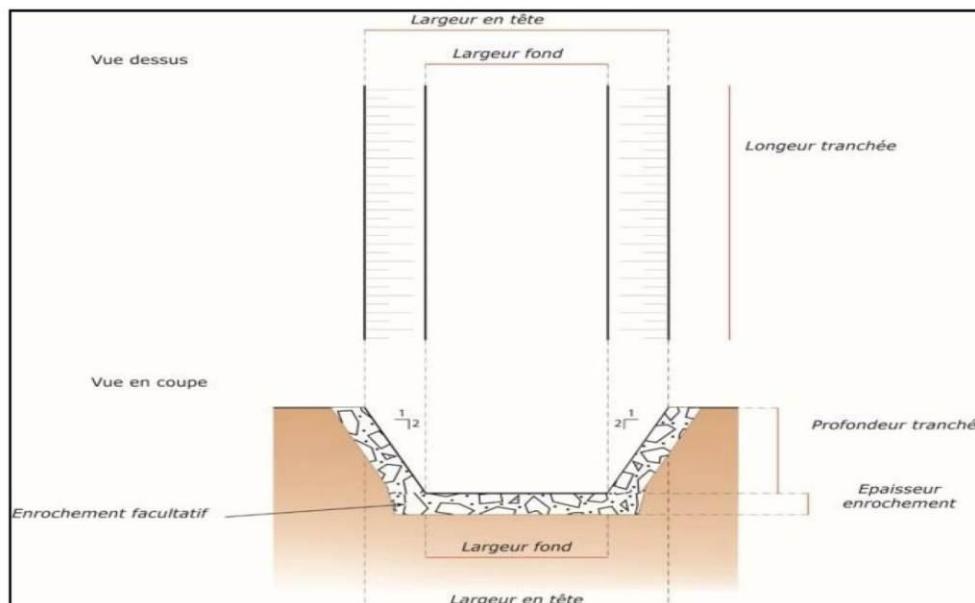
Description de l'ouvrage

- L'ouvrage est une tranchée de forme trapézoïdale creusée directement dans le substratum.
- Le fond et les parois de la tranchée peuvent être enrochés ou non selon la sensibilité du terrain à l'érosion. Un décaissement supplémentaire est réalisé pour la mise en place de l'enrochement, afin de ne pas réduire les dimensions de la tranchée,
- Situations particulières : en cas de zones d'infiltration observées (renards), un colmatage sera effectué avec des matériaux tout-venant à granulométrie fine dominante puis recouverts par une carapace de protection en matériaux plus grossiers.

Dimensionnement et caractéristiques générales

Nom	Valeur
Dimensionnement	Q100
Angle rebord	2v/1h (200% ou 63°)
Epaisseur enrochement	0.5 m
Hauteur de revanche	0.2 m
Granulométrie d'enrochement	200/500 mm

Schéma de principe et exemple d'ouvrage réalisé



Annexe 3
Arrêté Province Sud d'autorisation de prélèvement d'eau

Transmis sur CD joint.