Société Minière Yaou-Dorlin

Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante
(séparation gravitaire d'or primaire)
et pour la mise en place
d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère
(« UMTMA »)

au titre des ICPE (Code de l'Environnement - Art. L. 512-2)

TOME 3BIS : RAPPORT DE BASE PREVU PAR LA DIRECTIVE IED

Mine d'or de Yaou

Commune de Maripasoula - Guyane Française (973)

Rapport n° R 14071105 – T3bis – V3

Janvier 2017

GéoPlusEnvironnement

La gestion de l'environnement, la reconnaissance du sous-sol et l'application de la réglementation au service de votre projet.

SARL au capital de 120 000 euros - RCS : Toulouse 435 114 129 - Code NAF: 7112B

Siège social et Agence Sud	Le Château	31 290 GARDOUCH	Tél : 05 34 66 43 42 / Fax : 05 61 81 62 80
Agence Sud-Est	Les Sables Nord 1175 route de Margès	26 380 PEYRINS	Tél : 04 75 72 80 00 / Fax : 04 75 72 80 05
Agence Centre et Nord	2 rue Joseph Leber	45 530 VITRY AUX LOGES	Tél : 02 38 59 37 19 / Fax : 02 38 59 38 14
Agence Ouest	5 rue de la Rôme	49 123 CHAMPTOCE SUR LOIRE	Tél : 02 41 34 35 82 / Fax : 02 41 34 37 95
Antenne Est	7 rue du Breuil	88 200 REMIREMONT	Tél : 03 29 22 12 68 / Fax : 09 70 06 74 23
Antenne PACA	St Anne	84 190 GIGONDAS	Tél : 06 88 16 76 78 / Fax : 05 61 81 62 80

Site Internet : www. geoplusenvironnement.com

Préambule

La Société **Société Minière Yaou Dorlin (SMYD), filiale à 100% d'AUPLATA SA** exploite, depuis plusieurs années, **une mine d'or au lieu-dit Yaou, sur le territoire de la commune de Maripasoula en Guyane Française (973)**. Cette exploitation fait aujourd'hui l'objet d'un permis d'exploitation (PEX) obtenu le 29 octobre 2009 et valide jusqu'en 2014. Une demande de renouvellement du permis d'exploitation à été déposée le 18 septembre 2014 et enregistrée par les Services de l'Etat le 24 septembre 2014.

SMYD dispose sur ce site depuis plusieurs années d'équipements et installations minières industrielles comprenant : une zone d'extraction du minerai d'or primaire, une installation de broyage et de concentration gravimétrique et des ateliers de maintenance pour les équipements.
Pourtant, le site de Yaou est à l'arrêt notamment depuis les attaques de 2013 et dans d'un projet d'exploitation permettant de redynamiser le site et pérenniser l'activité.

AUPLATA, maison mère de SMYD a investi des sommes importantes et conduit plusieurs études technico-économiques visant à revoir son plan de développement stratégique et à améliorer ses résultats d'exploitation.

Lesdites études ont démontré que le **taux de récupération de l'or par des procédés gravimétriques** n'est que de 25 à 30 % avec un tel procédé. Ainsi, près de 75% de l'or contenu dans le minerai se retrouvent aujourd'hui stockés dans les bassins de rejets du site de Yaou. Un axe important d'amélioration des résultats d'exploitation serait donc d'augmenter le taux de récupération de l'or.

AUPLATA a donc mené une réflexion sur la **mise en œuvre de procédés chimiques de lixiviation** pour permettre un retraitement de ces bassins de rejets et, à terme, une mise en place d'un tel procédé en complément de l'usine de séparation gravitaire.

AUPLATA a orienté sa réflexion vers l'utilisation d'une unité de lixiviation utilisant du **cyanure**. Le cyanure de sodium possède la propriété de dissoudre l'or contenu dans les minerais aurifères. Dans la grande majorité des gisements d'or du monde, le procédé de cyanuration est celui qui assure le meilleur taux de récupération du métal précieux.

SMYD désire mettre en œuvre, sur son site de Yaou, une usine modulaire permettant de traiter, par le procédé de cyanuration, le minerai d'or primaire et les rejets gravitaires d'exploitations aurifères antérieures et futures : il s'agit d'une **Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)**.

Une telle usine, conçue pour fonctionner 24 h par jour et 300 jours par an, permettrait d'industrialiser le procédé de traitement du minerai aurifère et augmenterait grandement la production d'or, ainsi que les retombées économiques pour le département de la Guyane.

Cette UMTMA relève de la rubrique 3250 a) des ICPE « production de métaux bruts non ferreux à partir de minerais, de concentrés ou de matières premières secondaires par procédés métallurgiques, chimiques ou électrolytiques » (*Cf. Tome 1 : Document Administratif*). Elle doit donc être considérée comme **une installation soumise à la Directive dite « IED »** (Industrial Emission Directive) et sa création est soumise à la réalisation d'un rapport de base.

Ce tome constitue le rapport de base prévu par la Directive IED dans le cadre de la création de l'UMTMA.

Sommaire

1. Cadre réglementaire et enjeux 4

2. Description du site et de son environnement 4

2.1. Situation et accès 4
2.2. Délimitation du périmètre IED 11
2.3. Présentation synthétique de l'UMTMA 11
2.4. Substances dangereuses pertinentes utilisées produites ou rejetées sur l'UMTMA 13
2.5. Sources de pollution actuelles, passées et à venir, effectives ou potentielles 16
2.6. Mesures prévues et impact résultant sur la qualité des sols et des eaux souterraines et superficielles 24

3. Etat des lieux de la qualité des sols et des eaux 27

3.1. Diagnostic préliminaire de la pollution des sols 27
3.2. Piézométrie et qualité des eaux souterraines 38
3.3. Qualité physico-chimique des eaux superficielles du site de yaou 45

4. Conclusion 48

4.1. Substances dangereuses pertinentes utilisées produites ou rejetées sur l'UMTMA 48
4.2. Sources de pollution associées à l'UMTMA 48
4.3. Préservation de la qualité des sols et des eaux 49
4.4. Etat des lieux de la qualité des sols et des eaux 49

Figures

Figure 1 : Localisation régionale et accès au site 6
Figure 2 : Localisation du site 7
Figure 3 : Zone d'implantation de l'UMTMA 9
Figure 4 : Délimitation du périmètre IED 10
Figure 5 : Cycle de l'eau des digues prévues pour les parcs à résidus décyanurés 22
Figure 6 : Sources potentielles de pollution des eaux souterraines et superficielles 23
Figure 7 : Synthèse des principales mesures d'évitement, de réduction et de suivi 26
Figure 8 : Localisation des prélèvements de sols 29
Figure 9 : Carte hydrogéologique du secteur de Yaou Central 40
Figure 10 : Carte hydrogéologique du secteur Yaou Ouest – IJK 41
Figure 11 : Stations de jaugeage, campagnes d'Antea (1998) et de GéoPlusEnvironnement (2010 et 2014) 47

1. CADRE REGLEMENTAIRE ET ENJEUX

Les installations soumises à la réglementation IED sont encadrées par les articles L.515-28 à L.515-31 et R.515-58 à R.515-84 du code de l'environnement. En particulier, les dispositions relatives à l'élaboration du rapport de base sont décrites à l'article L.515-30. Le paragraphe 3° du I de l'article R. 515-59 du code de l'environnement précise que le dossier de demande d'autorisation d'exploiter une installation IED comprend le rapport de base. Il prévoit également les modalités de remise du rapport ainsi que son contenu.

Le rapport de base est un état des lieux représentatif de l'état de pollution du sol et des eaux souterraines au droit des installations soumises à la réglementation dite IED avant leur mise en service ou, pour les installations existantes, à la date de réalisation du rapport de base.

Le rapport de base sert lors de la mise à l'arrêt de l'installation, conformément au R. 515-75 du code de l'environnement. Son objectif est de permettre la comparaison de l'état de pollution du sol et des eaux souterraines, entre l'état du site au moment de la réalisation du rapport de base et au moment de la mise à l'arrêt définitif de l'installation IED. Cette comparaison est menée même si cet arrêt ne libère pas du terrain susceptible d'être affecté à un nouvel usage.

Cette comparaison doit permettre d'établir si l'installation est à l'origine d'une pollution significative du sol et des eaux souterraines. Si tel est le cas, l'exploitant doit remettre le site dans un état au moins similaire à celui décrit dans le rapport de base, en tenant compte de la faisabilité technique des mesures envisagées.

Les enjeux pour l'élaboration du rapport de base sont de :

- Permettre une évaluation représentative de l'état des sols et des eaux souterraines ;
- Permettre la comparaison de l'état du sol et des eaux souterraines avant et après exploitation et la détermination d'éventuelles pollutions significatives en tenant compte de l'ensemble des incertitudes et des difficultés d'interprétation liées au fait que les données comparées ont été obtenues à des époques différentes. A ce titre, le rapport de base doit être suffisamment étayé, complet et pertinent sur ses modalités de réalisation.

2. DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

2.1. SITUATION ET ACCES

2.1.1. Localisation de la commune et du site

Le site faisant l'objet de la présente demande se trouve au Nord-Est de la ville de Maripasoula, en Guyane Française (*Cf. Figures 1 et 2*). La commune de Maripasoula est située à environ 240 km à l'Ouest de la ville de Cayenne. Elle englobe un territoire d'environ 18 600 km² et a pour coordonnées géographiques (Mairie) : 03°38'40'' Nord / 54°02'02'' Ouest.

Le camp établi par SMYD est situé dans la partie Nord du périmètre ICPE. Les coordonnées du bureau sur la Base vie sont les suivantes : **03°43'38'' N et 53° 57' 47'' W**.

Les travaux d'exploitation (Code Minier) et de traitement (ICPE) du minerai sont localisés autour de la base vie, dans un rayon de moins de 3 km.

L'installation de broyage et de concentration gravimétrique sera, dès l'obtention de l'Arrêté d'Autorisation d'exploiter, déplacée environ 1 km au Nord, à proximité des futures fosses d'extractions (secteur Yaou Est).

L'UMTMA sera, quant à elle, implantée à environ 900 m au Sud-Ouest de la base vie à proximité des actuels parcs à résidus (bassins 2, 3 et 4) qui seront justement retraités sur l'usine.

2.1.2. Accès

Le site de Yaou est localisé à 13 km au Nord-Est de Maripasoula. L'accès est relativement difficile et uniquement réalisable par avion ou par pirogue, avant de pouvoir emprunter une piste de 17 km (*Cf. Figure 1*) :

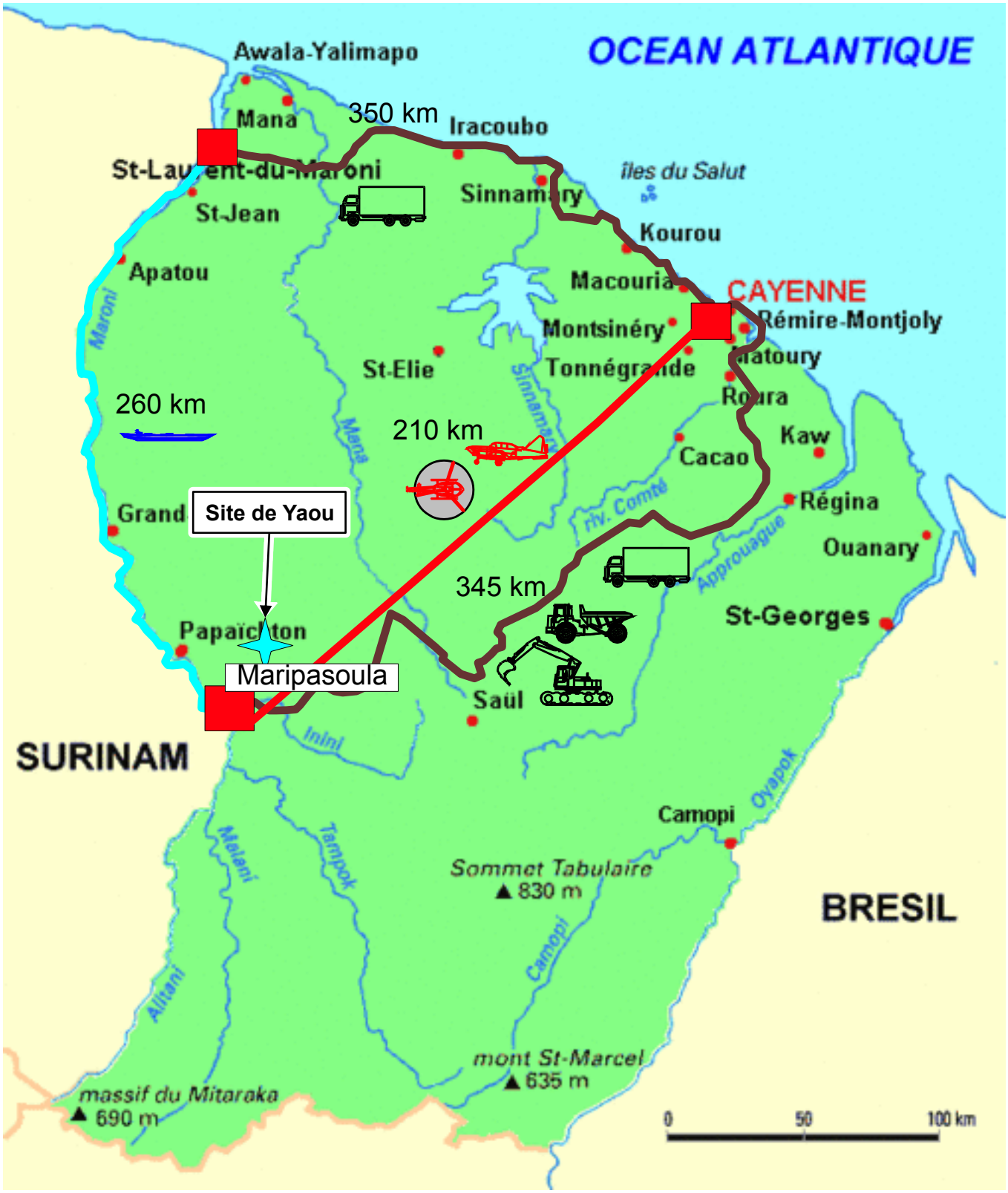
- par voie aérienne :
  - les personnes et le petit frêt sont transportés par vol quotidien de Cayenne à Maripasoula dans un petit avion de type Twin Otter. La commune de Maripasoula dispose d'une piste d'aviation de 1,5 km de longueur ;
  - les hélicoptères se posent directement sur la base vie de Yaou équipée d'une zone d'atterrissage adaptée ;
- par voie fluviale :
  - le Maroni est un fleuve officiellement non navigable. En raison des nombreux sauts et rapides, il n'est utilisable que par des pirogues en bois de 4 tonnes de charge maximum, mais qui, accouplées, peuvent néanmoins porter des charges jusqu'à 8 tonnes. Plusieurs engins de BTP et des pelles hydrauliques utilisés par les opérateurs miniers ont déjà été transportés sur le fleuve depuis Saint Laurent du Maroni jusqu'à Maripasoula. La route entre la côte et Maripasoula, bien que souvent évoquée, n'est toujours pas planifiée officiellement ;
- par voie terrestre *:*
  - une route de 17 km, utilisable par des véhicules tout-terrain, relie Maripasoula à la base vie de Yaou. Cette piste est entretenue par la société SMYD ;
  - une piste peut également être ouverte à partir de la nationale 2 pour accéder au site minier de Dorlin puis au site minier de Yaou. Il s'agit d'une piste à caractère temporaire susceptible d'être utilisée en convoi en saison sèche, mais l'expédition dure alors plusieurs semaines.

Un réseau de pistes internes permet d'accéder à l'actuelle usine de traitement gravitaire et aux différents bassins de rejets. Ce réseau desservira également l'UMTMA et les futures zones de stockage des résidus ultimes décyanurés. Il sera étendu, si besoin, pour atteindre la future usine gravimétrique.

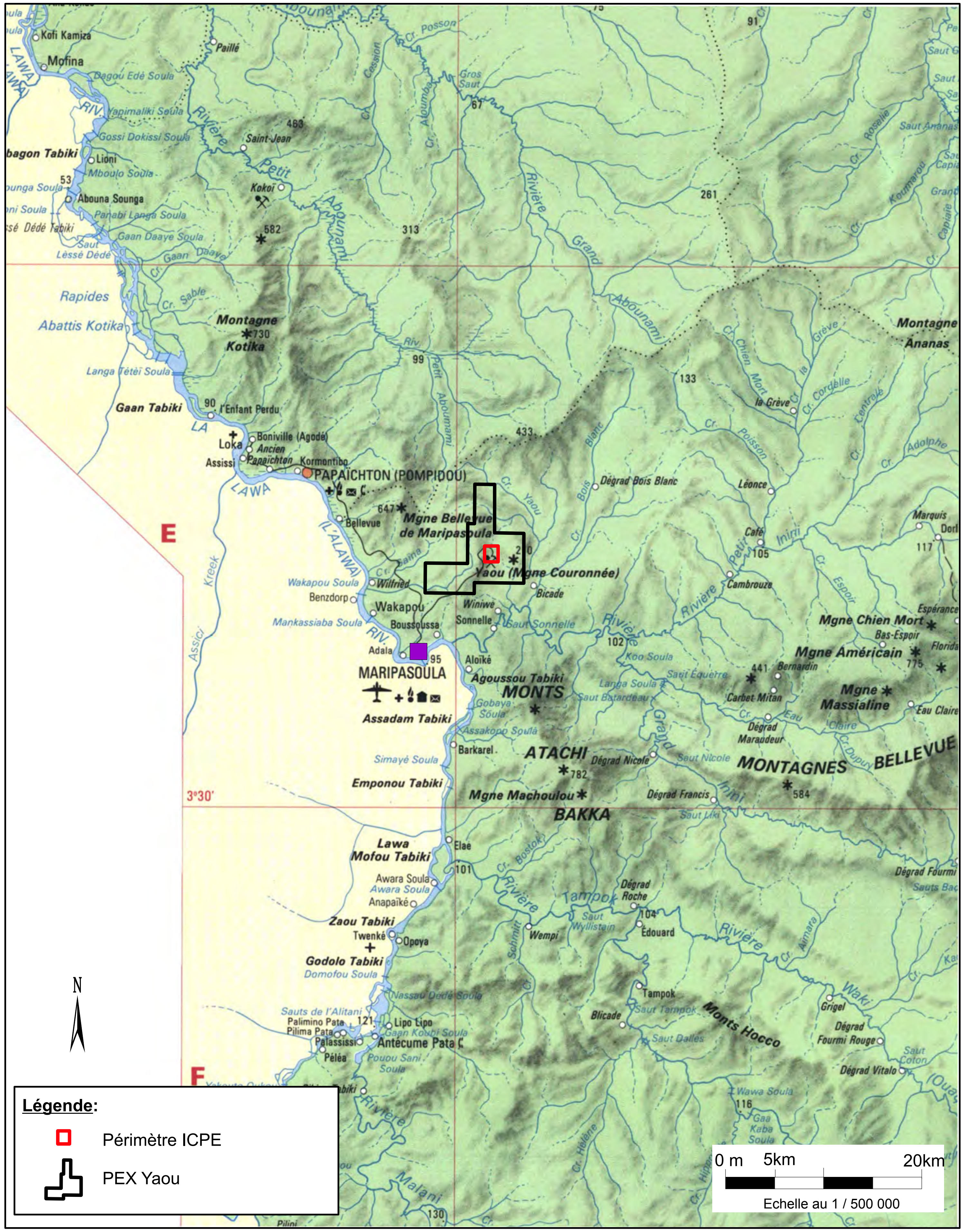
2.1.3. Parcelles concernées

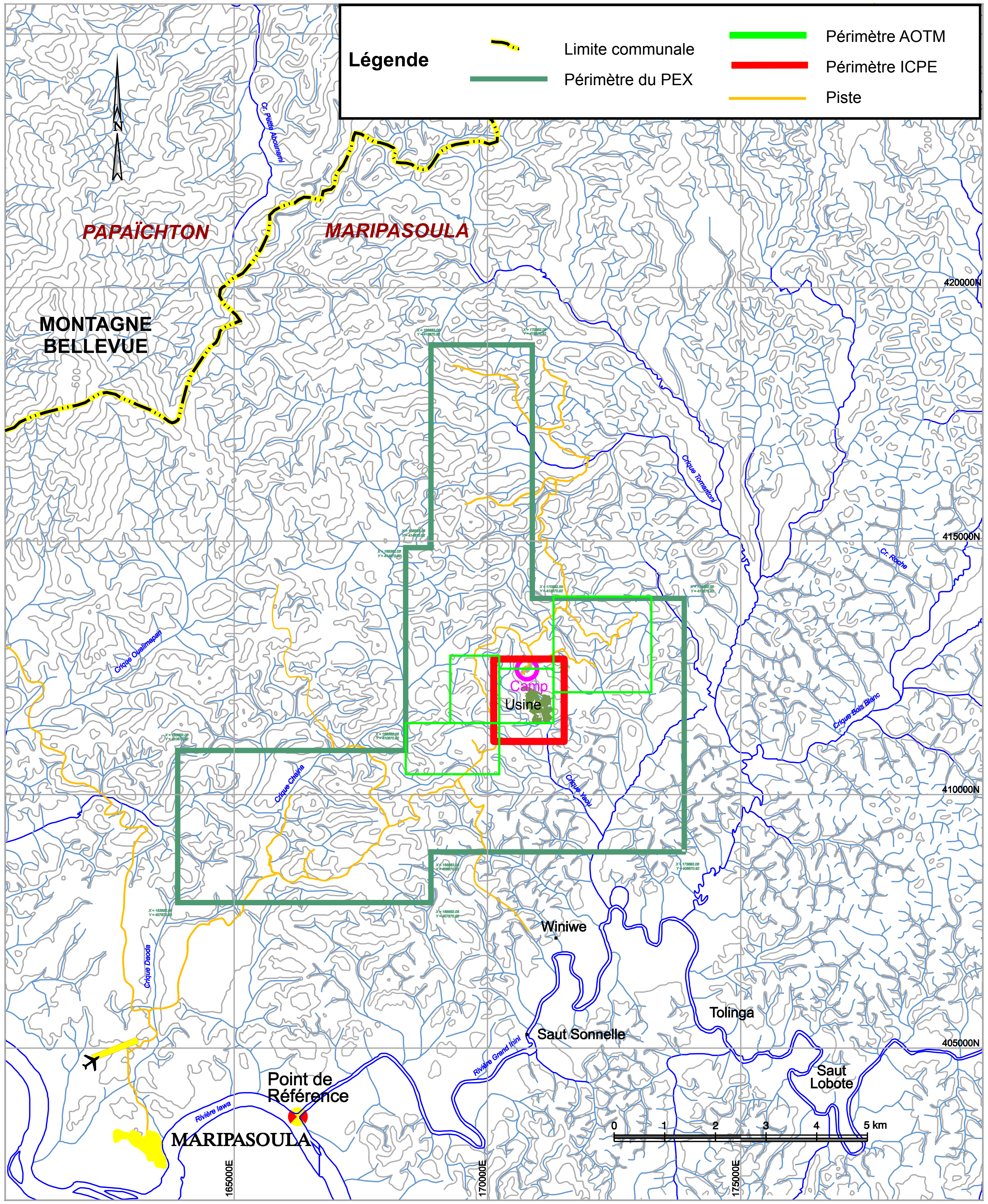
Les terrains concernés par le périmètre de cette demande ne sont pas cadastrés.

Le périmètre ICPE concerne une superficie d'environ **235 ha 81 a** ou **2,35 km²**.



GéoPlusEnvironnement	SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973) *Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)* **Rapport de base prévu par la Directive IED**	Figure 1
	Localisation régionale et accès au site *Sources : www.Guyane-guide.com / SMYD*	





SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)

Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)

Rapport de base prévu par la Directive IED

GéoPlusEnvironnement

Localisation du site

Sources : GéoPlusEnvironnement / SMYD

Figure 2

2.1.4. Nature de l'activité

L'activité présente sur le site, jusque fin 2013, comportait deux composantes principales :

- une composante liée à l'extraction des minerais, rattachée au Code Minier : zone d'extraction, verses à stériles, pistes, stockage des sous-produits de minerai et circuit de l'eau pour partie ;
- une composante liée au traitement mécanique des minerais, rattachée à la réglementation ICPE (Code de l'Environnement) : usine de traitement gravitaire, bassins de rejets, circuit de l'eau pour partie et carrière d'emprunt (fournissant les matériaux nécessaires à l'aménagement de merlons, digues, etc...).

Le traitement des minerais est actuellement basé sur une **chaîne dite de séparation gravimétrique**, suivie d'une étape d'affinage (fusion de l'or). Cette étape gravimétrique ne permet la récupération que d'environ 25 à 30 % de l'or libre.

Ce **procédé gravimétrique** sera complété par l'implantation d'une **Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère** (**UMTMA**). Cette nouvelle unité permettra un retraitement des actuels bassins de rejets gravitaires (minerai secondaire) puis le traitement du minerai primaire faiblement concentré (teneur en or < 3g/t) extraits des fosses avec un taux de récupération de l'or de plus de 95 % et répondra ainsi à un objectif **d'optimisation de la ressource minérale guyanaise**.

Les nouvelles activités exercées seront donc les suivantes :

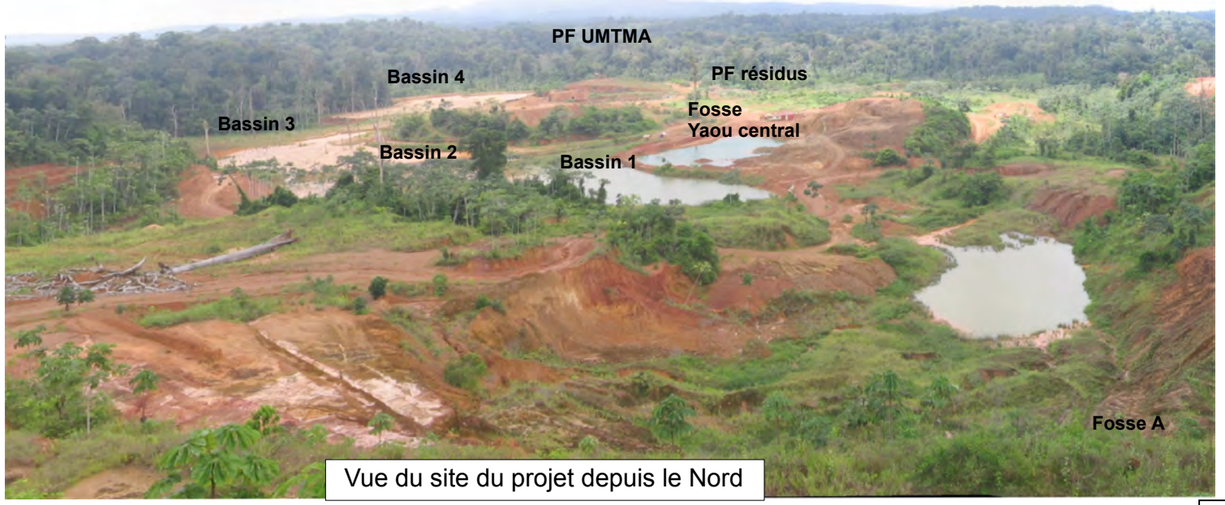
- extraction des rejets gravitaires des bassins de stockage, rattachée au Code Minier et objet d'un dossier de demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers déposé en parallèle du présent dossier ;
- **traitement des rejets par cyanuration dans l'UMTMA**, rattaché au Code de l'Environnement et objet du présent dossier ;
- extraction sélective du minerai faiblement concentré (<3g/t) sur les fosses, rattachée au Code Minier et objet de la seconde demande ;
- **stockage temporaire du minerai faiblement concentré puis traitement par cyanuration dans l'UMTMA**, rattachés au Code de l'Environnement et objet du présent dossier ;
- **entreposage des résidus ultimes** (résidus de l'UMTMA préalablement « décyanurés ») **dans des nouveaux parcs à résidus dédiés**, rattaché au Code de l'Environnement et objet du présent dossier.

2.1.5. Exigences techniques en matière d'utilisation du sol

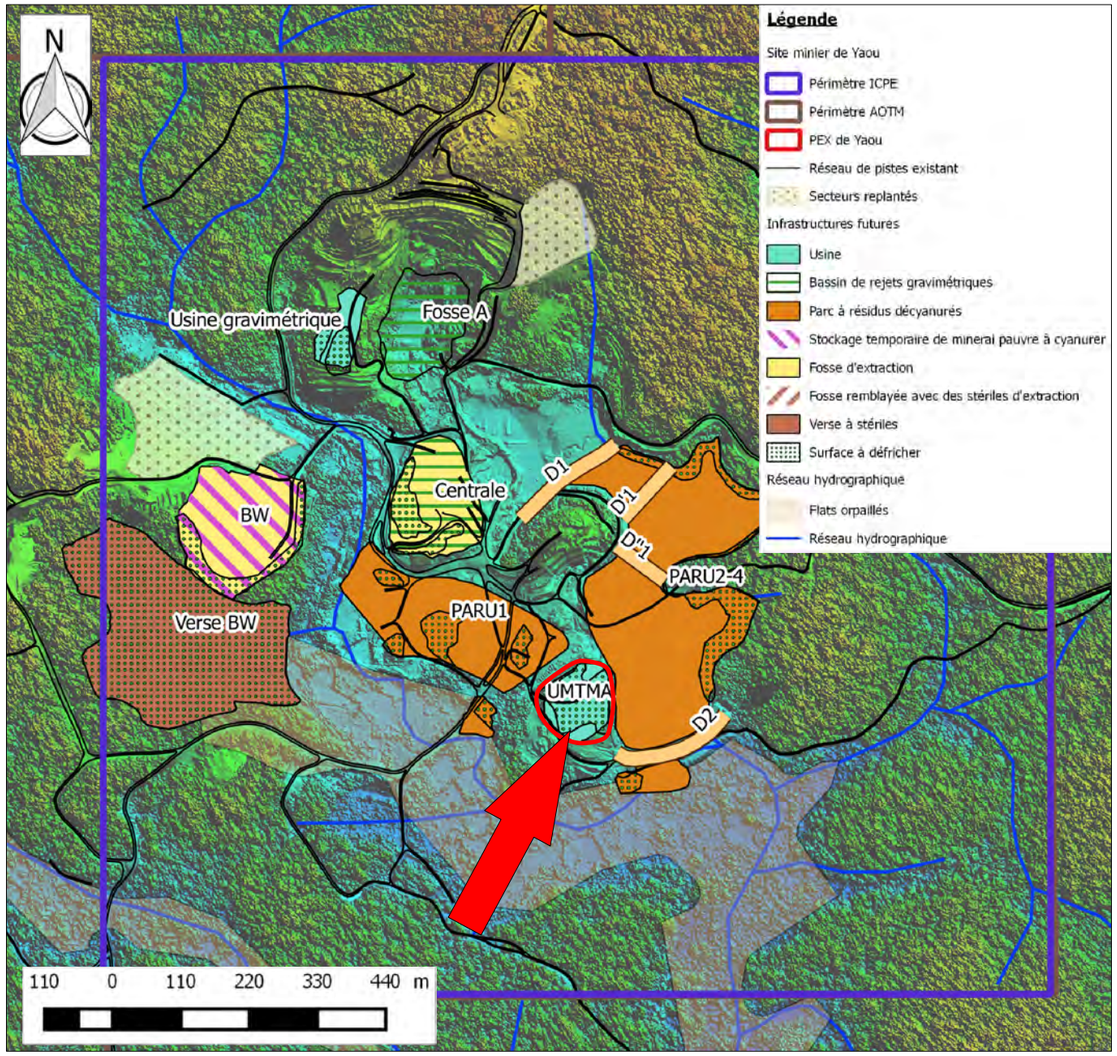
L'UMTMA sera placée sur des terrains situés au Sud de l'actuelle usine gravimétrique. Cette unité, mobile, sera ainsi disposée au droit d'un relief collinaire, sur des terrains saprolitiques ne présentant aucun risque d'instabilité.

On peut donc envisager la construction de l'UMTMA sur cette zone, sous réserve de réaliser un terrassement préalable. Ces terrains ont fait l'objet d'une étude géotechnique spécifique fournie en *Annexe 10 du Tome 2 : Mémoire Technique*. La Figure 3 présente la zone d'implantation de l'UMTMA et l'agencement de cette dernière.

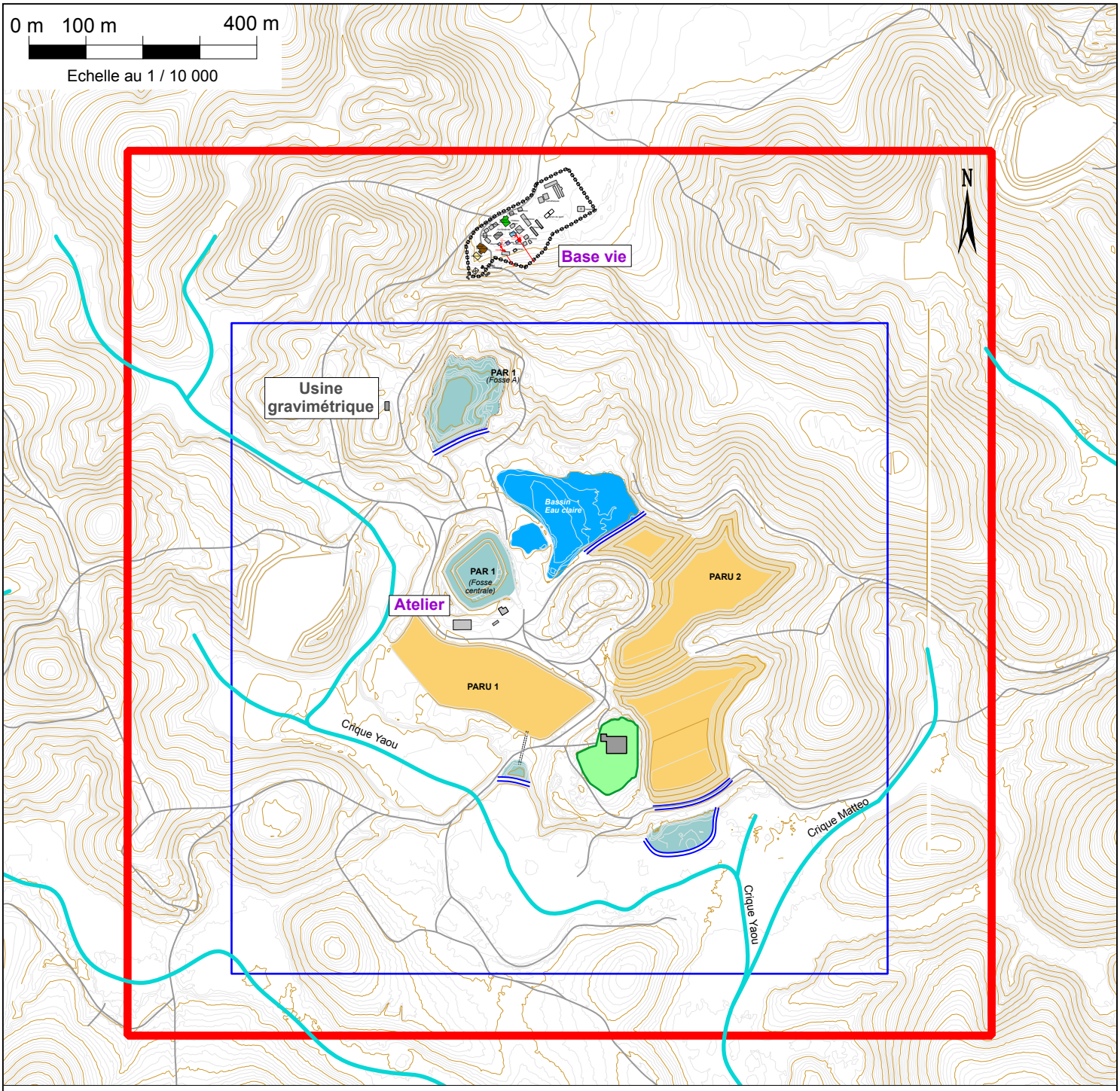
Vue sur la future plate-forme UMTMA
depuis l'extrémité nord-ouest du bassin 4



Vue du site du projet depuis le Nord



GéoPlusEnvironnement	SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973) *Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)* **Rapport de base prévu par la Directive IED** **Zone d'implantation de l'UMTMA** *Source : GéoPlusEnvironnement*	Figure 3



Légende

- Périmètre ICPE
- Bassin de stockage des eaux claires
- Parcs à résidus ultimes (PARU), décyanurés
- Bassin de stockage des eaux d'exfiltration des résidus ultimes
- Digue étanche
- Crique
- Piste
- Périmètre IED
- Zone d'implantation de l'UMTMA (52 x 33 m)
- Bâtiments
- Courbe topographique (intervalles de 5 m)
- Courbe topographique (intervalles de 1 m)

GéoPlusEnvironnement

SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)
Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)
Rapport de base prévu par la Directive IED

Délimitation du périmètre IED
Source : GéoPlusEnvironnement

Figure 4

2.2. DELIMITATION DU PERIMETRE IED

Le **périmètre IED** doit comprendre :

- Les installations relevant de la rubrique IED ;
- Les installations ou équipements s'y rapportant directement, exploités sur le même site, liés techniquement à ces installations et susceptibles d'avoir des incidences sur les émissions et la pollution.

Ainsi, le périmètre IED lié à l'UMTMA doit comprendre à minima l'UMTMA en elle-même, ainsi que les parcs à résidus décyanurés. Il sera étendu en aval, jusqu'à la crique Yaou.

Au final le périmètre IED qui sera considéré dans ce rapport de base correspond à la partie du périmètre ICPE, objet du présent dossier de demande d'autorisation, comprise dans le bassin versant de la Crique Yaou. Ce périmètre est illustré sur la *Figure 4*.

2.3. PRESENTATION SYNTHETIQUE DE L'UMTMA

L'UMTMA mettra en œuvre un procédé de traitement par cyanuration classique de type CIL (« Carbon In Leach » ou charbon en lixiviation), décrit en détail dans le Tome 2 : Mémoire Technique du présent dossier ICPE.

Le tableau suivant résume les données chiffrées représentatives de l'activité de l'UMTMA :

Densité		Densité des rejets gravitaires à retraiter	1,3
		Densité du minerai primaire de teneur < 3 g/t à traiter	1,5
Teneurs		Teneur en or des rejets gravitaires (analyses SMYD)	4 g/t
		Teneur en or du minerai primaire à extraire *moyenne* *maximal*	 1,5 g/t 3 g/t
Volumes/tonnages	**Retraitement des rejets gravitaires**	Volume total de rejets gravitaires à retraiter	**800 000 m^3**
		Tonnage total de rejets gravitaires à retraiter	**1 050 000 T**
		Volume journalier et annuel des rejets gravitaires à retraiter	230 m^3/j 75 000 m^3/an
		Tonnage d'or récupérable par cyanuration	1,4 kg/j 420 kg/an
	Traitement du minerai primaire	Volume total à traiter	**673 000 m^3**
		Tonnage total à retraiter	**1 010 000 T**
		Volume journalier et annuel de minerai primaire retraité	200 m^3/j 65 000 m^3/an
		Tonnage d'or récupérable par cyanuration	495 g/j 150 kg/an
% massique solide		Rejets gravitaires à retraiter	85%
		Pulpe traitée par cyanuration	40 %
		Résidus décyanurés épaissis	**60%**

Concentrations	Concentration en cyanure dans la solution de lixiviation	0,05% (500 ppm ou 0,5g/L)
	Concentration en cyanure dans la solution d'élution	0,1% (1 000 ppm ou 1g/L)
	Concentration potentielle en cyanures facilement libérables dans les résidus décyanurés (objectif visée par SMYD)	5 ppm
Consommations	Consommation de cyanure de sodium (NaCN)	0,11 kg/t de matériaux traités 33 kg/j 12 t/an
	Consommation d'eau	216 m^3/j (appoint pompé à partir des bassins d'eau claire existants sur le site)

Le produit final de l'UMTMA sera donc la boue métallique très aurifère provenant du lavage des cathodes de la cellule électrolytique. La boue aurifère sera en suite affinée au niveau de la goldroom voisine de l'UMTMA pour produire des lingots de doré vendus à un comptoir de commercialisation.

Deux sources d'alimentation de l'UMTMA seront utilisées sur le site de Yaou :

- L'UMTMA sera utilisée, dans un premier temps, pour le traitement des rejets gravitaires stockés dans les bassins B2, B3 et B4 pour lesquels des analyses ont montrés qu'ils sont caractérisés par des teneurs en or relativement élevées ;
- Elle sera aussi utilisée pour le traitement du minerai primaire de teneur < 3 g/t qui sera extrait sur les futures fosses d'exploitation.

En revanche, cette nouvelle unité produira un nouveau type de résidu issu du traitement par cyanuration qui sera qualifié d'ultime. Ces **résidus ultimes** seront **préalablement traités par le procédé SO_2/air pour éliminer les cyanures résiduels**. Après traitement, ces résidus présenteront une concentration en cyanures totaux de 5 ppm au maximum, soit bien en dessous des seuils réglementaires (10 ppm).

Les **résidus decyanurés** seront **préalablement épaissis** dans une **centrifugeuse** qui permettra d'abaisser leur **humidité résiduelle à 40%** (autrement dit, une teneur en matières solides de 60%). Les résidus épaissis auront ainsi la consistance d'une pâte et non plus de boues comme habituellement. Ils seront ensuite étalés par couches sur la zone de stockage, pour permettre une déshydratation supplémentaire qui associe drainage et évaporation.

Ces résidus décyanurés seront **stockés sélectivement** et feront l'objet d'une **surveillance spécifique**. Ils seront dirigés vers les parcs à résidus "ultimes" (PARU n°1 et 2) (*Cf. Figure 4*).

2.4. SUBSTANCES DANGEREUSES PERTINENTES UTILISEES PRODUITES OU REJETEES SUR L'UMTMA

2.4.1. Réactifs utilisés

2.4.1.1. Inventaires des réactifs utilisés

Dans l'UMTMA, les différents réactifs utilisés peuvent être classés comme suit :

Produit	Phrase de risque/ nature de risque	Etiquetage
Floculant	**R36** Irritant pour les yeux	Xi - Irritant-
Cyanure de sodium solide	**R26/27/28** Très toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion **R32** Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique **R50/53** Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	T+ - très toxique N - Dangereux pour l'environnement
Cyanure de sodium en solution	**R26/27/28** Très toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion **R32** Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique **R50/53** Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	Xn – Nocif, solution cyanurée à 1% N - Dangereux pour l'environnement
Charbon actif	-	Non classé
Chaux	**R37** Irritant pour les voies respiratoires **R38** Irritant pour la peau **R41** Risque de lésions oculaires graves	Xi - Irritant
Soude solide	**R35** Provoque de graves brûlures	C-Corrosif
Acide chlorhydrique	**R 34** Provoque des brûlures. **R 37** Irritant pour les voies respiratoires	C-Corrosif
~~Nitrate de plomb~~	~~**R61** Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant~~ ~~**R20/22** Nocif par inhalation et par ingestion~~ ~~**R33** Dangers d'effets cumulatifs~~ ~~**R41** Risque de lésions oculaires graves~~ ~~**R50/53** Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique~~ ~~**R62** Risque possible d'altération de la fertilité.~~	~~O-Comburant~~ ~~T-Toxique~~ ~~N - Dangereux pour l'environnement~~
Métabisulfite	**R41** Risque de lésions oculaires graves	Xi - Irritant
Sulfate de cuivre	**R22** : Nocif en cas d'ingestion **R36/38** Irritant pour les yeux et la peau **R50/53** Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	Xn - Nocif N - Dangereux pour l'environnement
Peroxyde d'hydrogène	**R5** Danger d'explosion sous l'action de la chaleur **R8** Favorise l'inflammation des matières combustibles **R20/22** Nocif par inhalation et par ingestion **R35** Provoque de graves brûlures	O-Comburant C-Corrosif

Le **cyanure de sodium solide ou en solution** (à 1%), le **nitrate de plomb** et le **sulfate de cuivre** peuvent être considérés comme des **substances dangereuses pertinentes** et nécessiteront de prendre des mesures particulières (*Cf. Tome 3 : Etude d'Impact*, *Tome 4 : Etude de Dangers* et *Tome 5 : Notice Hygiène & Sécurité*).

2.4.1.2. Consommation annuelle et quantité maximale stockée

La consommation des réactifs par tonne de minerai traité et la quantité maximale stockée (3 mois de stock) sur l'UMTMA sont présentés dans le tableau suivant :

Produit	Consommation (kg/T)	Consommation annuelle (T)	Quantité maximale stockée (3 mois)
Cyanure de sodium solide	**0,11**	**12**	**3 T**
~~**Nitrate de plomb**~~	~~**0,03**~~	~~**3**~~	~~**810 kg**~~
Sulfate de cuivre	**0,08**	**9**	**2,16 T**
~~TOTAL~~			~~112 T~~

Ces quantités représentent un stock de 3 mois, nécessaire afin de prévenir de tout manque d'approvisionnement (stock fournisseur, grève, etc.).

2.4.1.3. Mode de stockage

2.4.1.3.1. Stockage du cyanure de sodium

Le cyanure de sodium **solide**, sous forme de briquettes, sera acheté et stocké dans des bidons de 50 ou 100 kg étanches et hermétiques adaptés fournis par le producteur de cyanure de sodium (l'aluminium et l'acier sont des matériaux à éviter pour les bidons). Ces bidons seront **entreposés sur rétention, dans un local spécifique,** totalement couvert et confiné pour éviter tout ruissellement des eaux pluviales et ainsi toute contamination des eaux superficielles.

Ce local sera situé à l'intérieur de l'UMTMA, sur une aire étanche en béton recouverte d'un enduit, d'une membrane ou d'une résine compatible avec le cyanure et imperméable à tout suintement de solution cyanurée. Cette aire étanche aura une pente faible en direction d'un puisard afin de pouvoir traiter tout suintement par du sulfate de cuivre.

Le local de stockage sera bien ventilé, à l'abri de l'humidité et du soleil, et maintenu dans un parfait état d'entretien et de propreté. De plus, il devra comprendre :

- Une laveuse haute pression ;
- Une douche d'urgence ;
- Des équipements de protection individuelle ;
- Des appareils de protection respiratoire autonomes isolants ;
- Tout autre équipement destiné à assuré la sécurité des ouvriers pénétrant dans ce bâtiment.

(Cf. *Tome 5 : Notice Hygiène & Sécurité*).

2.4.1.3.2. Stockage des autres réactifs

Les modalités et recommandations en matière de stockage des autres réactifs sont les suivantes :

Produit	Modalité de stockage	Recommandations de stockage
~~Nitrate de plomb~~	~~Sacs de 20 kg~~	~~Stocker dans un lieu frais et bien ventilé.~~ ~~Garder à l'abri de la chaleur, des étincelles et des flammes.~~ ~~Ne pas les exposer à des températures supérieures à 40° C.~~ ~~Éviter l'humidité qui peut contaminer le produit.~~ ~~Protéger de la lumière du jour.~~
Sulfate de cuivre	Sacs de 25 kg	Stocker dans un endroit sec, à température ambiante et à l'abri de la lumière.

2.4.2. Substances produites ou rejetées

Aucune substance dangereuse pertinente ne sera produite ou rejetée par l'UMTMA.

D'après les calculs effectués dans le *§ 6.4.4 du Tome 2 : Mémoire Technique*, la concentration en cyanure de la phase aqueuse potentiellement renfermée dans les résidus décyanurés sera de l'ordre de 7,5 mg/L (7,5 ppm ou 0,00075%), soit très inférieure aux seuils de toxicité pour l'homme et de dangerosité pour l'environnement.

Pour mémoire, la dangerosité des substances et préparations à base de cyanure est basée la concentration en cyanure d'hydrogène dans la solution :

EFFETS LETAUX AIGUS			
Classification de la substance ou de la préparation	**Classification de la préparation (valeurs indiquées en % massique)**		
	Très toxique T+	**Toxique T**	**Nocif X_n**
T+ et R26, R27, R28	Concentration ≥ 7%	1 % ≤ Concentration ≤ 7%	0,1 % ≤ Concentration ≤ 1%
T et R23, R24, R25		Concentration ≥ 25%	3 % ≤ Concentration ≤ 25%
X_n et R20, R21, R22			Concentration ≥ 25%

EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT			
Classification de la substance ou de la matière « active »	**Classification de la préparation (valeurs indiquées en % massique)**		
	Dangereux pour l'environnement N R50-53	**Dangereux pour l'environnement N R51-53**	**R52-53**
N et R50-53	Concentration ≥ 25%	2,5 % ≤ Concentration ≤ 25%	0,25 % ≤ Concentration ≤ 2,5%
N et R51-53		Concentration ≥ 25%	2,5 % ≤ Concentration ≤ 25%
R52-53			Concentration ≥ 25%

D'après les résultats des tests de destruction des cyanures effectués par le laboratoire de l'URSTM et les calculs effectués dans le *§ 6.4.4 du Tome 2 : Mémoire Technique*, **les parcs à résidus décyanurés ne renfermeront pas de substance ou préparation dangereuse**.

En conclusion, les seules **substances dangereuses pertinentes associées à l'UMTMA seront les réactifs chimiques dangereux** utilisés au sein même de l'UMTMA :

- ✓ cyanure de sodium pur solide stocké sélectivement dans des contenants adaptés ;
- ✓ cyanure de sodium en solution dans le circuit de cyanuration (0,05% dans la solution de cyanuration et 0,1% dans la solution d'élution) ;
- ✓ le sulfate de cuivre utilisé au niveau de la destruction des cyanures ;
- ✓ le ~~nitrate de plomb.~~

Aucune substance dangereuse pertinente ne sera produite ni rejetée dans l'environnement par l'UMTMA.

2.5. SOURCES DE POLLUTION ACTUELLES, PASSEES ET A VENIR, EFFECTIVES OU POTENTIELLES

2.5.1. Pour les sols

2.5.1.1. Sources de pollution actuelles potentielles

Les stockages actuels d'hydrocarbures et de graisses pourraient être à l'origine d'une pollution. Cependant, ces stockages sont disposés sur des rétentions suffisamment dimensionnées pour éviter tout risque de pollution.

2.5.1.2. Sources de pollution potentielles à venir liées l'UMTMA et aux résidus ultimes de la cyanuration

Les stockages à venir de réactifs, hydrocarbures, huiles et graisses spécifiques à l'UMTMA pourraient être à l'origine d'une pollution accidentelle :

- ✓ Epandage accidentel de solutions cyanurées : l'exploitation de l'UMTMA est susceptible d'être à l'origine d'un épandage de solutions cyanurées. Un tel événement affecterait la qualité des sols et des eaux. Les installations en cause sont celles du procédé de traitement (mise en solution, stockage de la solution cyanurée, circuit de lixiviation, etc.).
- ✓ Epandage accidentel d'acide : les stockages d'acide chlorhydrique peuvent être à l'origine de réactions dangereuses si elles sont en contact avec les solutions cyanurées et de contaminer les sols et les eaux.
- ✓ Epandage accidentel de carburants au niveau du stockage de gazole des génératrices qui pourrait affecter la qualité des sols et des eaux.

a) Impact potentiel lié à l'utilisation de cyanure

Les résidus ultimes issus de l'UMTMA pourraient contenir des cyanures résiduels et être à l'origine d'une contamination du sol et du sous-sol :

- ✓ Soit par une **fuite chronique de lors du transport des résidus ultimes** entre l'UMTMA et les parcs à résidus ultimes ;
- ✓ Soit par **l'infiltration de lixiviats contenant du cyanure au droit des parcs à résidus ultimes** ;
- ✓ Soit, suite à un **débordement du parc à résidus** après une forte pluie.

- *Comportement du cyanure dans les sols* :

Les cyanures peuvent être présents dans les sols sous la forme HCN, métallo-cyanures alcalins ou complexes métallo-cyanures immobiles ($[M^{n+}(CN)_x]_{x-n}$).

Ils sont moyennement mobiles dans les sols. Leur mobilité est d'autant plus faible que le pH est bas et que la teneur en oxydes de fer, particules chargées positivement et argile est élevée. En effet, dans ces conditions, les cyanures précipitent avec le fer ferreux pour former une grande variété de complexes fer-cyanures. Ces derniers comprennent des hexaferrocyanures ferriques (III) ($Fe(CN)_6^{3-}$), du bleu de prusse ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$) et différents complexes métalliques ferreux insolubles ($M_xFe_y(CN)_6$), notamment avec le cuivre ou le zinc. Les réactions conduisant à la formation de ces principaux complexes sont les suivantes :

$$Fe^{+2} + 6CN^- + 1/4O_2 + H^+ \rightarrow Fe(CN)_6^{-3} + 1/2H_2O$$

$$4Fe^{+2} + 3Fe(CN)6^{-3} + 1/4O_2 + H^+ \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 1/2H_2O$$

Ces composés sont très stables dans les sols puisqu'ils peuvent être retrouvés plusieurs dizaines d'années après la cessation d'une activité industrielle produisant des cyanures, telles que les usines à gaz. Dans le cas où une augmentation du pH se produit, une dissolution des ferrocyanures peut se produire, ce qui entraîne un relargage de fer ferrique et d'ions hexacyanoferrates. Une remontée capillaire de ces espèces dissoutes peut alors avoir lieu. En surface, l'eau étant éliminée par évaporation, les ions peuvent précipiter à nouveau pour donner de nouveaux complexes ferrocyanures.

- *Persistance du cyanure dans les sols* :

Dans les sols, la biodégradation est le principal mécanisme de transformation des cyanures. Ce mécanisme est contrôlé par la concentration en cyanure, le pH, la température, la concentration et la disponibilité des nutriments pour les souches dégradantes. Dans les sols, les cyanures présents à faible concentration se dégradent avec formation initiale d'ammoniac transformé en nitrites et nitrates, en présence de bactéries nitrifiantes. En ce qui concerne les composés chlorés, la biodégradation n'est pas considérée comme significative en comparaison à la volatilisation

En conditions anaérobies, les cyanures se dénitrifient en azote gazeux.

Ainsi, **les conséquences d'une éventuelle pollution chronique des sols aux cyanures seraient limitées par la faible persistance de cette substance dans les sols** :

- ⇨ Dégradation chimique ou biologique en ammoniac, nitrite, nitrate ou azote gazeux ;
- ⇨ Le caractère **latéritique et acide** (pH bas, teneur en oxydes de fer et argile élevée) des sols aux environs du projet favoriserait le piégeage des cyanures sous forme de complexes metallo-cyanures.

b) Impact potentiel lié au mercure

Les rejets gravitaires de Yaou peuvent contenir des teneurs en mercure allant jusqu'à 0,54 mg/kg MS (analyses effectuées par GéoPlusEnvironnement en 2014). Une partie du mercure pourra se retrouver dans les résidus ultimes de la cyanuration et être à l'origine d'une pollution du sol.

Le mercure est faiblement mobile dans le sol. En effet, le mercure mis en contact avec le sol est rapidement immobilisé (par les oxydes de fer, d'aluminium et le manganèse et surtout par la matière organique) et il a tendance à rester dans les horizons de surface. L'impact potentiel sur la qualité des sols lié à la présence de mercure inorganique dans les sols est indirect et réside dans le fait que ce dernier peut subir une transformation chimique : la **méthylation**. Cette réaction, favorisée dans des conditions anoxiques, donne naissance, uniquement à partir du mercure oxydé (Hg^{II}), au **méthylmercure (MMHg ou CH_3Hg)**, forme la plus toxique du métal, car possédant des propriétés chimiques lui permettant de se bioaccumuler, mais également de se bioamplifier de façon parfois considérable (facteur de 10^6 à 10^7).

La mise en place de l'UMTMA et ses annexes constituera **une source de pollution potentielle des sols alentour,** principalement lié aux conditions de stockage, de transfert et de manipulation des réactifs. De plus, les résidus ultimes pourraient être à l'origine d'une éventuelle contamination des sols aux cyanures ou au mercure.

2.5.2. Pour les eaux souterraines et superficielles

Actuellement et dans le futur, sources potentielles de pollution des eaux souterraines et superficielles peuvent être multiples :

- traces et égouttures d'**hydrocarbures** provenant de fuites chroniques ou accidentelles au niveau des engins d'extraction ou de transport, ou dans le cas de la rupture des bacs de rétention des différentes cuves de stockage de gazole ;
- déversement de **réactifs chimiques** utilisés dans le process de cyanuration ;
- écoulement de **lixiviats** issus de la percolation des eaux dans les parcs à résidus ;
- mobilisation des MES (érosion des zones décapées, des fronts d'extraction et des stocks de stériles, fuites des parcs, rupture d'une digue).

2.5.2.1. Sources de pollution actuelles potentielles

Au niveau des habitations et du réfectoire, les eaux usées et issues des sanitaires sont collectées vers un système d'assainissement autonome (1 fosse septique, avec réseau et drainage dans les règles de l'art).

La sensibilité du milieu est forte. Donc, par exemple, une fuite d'hydrocarbures (gazole ou huiles au niveau du stock d'hydrocarbures en amont, Atelier, Magasin, Groupes électrogènes, Goldroom, etc.) peut nuire à la qualité des eaux souterraines.

D'autre part, les engins en activité, ainsi que les divers stockages liquides, sont susceptibles de dégager des pollutions chroniques : micro-fuites (hydrocarbures principalement), mais aussi de provoquer une pollution accidentelle : le largage de polluants pourrait provenir d'un incident (rupture de flexible, collision d'engins, erreur de manipulation ...) ou d'un acte malveillant. Ce cas est étudié dans le *Tome 4 : Etude de Dangers*.

De même, il existe un risque au niveau du stockage de réactifs chimiques et d'hydrocarbures.

2.5.2.2. Sources de pollution potentielles à venir liées l'UMTMA et aux résidus ultimes de la cyanuration

2.5.2.2.1. Inventaire des rejets dans le milieu naturel

Le fonctionnement de l'UMTMA nécessitera un apport d'eau permanent estimé à **35 m^3/h** (dont 21 m^3/h pour la mise en pulpe et la lixiviation et 14 m^3/h pour la destruction des cyanures). Cette alimentation sera issue :

- à **75%** (26m^3/h) seront **recyclés directement en tête de circuit** :
  - eaux issues de l'épaississage de la pulpe cyanurée appauvrie avant décyanuration (9 m^3/h) ;
  - eaux issues de la centrifugation des résidus décyanurés (16 m^3/h) ;
  - solution « saignée » dans le circuit d'élution (0,3 m^3/h) ;
  - solution de lavage du charbon (environ 0,1 m^3/h) ;
- à **25%** (9 m^3/h) seront i**ssus des eaux claires des bassins étanches en aval des parcs à résidus décyanurés** (eaux d'exfiltration des résidus décyanurés et impluvium des parcs à résidus décyanurés).

Les eaux claires pompées à partir des bassins étanches en aval des parcs à résidus décyanurés (eaux d'exfiltration des résidus décyanurés et impluvium des parcs à résidus décyanurés) passeront par un bassin de polissage situé à proximité de l'UMTMA pour dernière décantation avant réinjection dans le circuit de cyanuration.

L'UMTMA fonctionnera ainsi en circuit fermé, aucune eau de process contenant potentiellement des cyanures ne sera libérée dans le milieu naturel.

Les seuls rejets dans le milieu naturel pourront provenir :

- Suite à une très forte pluie, de la **surverse des parcs à résidus décyanurés** ou des bassins d'eaux claire situés en aval et recueillant **les eaux d'exfiltration des résidus** ;
- D'une rupture de digue (*Cf. Tome 4 : Etude de Dangers*).

2.5.2.2.2. Risque de pollution accidentelle

Les **stockages de réactifs, hydrocarbures, huiles et graisses spécifiques à l'UMTMA** pourraient être à l'origine d'une pollution accidentelle :

- ✓ Epandage accidentel de solutions cyanurées : l'exploitation de l'UMTMA est susceptible d'être à l'origine d'un épandage de solutions cyanurées. Un tel événement affecterait la qualité des sols et des eaux. Les installations en cause sont celles du procédé de traitement (mise en solution, stockage de la solution cyanurée, circuit de lixiviation, etc.).
- ✓ Epandage accidentel d'acide : les stockages d'acide chlorhydrique peuvent être à l'origine de réactions dangereuses si elles sont en contact avec les solutions cyanurées, et de contamination des sols et des eaux.
- ✓ Epandage accidentel de floculant.
- ✓ Epandage accidentel de carburants au niveau du stockage de gazole des génératrices qui pourrait affecter la qualité des sols et des eaux.

Les produits en stock et mis en œuvre sur l'UMTMA, ainsi que leur dangerosité, sont détaillés au *§ 2.4.1*.

Une pollution avec de tels produits chimiques entraînerait de nombreux dégâts sur la faune piscicole de la crique Yaou liés à une pollution chimique de ce cours d'eau et de sa nappe d'accompagnement.

Les **résidus ultimes issus de l'UMTMA** pourraient contenir des cyanures résiduels et du mercure, et être à l'origine d'une pollution accidentelle des eaux souterraines et superficielles suite à une **rupture de la digue** qui entraînerait un déversement des résidus de la cyanuration en aval des parcs à résidus.

Le risque de rupture accidentelle de la digue et ses conséquences sont traités dans le *Tome 4 : Etude de Dangers*.

En fin d'exploitation, l'UMTMA sera démontée. Les sources potentielles de pollution identifiées en **phase de démontage de l'UMTMA** sont associées aux opérations :

- De démontage des organes (vidanges, purges des circuits et des équipements, évacuation des déchets, etc.) ;
- Aux zones d'approvisionnement en gazole des groupes électrogènes ;
- De déplacement des organes et des stocks de réactifs.

Les opérations de démontage de l'UMTMA peuvent donc avoir un impact relativement fort sur la qualité des eaux souterraines et superficielles, par déversement accidentel de réactifs chimiques (cyanure notamment).

2.5.2.2.3. Risque de pollution chronique

Les tests de lixiviation effectués sur des échantillons de rejets gravitaires ne révèlent pas de concentrations supérieures aux seuils de référence pour les éluats. Ils ne relarguent donc pas de polluants (métaux lourds hors mercure notamment). Le traitement de ces résidus par cyanuration aura tendance à les appauvrir encore plus en métaux lourds (qui passeront dans la solution de lixiviation).

Le mercure a été considéré à part du fait de ses propriété particulières, notamment la bio-accumulation. Aucun test de lixiviation n'étant disponible sur les résidus ultimes de la cyanuration, on considérera les résultats obtenus sur les rejets gravitaires par GéoPlusEnvironnement en 2014. Ces résultats montraient que les lixiviats des rejets gravitaires présentaient des concentrations en mercure inférieures à la limite de quantification de 0,001 mg/L..

Les résidus ultimes issus de l'UMTMA pourraient contenir des cyanures résiduels et du mercure naturel, et être à l'origine de pollution des eaux souterraines et superficielles :

- Soit par des **fuites chroniques au niveau des réservoirs, conduites, pompes et autres organes de l'UMTMA** ;
- Soit par une **fuite chronique lors du transport des résidus ultimes** entre l'UMTMA et les parcs à résidus ;
- Soit par **l'infiltration de lixiviats contenant du cyanure au droit des parcs à résidus** ;
- Soit par **débordement des parcs à résidus décyanurés** au niveau des surverses prévues à cet effet, suite à une forte pluie.

La Figure 5 illustre le cycle de l'eau type des parcs à résidus prévus et énumère les **différents vecteurs de transfert d'une pollution** qui partirait des parcs à résidus.

a) Comportement des cyanures dans l'eau

Les cyanures peuvent être regroupés en différentes catégories rattachées aux processus analytiques et/ou aux composés selon leurs propriétés. Leur classification est présentée dans le tableau suivant :

Cyanures totaux	Complexes forts		$^{II}Fe(CN)_6^{4-}$ / $^{III}Fe(CN)_6^{3-}$ / $Au(CN)_2^-$
	Cyanures WAD	Complexes modérément forts	$Cd(CN)_4^{2-}$ / $Zn(CN)_4^{2-}$ / $Cu(CN)_3^{2-}$ / $Cu(CN)_4^{3-}$ / $Ag(CN)_2^-$
		Complexes faibles	$Ni(CN)_4^{2-}$ / $Cu(CN)_2^-$
		Cyanures libres	CN^- , HCN

D'après Michael M. Botz

Ainsi, la mesure des cyanures totaux regroupe les **cyanures libres, les complexes faibles, et les complexes modérément forts et forts**.

Les cyanures sont présents dans les eaux essentiellement sous la forme HCN. Ils peuvent également se présenter sous la forme ion cyanure, KCN, NaCN ou CaCN ou encore sous la forme de complexes métallo-cyanures de stabilité variable. HCN et cyanures libres sont en équilibre en fonction du pH et de la température. A des pH < 8, la forme cyanure libre est retrouvée à plus de 93%.

Les formes alcalines des complexes métallo-cyanures sont très solubles dans l'eau et leur dissociation est rapide. La proportion de HCN formé suite à cette dissociation est alors fonction du pH : lorsque celui-ci décroit, la proportion d'HCN formé augmente.

Le CNCl peut être formé dans l'eau potable lors de l'interaction de substances humiques avec la chloramine, formée lors de la chloration des eaux.

Dans la plupart des eaux naturelles, la température n'est pas assez élevée et le pH trop neutre (entre 4 et 9) pour observer une transformation significative des cyanures et de leurs dérivés. Dans les eaux souterraines, la volatilisation des cyanures n'est pas importante et, en conséquence, ils pourraient persister dans ce milieu.

Bien que les cyanures soient faiblement retenus dans les sols, **ils ne sont généralement que peu retrouvés dans les eaux souterraines, probablement du fait d'une dégradation de ces composés par les microorganismes**. Des teneurs significatives en cyanures pourront être détectées dans les eaux souterraines au droit de sites dont les teneurs dans les sols sont toxiques pour les microorganismes.

Ainsi, **les conséquences d'une éventuelle pollution chronique aux cyanures seraient limitées par la faible persistance de cette substance dans les eaux souterraines et superficielles**.

b) Comportement du mercure dans l'eau

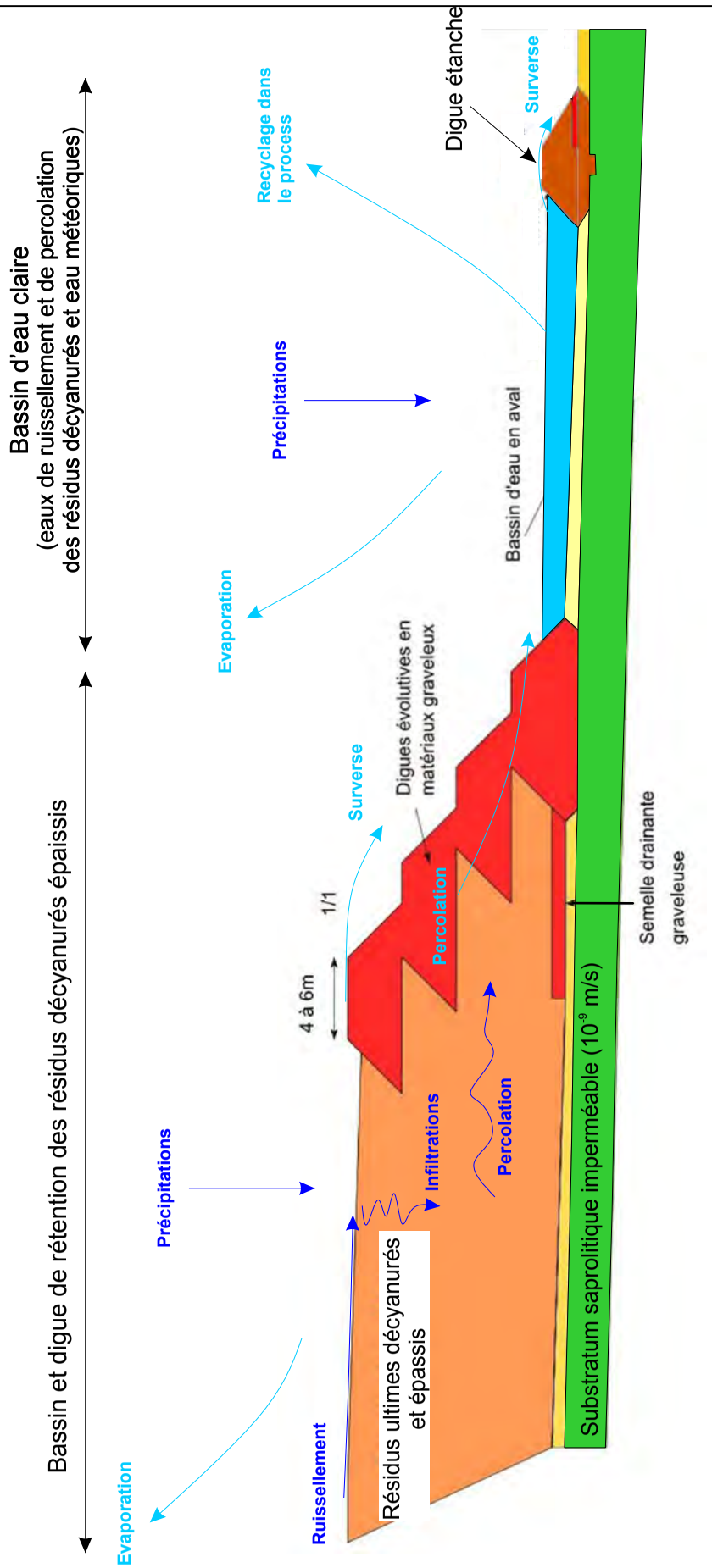
Le mercure élémentaire est quasiment insoluble dans l'eau. Les composés organiques sont solubles. La solubilité des composés du mercure inorganique est très variable : des composés comme le chlorure mercurique sont solubles, alors que le sulfure mercurique est complètement insoluble. La solubilité des composés organiques est également variable mais tous sont plus ou moins solubles.

L'impact lié à la présence de mercure inorganique dans les eaux est indirect et réside dans le fait que ce dernier peut subir une transformation chimique : la **méthylation**. Cette réaction, favorisée dans des conditions anoxiques, donne naissance, uniquement à partir du mercure oxydé (Hg^{II}), au **méthylmercure (MMHg ou CH_3Hg)**, forme la plus toxique du métal, car possédant des propriétés chimiques lui permettant de se bioaccumuler, mais également de se bioamplifier de façon parfois considérable (facteur de 10^6 à 10^7).

La méthylation du mercure est essentiellement liée à l'action de bactéries anaérobies (notamment les bactéries sulfato-réductrices et ferri-réductrices), présentes dans les zones anoxiques des cours d'eau. Ces zones anoxiques, se trouvent le plus souvent à l'interface colonne d'eau/sédiments, mais également dans les strates inférieures de la colonne d'eau (plaines d'inondation, réservoirs de barrage…).

Ainsi, **les conséquences d'une éventuelle pollution chronique au mercure seraient importantes du fait du phénomène de bioamplification et de bioaccumulation du mercure sous sa forme organique (méthylmercure)**.

La *Figure 6* localise les différentes sources de pollution des eaux souterraines et superficielles.



SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)
Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)
Rapport de base prévu par la Directive IED

Cycle de l'eau des digues prévues pour les parcs à résidus décyanurés

Sources : Mines&Avenir et GéoPlusEnvironnement

Figure 5

N

Base vie

Captage AEP

Canal de dérivation

Fosse A

Usine gravimétrique

rejets gravitaires

Alimentation en eau (circuit fermé)

Surverse de secours 1

Surverse de secours 2

Bassin 1
Eau claire

D1

PARU 2

D1'

PARU 3

Surverse de secours

Fosse centrale

Atelier

D1"

PARU 1

Alimentation

PARU 4

rejet des résidus décyanurés

UMTMA

D4

D2

Surverse

Bassin de stockage des eaux d'exfiltration et de dégradation des cyanures résiduels

D3

Crique Yaou

Crique Matteo

Impacts potentiels sur la qualité des eaux

- Risque de rupture de digue des parcs à résidus ou bassins de rejets gravitaires
- Risque de déversement accidentel de cyanures ou de tout autre produit polluant
- Risque de débordement des bassins de rejets gravitaires (MES)
- Risque de débordement des parcs à résidus par surverse
- Risque de fuite chronique lors du transport des résidus ultimes de la cyanuration
- Transfert de polluant (cyanures et mercure notamment) vers les eaux souterraines et superficielles

GéoPlusEnvironnement

SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)
Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)
Rapport de base prévu par la Directive IED

Sources d'impacts potentiels du projet d'UMTMA sur la qualité des eaux souterraines et superficielles
Sources : SMYD, GéoPlusEnvironnement

Figure 6

0 m 35 m 140 m
Echelle au 1 / 3 500

La mise en place de l'UMTMA et ses annexes créera donc **de sources de pollutions potentielles des eaux souterraines et superficielles**, principalement lié aux conditions de stockage, de transfert et de manipulation des réactifs et à l'utilisation de cyanure.

Le circuit fermé de l'UMTMA et les digues de rétention actuelles et à venir empêcheront les eaux du process de l'UMTMA, très basiques, potentiellement concentrées en cyanures et chargées en MES, de s'écouler vers la crique Yaou et ses affluents.

Les résidus ultimes pourraient contenir du mercure issu du minerai primaire ainsi que du cyanure résiduel issu du process. Une éventuelle pollution chronique au mercure et aux cyanures pourrait ainsi être engendrée par :

- ✓ une **fuite chronique lors du transport des résidus** ultimes ;
- ✓ l'**infiltration de lixiviats** contenant du cyanure au droit des parcs à résidus ;
- ✓ un **débordement par les surverses des digues** des parcs à résidus décyanurés, suite à une très forte pluie. L'excédent d'eau déversé dans le milieu naturel serait moins basique et contiendrait moins de cyanures résiduels, car dilués par l'eau de pluie et dégradés naturellement dans la lame d'eau supérieure (écoulement laminaire par la surverse). De même, le mercure éventuellement présent se trouverait dilué par les eaux de ruissellement.

*NB : **le seuil de qualité pour les rejets aqueux contenant du cyanure, dans le milieu naturel est de 0,1 mg/L**, si le flux de cyanure rejeté dépasse 1 g/j.*

2.6. MESURES PREVUES ET IMPACT RESULTANT SUR LA QUALITE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES

Les mesures prévues concernent :

- Les modalités de stockage et d'utilisation des réactifs chimiques dangereux (cyanure de sodium notamment) et des hydrocarbures ;
- La gestion des eaux de ruissellement au droit des zones de reprises des rejets gravitaires ;
- La gestion des eaux de process de l'UMTMA ;
- La gestion des résidus décyanurés ;
- La gestion des circulations d'eau au niveau des parcs à résidus décyanurés ;
- La gestion des eaux vannes des locaux du personnel ;
- etc.

Elles sont détaillées au *§ 7.1.3 du Tome 3 : Etude d'impact*.

La *Figure 7* illustre les principales mesures d'évitement, de réduction et de suivi.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des mesures destinées à réduire l'impact de l'UMTMA et de ses annexes (parcs à résidus, conduites de transport…) sur la qualité des sols, des eaux souterraines et des eaux superficielles, et donne l'impact résultant :

Thème environnemental	Impact brut du projet avant mesures	Mesures	Impact résultant
Qualité des eaux souterraines, des sols et des eaux superficielles	**- - -** Impact négatif fort	Cuve de gazole à double paroi, sur **une aire étanche bétonnée et reliée à une capacité de rétention**. Motopompes de reprise des rejets gravitaires et groupe électrogène sur des **bacs de rétention étanches** Kits anti pollution en cas de déversement d'hydrocarbures **<u>Usine gravimétrique :</u>** Utilisation de deux anciennes et futures fosses d'exploitation (A et Centrale) pour le stockage des rejets gravitaires avec mise en place d'un canal de dérivation assurant une bonne décantation des eaux et des surverses de secours en cas de trop forts épisodes pluvieux **<u>UMTMA :</u>** Approvisionnement en **cyanure de sodium solide** et mise en solution au niveau de l'UMTMA **Formation** du personnel et mise en œuvre de **procédures écrites** spécifiques au cyanure **Equipement de neutralisation et de nettoyage des déversements accidentels de cyanure** Réactifs chimiques dangereux (cyanure de sodium) ou potentiellement dangereux (soude, chaux, acide chlorhydrique, floculant…) **stockés sur des aires de rétention étanches, à l'intérieur de l'UMTMA** Stockage du **cyanure de sodium dans un local spécifique**, **fermant à clef,** et surélevé par rapport au sol ; UMTMA entièrement clôturée et verrouillée UMTMA installée dans un **bâtiment totalement couvert et sur rétention** **Aire étanche en béton** recouverte d'une **membrane** ou d'une **résine compatible avec le cyanure et des pH élevés et imperméable à tout suintement de la solution cyanurée**. **Collecte des eaux de la plateforme** UMTMA qui seront dirigées vers un déshuileur avant d'être rejeté es dans le bassin de collecte des eaux d'exfiltration de PARU2 Capacité de rétention pour les cuves de mise en solution cyanurée et de charbon en lixiviation Puisard avec pompe permettant de diriger toute fuite accidentelle dans l'UMTMA vers un bassin de rétention Pompe portative pour la vidange des cuves en cas de dysfonctionnement de l'UMTMA Pompe pour le recyclage en tête de cyanuration de la solution cyanurée issue de la fuite **Codes de couleurs spécifiques pour les réservoirs de cyanure et les tuyaux contenant du cyanure** **Groupe électrogène de secours** pour l'UMTMA UMTMA en **circuit fermé**, recyclage des **eaux de traitement contenant potentiellement des cyanures** **Détecteurs de fuites** **Inspection quotidienne de toute l'unité** **<u>Parcs à résidus ultimes décyanurés</u>** : **Etude géotechnique préalable** Parcs de stockage des résidus conçus sur fond étanchéifié (substratum saprolitique imperméable) Gestion séparée des résidus ultimes et des eaux d'exfiltration de ces résidus (bassin de collecte des effluents à l'aval, dimensionnés pour permettre une dégradation naturelle des cyanures) Traitement des eaux pour récupération du mercure, si nécessaire **Bassin de secours** en aval de chaque parc à résidus ultimes issus de la cyanuration **Circuit de destruction des cyanures** prévu au niveau de l'UMTMA. **Optimisation de la concentration en cyanure nécessaire** pour lixivier l'or Suivi de la qualité des eaux souterraines et superficielles	**- / --** Impact négatif faible à modéré

LÉGENDE

Mesures de suivi

- Suivi de stabilité des ouvrages : digues, verses à stériles, fosses (surveillance visuelle, suivi topographique, inclinomètres...)
- Station de prélèvement des résidus ultimes de la cyanuration pour analyse de la concentration en CN WAD, mercure, potentiel de génération d'acidité et test de lixiviation
- Piézomètre et qualité des eaux souterraines au droit des parcs à résidus décyanurés (piézométrie, pH et concentration en cyanure WAD, mercure hydrocarbures totaux, conductivité, oxygène dissous, MES, DCO, métaux lourds...)
- Piézomètre de contrôle destiné à étudier le contexte hydrogéologique
- Station de prélèvement d'eau dans les surverses des bassins d 'eau claire des parcs à résidus décyanurés (pH et concentration en cyanure WAD, mercure, hydrocarbures totaux, conductivité, oxygène dissous, MES, DCO, métaux lourds...)
- Station de prélèvement d'eau superficielle dans les criques (pH et concentration en cyanure WAD, mercure, hydrocarbures totaux, conductivité, oxygène dissous, MES, DCO, métaux lourds...)
- Station de prélèvement d'air pour analyse de l'HCN
- Station de prélèvement d'air pour analyse des NOx et du CO (groupe électrogène)
- Suivi écologique des populations potentiellement impactées
  Ex : suivi du cortège d'amphibiens des criques forestières, *Atelopus spumarius*

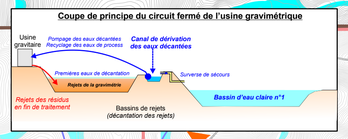
Mesure d'évitement et/ou de réduction :

- Corridors écologiques qui seront maintenus ou reconstitués
- Préservation de l'effet de lisière autour des surfaces défrichées
- Fossé de collecte des eaux de ruissellement à l'intérieur des ouvrages
- Fossés de dérivation des eaux de ruissellement extérieures aux ouvrages
- Bassins de décantation et de filtration des eaux de ruissellement
- Pont ou buse correctement dimensionné et entretenu pour la traversée des cours d'eau par les pistes

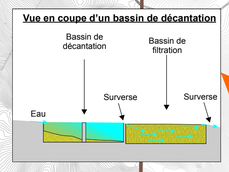
Mesure d'accompagnement : découverte et étude d'une nouvelle espèce de Xanthosoma (Xanthosoma Nodosum)

N
0 m 60 m 240 m
Echelle au 1 / 6 000

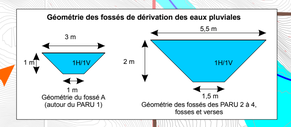
Coupe de principe du circuit fermé de l'usine gravimétrique



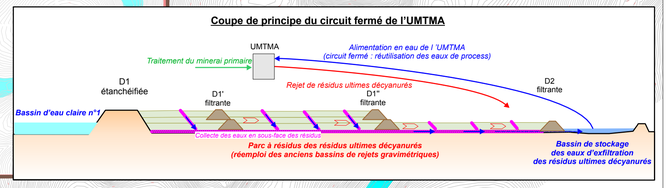
Vue en coupe d'un bassin de décantation



Géométrie des fossés de dérivation des eaux pluviales



Coupe de principe du circuit fermé de l'UMTMA



$$CN^- + SO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow OCN^- + H_2SO_4$$

$$CN^- + \tfrac{1}{2}\,Na_2S_2O_5 + O_2 + \tfrac{1}{2}\,H_2O \rightarrow \tfrac{1}{2}\,Na_2SO_4 + OCN^- + \tfrac{1}{2}\,H_2SO_4$$

$$OCN^- + H^+ + 2\,H_2O \rightarrow HCO_3^- + NH_4^+$$

Destruction des cyanures par le procédé SO2/air au niveau de l'UMTMA

Crique K Nord
Surverse
Fosse K Nord
Surverse
Fosse K Sud-Est
Verse K
Bassin de décantation
Pz1
Surverse
Surverse
Fosse I Sud
Pz2
Crique Bouteille
Futur aérodrome
Base vie
Captage AEP
Crique E
Bassin de décantation
Surverse
Fosse E
Découbeur et séparateur à hydrocarbures
Usine gravimétrique
(Fosse A)
Pz5
Surverse de secours 2
Fossé de dérivation des eaux pluviales extérieures aux parcs à résidus
Fossé de dérivation des eaux pluviales extérieures à la fosse BW et à la verse BW
Surverse
Bassin Eau claire
D1
PARU 2
D1'
PARU 3
Fosse centrale
Surverse de secours 1
Surverse de secours 3
Pz3
Fosse BW
Verse E
Fossé de collecte des eaux de ruissellement de la verse E
Fossé de collecte des eaux de ruissellement de la fosse BW et de la verse BW
Verse BW
PARU 1
D1"
PARU 4
Surverse
Crique Yaou
Bassin de décantation
Découbeur et séparateur à hydrocarbures
UMTMA
Bassin Eau claire
D4
D2
D3
Bassin de décantation
Ouvrage de franchissement de cours d'eau correctement dimensionné et entretenu
M
Surverse
Bassin de décantation
Crique Pinheiro
Crique Matteo
Pinheiro
Surverse
Surverse
Pz4
Crique Yaou aval ICPE
Fosse H
Fosse H Nord
Surverse
Fosse H Est
Surverse
Verse H
Surverse
Crique H
Crique Yaou

Grost, Pelletier, Salomon and Weigel, 2014 — New species of Xanthosoma (Araceae) ...
New species of *Xanthosoma* (Araceae) from Western French Guiana
Aroideana VOL. 37E NO 2, 2014

SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)
Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)
Rapport de base prévu par la Directive IED

Synthèse des principales mesures d'évitement, de réduction, de suivi et d'accompagnement
Source : GéoPlusEnvironnement

Figure 7

3. ETAT DES LIEUX DE LA QUALITE DES SOLS ET DES EAUX

3.1. DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE DE LA POLLUTION DES SOLS

3.1.1. Méthodologie

Un diagnostic préliminaire de la pollution des sols a été réalisé dans le cadre de la demande d'autorisation en mars 2010, puis complété, dans le cadre de cette nouvelle demande, en avril 2014. Ce diagnostic a eu pour objectif d'identifier les zones potentiellement polluées suite aux activités actuelles ou anciennes. L'étude de 2014 apporte des informations supplémentaires sur la qualité des rejets gravitaires.

Il a été réalisé selon les prescriptions de la Circulaire du 8 février 2007 et des guides associés. Il se décompose en trois parties :

- Une étude historique pour recenser les **anciennes localisations de sources éventuelles de pollution** ;
- Une visite de site pour identifier ou de confirmer visuellement des zones potentiellement polluées ;
- Une étude du contexte pour déterminer les sensibilités de l'environnement, et les **vecteurs potentiels**.

3.1.2. Identification des zones potentiellement polluées

Des zones **potentiellement** polluées par les **activités passées du site minier de Yaou** ont été déterminées dans le cadre de l'étude de 2010 :

- Les stocks de rejets de la gravimétrie (amont et aval) : *S1*, *S2, S3* et *S4* ;
- Les stockages d'hydrocarbures actuels : *S7, S9, et S12* ;
- Les zones d'approvisionnement en hydrocarbures : *S7, et S8.*

Des zones **potentiellement** polluées par les **activités actuelles** ont ensuite été déterminées :

Zone	Descriptif	Pollution recherchée	Analyses demandées
Etude de sols 2014			
S1	Bassin n°3 (2ème parc à résidus gravitaires)	Indices de pollution, 8 métaux	Lixiviation (8 métaux, sulfates, fluorures, chlorures, indice phénol) , Test de drainage acide minier
S2	Bassin n°4 (1er parc à résidus gravitaires)		
S5	Bassin n°2		
S3	Piste d'accès à l'UMTMA		8 métaux

Zone	Descriptif	Pollution recherchée	Analyses demandées
S4	Piste d'accès entre actuelle usine gravimétrique, bassin 3 et atelier		
Etude de sols 2010			
S1	1er parc à résidus amont	Métaux lourds	Lixiviation
S2	1er parc à résidus aval	Métaux lourds	Lixiviation
S3	2ème parc à résidus amont	Métaux lourds	Lixiviation
S4	2ème parc à résidus aval	Métaux lourds	Lixiviation
S7	Contrebas stock hydrocarbure atelier	Hydrocarbures	HCT
S8	Contrebas aire de dépotage atelier	Hydrocarbures	HCT
S9	Contrebas stock de gasoil usine	Hydrocarbures	HCT
S10	Ancienne décharge OM	OM	COT
S11	Ancien baranque Yaou	Hydrocarbures et Mercure	HCT+ Hg
S12	Cuve GE base vie	Hydrocarbures	HCT

Ces zones sont localisées sur la carte en *Figure 8*.

L'étude 2014 apporte des informations sur les teneurs naturellement élevées en métaux des sols du secteur de Yaou mais ne met en évidence aucune pollution particulière (sols concernés par les stockages de matières non testés à nouveau).

Il est à noter qu'il n'existe aucune information sur les bases de données BASIAS (inventaire en cours sur la Guyane) et BASOL, ainsi que celles du BRGM.

Par ailleurs, il est possible de reprendre certains résultats de l'étude ANTEA de mars 2008. Cette étude ne comportant pas de document cartographique, la localisation des prélèvements est approximative (*Cf. Figure 8*).

Que ce soit dans le passé ou actuellement, il n'y a jamais eu mise en œuvre de cyanure pour la récupération de l'or sur le site de Yaou. **Aucune zone n'est donc susceptible d'être polluée au cyanure**.

N

S10

Echelle au 1 / 5 000

S12

Future usine gravimétrique

Fosse A

Bassin 1 Eau claire

D1

D1'

Bassin 2

Bassin 3

Fosse Centrale

Fosse BW

Usine gravimétrique actuelle

S4

S7

S8

S9

S3

S4

S1

D1''

S2

S1

S2

Bassin 4

S3

D2

S11

Crique Yaou

Crique Matteo

Crique Yaou

Périmètre ICPE

Crique

Bassins de rejets gravitaire (bassins B2, B3 et B4)

Bassin d'eau claire

Digue étanche

Digue perméable

Actuels bassins de stockage des rejets gravitaires

Une des futures zones de stockage du minerai <3 g/t

Future plate-forme UMTMA et future usine gravimétrique

Futurs parcs à résidus décyanurés

Futurs bassins de rejets gravitaires

Analyse de sol

S3 Stations 2014

S11 Stations 2010

GéoPlusEnvironnement

AUPLATA - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)

Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)

Rapport de base prévu par la Directive IED

Localisation des prélèvements de sols

Sources : GéoPlusEnvironnement, SMYD

Figure 8

0 m 55 m 220 m

Echelle au 1 / 5 500

3.1.3. Vecteurs

Globalement, les sols ici concernés par les zones identifiées comme étant potentiellement polluées sont de nature **argileuse**. La circulation de ces pollutions dans le sol est donc très limitée. Elles peuvent cependant être exceptionnellement remobilisées lors de crues importantes qui, en lessivant les premiers centimètres de sols, pourraient remettre en suspension les particules polluantes.

Enfin, du fait de la nature des probables polluants (hydrocarbures, mercure, etc.), le vecteur « air » ne sera ici pas pris en compte.

Le principal vecteur de propagation de pollutions est donc l'eau, superficielle (ruissellements et criques) ou souterraine (principalement les nappes alluviales).

3.1.4. Cibles et sensibilité

Au niveau du site, 2 cibles potentielles ont été identifiées (*Cf. Figure 8*). Il s'agit :

- du captage AEP, qui a pour rôle l'alimentation en eau potable des employés de la société SMYD sur son site de Yaou. Ce captage est situé à l'Est de la base vie et **dans un bassin versant différent de celui accueillant les installations ICPE** (parc à résidus, usine,..) ;
- le réseau hydrographique aval, dont la qualité doit être préservée. Les actuels bassins de stockage des rejets gravitaires et futurs bassins de stockage des résidus ultimes décyanurés sont implantés dans le flat d'un criquot, affluent rive gauche de la crique Yaou. A l'aval des bassins, la crique emprunte son tracé « originel » (ou du moins un tracé conditionné par les précédentes exploitations). La surverse du futur bassin de collecte des eaux d'exfiltration des résidus ultimes décyanurés s'effectuera dans la crique.

Compte tenu de son implantation, la sensibilité liée est très faible. La crique Yaou constitue une cible potentielle de forte sensibilité.

Les premières habitations sont situées à 20 km en aval de la crique Yaou (bourg de Maripasoula). Le site ne peut donc générer de pollution vers ces cibles.

3.1.5. Prélèvement de sols

Ces zones ont fait l'objet d'un prélèvement de sol, à la pelle, à une profondeur d'environ 50 cm, en **mars 2010** et **avril 2014**. Les échantillons ont ensuite été disposés dans des bocaux en verre, étanches et recouverts par un film d'aluminium, ou dans des sacs à échantillons doublés, afin d'être transportés jusqu'au laboratoire chargé des analyses.

3.1.5.1. Valeurs de référence

3.1.5.1.1. Métaux autres que le mercure

Le BRGM a publié un SIG permettant de localiser les analyses à l'origine d'un fond géochimique de la Guyane.

En effet, de 1975 jusqu'en 1995, le BRGM, dans le cadre de l'inventaire minier de la Guyane, a effectué plus de 25 000 prélèvements ; et a ainsi établi une base de données géochimiques relativement conséquente.

Toutefois, dans le cadre de l'établissement d'un « fond géochimique des sols guyanais », à partir de ces valeurs, plusieurs points apparaissent limitants (LASSERRE, Directeur BRGM Guyane) :

- dès le démarrage de l'Inventaire, l'exploration a été concentrée sur les formations les plus favorables du point de vue des ressources minérales potentielles, en se basant sur des critères géologiques, gîtologiques et sur la documentation disponible ;
- les prélèvements ont été réalisés sous la couche humifère, à 20 – 30 cm de profondeur ;
- les seuils analytiques ont pu varier suivant les périodes d'analyse. Le quantomètre a été utilisé de 1975 jusque vers 1984, puis l'ICP, plus performant, l'a supplanté.

Les données observées sur le terrain peuvent être complétées par les caractéristiques habituelles des sols équatoriaux ; le fer et l'aluminium sont fortement présents aux côtés de l'**arsenic**, du **chrome**, du **baryum**, du **cuivre** et de l'**antimoine**. Le **fer**, ainsi que le **manganèse**, se retrouvent particulièrement sous la forme d'oxydes, d'hydroxydes et d'oxyhydroxydes, tels que l'hématite qui est un des minéraux les plus fréquemment observés dans le sol guyanais.

Les sols guyanais sont marqués naturellement par la roche mère comme c'est le cas, en métropole, dans le Massif Central ou dans le Massif Armoricain (vieux orogènes riches en métaux). Il est donc logique et prévisible que le bruit de fond soit en conséquence élevé par rapport à des zones géologiques plus récentes et d'origine sédimentaire.

Des analyses ont été également réalisées, en 1999 et 2009, sur le minerai extrait à Yaou, sur deux zones distinctes. Les résultats montrent des teneurs élevées en chrome, nickel également.

Elément	**Minerai YAOU**			**Valeur de définition de source-sol (VDSS)* en mg/kg**
	Roche oxydée + saprolite 1999	*Minerai oxydé Yaou analyse 02/09*	*Roche non oxydée non visée par l'exploitation*	
	KCA Sample 27040	*EUROFINS*	*KCA Sample 27042*	
Ag, ppm	<1	*NA*	*3*	-
Al, %	1.66	*0,7*	*1.91*	ND
As, ppm	<10	*2;15*	*280*	19
Ba, ppm	100	*NA*	*60*	312
Be, ppm	<5	*NA*	*<5*	250
Bi, ppm	<10	*NA*	*<10*	-
Ca, %	0.04	*NA*	*0.03*	-
Cd, ppm	<5	*<1*	*<5*	10
Co, ppm	50	*NA*	*<5*	120
Cr, ppm	660	*229*	*130*	65
Cu, ppm	80	*38,1*	*60*	95
Fe, %	7.01	*6,81*	*12.10*	-
Hg, ppm	<10	*<0,1*	*10*	3,5
K, %	0.10	*NA*	*0.09*	-
Mg, %	0.19	*0,08*	*0.01*	-
Mn, ppm	660	*NA*	*40*	ND
Mo, ppm	5	*NA*	*<5*	100
Na, %	0.04	*NA*	*0.04*	-
Ni, ppm	115	*120*	*<5*	70
P, ppm	500	*NA*	*600*	-
Pb, ppm	10	*12,5*	*25*	200
Sb, ppm	<10	*NA*	*30*	50
Sc, ppm	20	*NA*	*15*	-
Sr, ppm	5	*NA*	*<5*	-
Ti, %	0.06	*NA*	*0.02*	5
Tl, ppm	<20	*NA*	*40*	-
U, ppm	<20	*NA*	*<20*	-
V, ppm	160	*NA*	*160*	-
W, ppm	<20	*NA*	*<20*	-

Elément	Minerai YAOU			Valeur de définition de source-sol (VDSS)* en mg/kg
	Roche oxydée + saprolite 1999	*Minerai oxydé Yaou analyse 02/09*	*Roche non oxydée non visée par l'exploitation*	
	KCA Sample 27040	*EUROFINS*	*KCA Sample 27042*	
Zn, ppm	55	*44,'*	*20*	4500
Total Carbon, %	0.10	*NA*	*0.47*	-
Total Sulfur, %	0.04	*NA*	*0.05*	-

Equivalence : ppm : 1 g/tonne ou 1 mg/kg MS % : 10 g/tonne ou 10 g/kg MS

Composition du minerai sur la zone YAOU
(analyses réalisées en 1999 par le laboratoire KCA)

Les valeurs élevées de **chrome** et **nickel** sur Yaou, sur le minerai de la zone Chaina et, en plus faible proportion, de la zone B-Ouest, deux secteurs dont la lithologie comprend des roches ultramafiques, assez communes en Guyane. La zone Chaina n'est pas comprise dans le projet d'exploitation du PEX.

Les teneurs en **baryum et manganèse** mesurés sur le gisement de Yaou sont également élevées. Des analyses complémentaires faites en 2005 (laboratoire Tecksup Pérou) sur le minerai de Yaou Central (zone A et CL), ont donné des valeurs de 178 ppm de **chrome** et 51 ppm de **nickel**.

3.1.5.1.2. Concernant le Mercure

Le fond géochimique du BRGM ne prend pas en compte cet élément. Il est toutefois envisageable d'utiliser des bases de données existantes de la qualité des sols, comme celle de l'INRA. Ainsi, le taux de mercure dans un sol à anomalie modérée varie de 0,15 à 2,3 mg / kg MS.

Plus généralement, il est admis que le fond géochimique naturel, en dehors des zones d'apports anthropiques, se situe entre 100 et 150 μg/g, (soit 0,1 à 0,15 mg/kg). Ces valeurs relativement élevées seraient reliées à la présence de mercure dans les oxisols typiques de la zone équatoriale. Ces valeurs permettent d'affiner, pour le territoire de la Guyane, la gamme des concentrations ubiquitaires (0,03 à 0,15 mg/kg) proposée par l'INERIS (2003).

Elément	Teneur moyenne dans les sols guyanais	Unité
Mercure	0,03 à 0,15	mg / kg MS

Lors des analyses effectuées, en 1999 puis 2009, sur le minerai extrait à Yaou, le mercure avait été recherché. Les teneurs étaient inférieures aux seuils de quantification des laboratoires sollicités, 10 mg/kg pour l'un et 0,1 mg/kg pour le second.

Elément	Minerai YAOU			Valeur de définition de source-sol (VDSS)* en mg/kg
	Roche oxydée + saprolite 1999	*Minerai oxydé Yaou analyse 02/09*	*Roche non oxydée non visée par l'exploitation*	
	KCA Sample 27040	*EUROFINS*	*KCA Sample 27042*	
Hg, ppm	<10	*<0,1*	*10*	3,5

3.1.5.1.3. Hydrocarbures totaux (HCT)

Les valeurs de référence pour les teneurs en HCT dans un sol dépendent de l'usage de celui-ci. Les stations S7, S8, S9, S11 et S12 concernent un stockage actuel.

L'Arrêté du 12 décembre 2014, définissant les critères d'admissibilité des déchets inertes dans les installations de stockage de déchets inertes, fixe une valeur seuil **en hydrocarbures à 500 kg/mg de MS**.

Des valeurs d'admissibilité sur les installations de stockage des déchets sont fixées pour les hydrocarbures (Valeurs guides pour l'admission des terres polluées en stockage (ISDI, ISDND ou ISDD) fixées dans l'annexe 2 de la Charte qualité du métier de stockage des déchets, FNADE, Fédération nationale des activités de la dépollution et de l'Environnement) :

Elément	**Valeurs guides pour l'admission des terres polluées en stockage** (*Annexe 2, Charte qualité du métier de stockage des déchets, FNADE*)		
	ISDI (ancien classe 3)	*ISDND (*ancien classe 2)	*ISDD (*ancien classe 1)
HCT, mg/kg MS	<500	*500<C<2 000*	*2 000<C<10 000*

3.1.5.2. Résultats des analyses de sols

Les fiches complètes des rapports d'analyses de sols de 2010 et 2014 sont présentées en *Annexes 1 et 2 du Tome 3 : Etude d'Impact*.

3.1.5.2.1. Campagne 2014

8 métaux

Les résultats d'analyses de métaux sur les échantillons de sols prélevés par GéoPlusEnvironnement en 2014 sont donnés dans le tableau ci-après :

Métal	**Unités**	**S1** (bassin B3)	**S2** *(bassin B4)*	**S3** *(piste d'accès à l'UMTMA)*	**S4** *(piste d'accès entre actuelle usine, B3 et atelier)*	**S5** (bassin B2)	**Valeur de référence (mg/kg) (fond géochimique local, d'après BRGM et ANTEA)**
Arsenic	mg / kg M.S.	2,77	5,13	7,24	< 1,02	6,62	*10*
Cadmium	mg / kg M.S.	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,41	< 0,41	*7*
Chrome	mg / kg M.S.	**356**	**538**	**1 350**	**89,7**	**892**	*142*
Cuivre	mg / kg M.S.	**34**	57,5	82	48	75,9	*25*
Nickel	mg / kg M.S.	**91,8**	**154**	**102**	**13,7**	**136**	*26*
Plomb	mg / kg M.S.	9,49	12,7	7,49	8,66	9,99	*32*
Zinc	mg / kg M.S.	**53,6**	**47,6**	**39,6**	**44,6**	**44,3**	*23*

Les teneurs en métaux dans les rejets gravitaires sont relativement fortes vis-à-vis des valeurs seuils de référence présentées. Toutefois, ces anomalies en métaux, identifiées dans les rejets gravitaires sont directement liées à la chimie du gisement de Yaou.

Dans les rejets gravitaires comme dans les sols du site, les teneurs en **chrome et en nickel sont relativement élevées**, 89,7 à 1 350 mg/kg de matières sèches pour le chrome et 13 ,7 à 154 mg/kg de matières sèches pour le nickel.

Pour rappel, le bruit de fond géochimique local montre que les teneurs de chrome peuvent atteindre 200 mg/kg de MS et en moyenne environ 71,8 mg/kg de MS. Pour le nickel, les valeurs peuvent atteindre 55 mg/kg de MS et en moyenne 22,7 mg/kg de MS.

Les **teneurs en métaux** dans les **rejets gravitaires**, selon les dernières analyses, sont relativement **élevées notamment en chrome total et en nickel**. Les caractéristiques chimiques des rejets sont directement **liées au fond géochimique local élevé pour ces mêmes métaux** (*Cf. analyses sur le minerai Yaou*).

Mercure

Métal	Unités	S1 (bassin B3)	S2 (bassin B4)	S5 (bassin B3)	Gamme des concentrations ubiquitaires (INERIS, 2003)
Mercure	mg / kg M.S.	0,13	< 0,10	**0,54**	0,03 à 0,15

Sur l'échantillon prélevés dans le bassin n°4, le mercure n'a pas été détecté, car absent ou présent dans des concentrations inférieures au seuil de quantification du laboratoire.

Le mercure a été détecté sur les échantillons de rejets gravitaires prélevés dans les bassins n°2 et 3 dans des concentrations proche de la valeur de référence pour l'un des échantillons pour le bassin n°3 et 3 fois plus élevé sur le second bassin.

Le procédé de traitement gravimétrique utilisé par la SMYD ne faisant pas entrer en jeu le mercure comme réactif, **la présence de cet élément est liée à la géochimie des sols ou oxisols du site de Yaou**, comme expliqué précédemment. Une attention particulière devra être portée sur le potentiel de lixiviation du mercure contenu dans les rejets gravitaires.

Les résultats d'analyses sur les sols en S3 et S4 montrent la présence naturelle de mercure dans les sols sur le site de Yaou.

Tests de lixiviation

Sur ces mêmes échantillons de sols ont été réalisés des tests de lixiviation (test sur fraction solubilisée), présentés dans le tableau ci-après :

Métal	Unité	S1 *(bassin B3)*	S2 *(bassin B4)*	S3 *(piste d'accès à l'UMTMA)*	S4 *(piste d'accès entre actuelle usine, B3 et atelier)*	S5 *(bassin B2)*	Valeur de référence (mg/kg MS) *(Annexe II de l'Arrêté du 12 décembre 2014 : Critères d'acceptabilité des déchets non dangereux inertes – Analyses lors du test de lixiviation)*
Indice de pollution sur éluat							
COT	mg/kg MS	60	230	65	<50	58	500
Chlorures	mg/kg MS	11,9	11,5	17,1	31,3	16,4	800
Fluorures	mg/kg MS	<5,01	<5,07	<5,02	<5,00	<5,00	10
Sulfates	mg/kg MS	<50,1	<50,7	<50,2	<50,0	82	1 000
Indice phénol	mg/kg MS	<0,50	<0,51	<50,0	<50,0	<0,50	1
Métaux							
Antimoine	mg/kg MS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,06
Arsenic	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,5
Baryum	mg/kg MS	0,12	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	20
Cadmium	mg/kg MS	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,04
Chrome	mg/kg MS	0,17	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,5
Cuivre	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	2
Mercure	mg/kg MS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
Molybdène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,5
Nickel	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,4
Sélénium	mg/kg MS	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Zinc	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	4

Les lixiviats potentiellement générés à partir des sols de la future plateforme UMTMA et à partir des rejets gravitaires ont des **teneurs en métaux inférieures aux seuils de quantification du**

laboratoire donc largement inférieures aux seuils de l'Arrêté Ministériel du 12 décembre 2014 pour l'admission des déchets sur des Installations de Stockage de Déchets Inertes (ISDI).

Les rejets gravitaires sont ainsi peu ou pas susceptibles de libérer des métaux.

Drainage acide minier

Des tests de type drainage minier acide ont également été réalisés par la SMYD sur des échantillons de rejets issus du traitement gravitaire (S1, S2 et S5), en 2014 :

Echantillon	S_{total} (%)	$S_{sulfate}$ (%)	$S_{sulfure}$ (%)	PA Kg $CaCO_3$/t	C_{total} (%)	$PN_{modifié}$ Kg $CaCO_3$/t	PN (%)	PN/PA	Acidogène	Acidogène
S1	0,05	0,000	0,05	1,7	<0,05	0,0	-1,7	0,0	Non	Non
S2	0,03	0,030	0,00	0,1	<0,05	0,0	-0,1	0,0	Non	Non
S5	0,07	0,007	0,07	2,0	0,26	0,0	-2	0,0	Non	Non

Les **teneurs en soufre sous forme de sulfures sont inférieures à 0,1%** (0,00% à 0,07% sur les trois échantillons étudiés). Les **rejets gravitaires peuvent donc être considérés comme non générateurs d'acidité** au sens de l'article 3 de l'Arrêté Ministériel du 19 Avril 2010 relatif à la gestion des déchets des industries extractives**.**

3.1.5.2.2. Campagne 2010

Hydrocarbures totaux

	Unité	S7	S8	S9	S11	S12	Référenciel		
							ISDI	ISDND	ISDD
Indice HCT	mg/kg MS	<15	**1 580**	<15	23,6	313	500	500 < C < 2 000	2 000 < C < 210 000

Méthodes aux normes : NF ISO 11465, NF EN

D'une manière globale, **la présence d'hydrocarbures est confirmée au niveau des stations S8, S11 et S12**. La station **S8** (en contrebas de l'ancienne aire de dépotage de l'atelier) est caractérisée par une **teneur particulièrement élevée en hydrocarbures** qui justifieraient en cas d'évacuation des sols qu'ils soient considérés comme **déchets non inertes mais toutefois non dangereux**. Les stations **S12** (au niveau de la cuve du groupe électrogène de la base vie) et **S11** (ancien baranque Yaou) sont également caractérisées par la présence d'hydrocarbures en concentrations supérieures au seuil de quantification du laboratoire. Toutefois ces **valeurs** restent **modérées** vis-à-vis des valeurs seuils de référence (ne dépassent pas la limite fixée pour les déchets admissible sur les ISDI).

Des préconisations seront exposées dans la suite de cette étude quant aux mesures à prendre pour lutter contre les pollutions aux hydrocarbures (dispositifs de rétention, déshuileurs, etc.), notamment pour les zones de stockage d'hydrocarbures.

12 métaux

	Unités	S1	S2	S3	S4	Référentiel
Arsenic	mg / kg MS	4,53	3,23	13	9,48	10
Cadmium	mg / kg MS	0,94	0,89	1,55	1,01	4
Chrome	mg / kg MS	**286**	**401**	**314**	**176**	142

	Unités	S1	S2	S3	S4	Référentiel
Cuivre	mg / kg MS	**37,3**	**31,3**	**69,8**	**43,1**	25
Nickel	mg / kg MS	**95,4**	**104**	**133**	**61**	26
Plomb	mg / kg MS	11,4	12,2	11,3	6,94	32
Zinc	mg / kg MS	**33,9**	**52,2**	**36,2**	**26,4**	23
Fer	mg / kg MS	46 400	41 100	79 000	68 400	250 000
Manganése	mg / kg MS	1110	692	1030	438	-
Antimoine	mg / kg MS	4,24	4,83	6,02	4,6	-
Sélenium	mg / kg MS	<10	<10	<10	<10	-

Méthodes aux normes : NF ISO 11464, NF EN 13346, NF EN ISO 11885, NF ISO 16772.

D'une manière générale, les résultats d'analyses effectués sur les rejets gravitaires sont très proches et parfois supérieures aux seuils de référence **témoignant**, toujours, d'un **fond géochimique particulièrement élevés pour les métaux** et ici plus particulièrement pour le **chrome**, le **cuivre**, le **nickel** et le **zinc**. Les anomalies chimiques mesurées dans les rejets gravitaires sont directement dépendantes du fond géochimique local, soit des caractéristiques chimiques du **gisement de Yaou**.

Mercure

	Unité	S11	S1	S2	S3	S4	Référence
Mercure	mg/l	0,03	0,017	0,015	0,019	0,016	0,15

Méthodes aux normes : NF ISO 11464, NF EN 13346, NF ISO 16772.

Concernant les prélèvements de 2010, aucune station ne présente une valeur supérieure à 0,15 mg / kg MS.

Si le mercure n'est pas systématiquement présent en concentration conséquente dans les sols du site ou du secteur, ainsi que dans les résidus de l'usine, **il convient de porter une attention particulière au risque de diffusion de cet élément vers le réseau hydrographique en aval**.

Tests de lixiviation

Les tests de lixiviation permettent de connaître les éléments des résidus de l'usine qui pourraient se retrouver dans les eaux de ruissellement ou d'infiltration, en aval du site.

Les valeurs ici obtenues pour ces rejets dans le milieu naturel sont comparées ci-après aux seuils de qualité pour les rejets aqueux (Arrêté Ministériel du 2 février 1998, dit « Arrêté intégré ») :

		Unités	S1	S2	S3	S4	Référence
Lixiviation 24h : TENEUR DE L'ELUAT	Arsenic	mg / l	<0,20 (non détecté)	<0,20 (non détecté)	<0,20 (non détecté)	<0,20 (non détecté)	0,05
	Barium	mg / l	3,85	2,46	2,16	2,13	-
	Cadmium	mg / l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-
	Chrome	mg / l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,1
	Cuivre	mg / l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1
	Molybdène	mg / l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-
	Nickel	mg / l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1
	Plomb	mg / l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,5
	Antimoine	mg / l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	-

		Unités	S1	S2	S3	S4	Référence
	Sélénium	mg / l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	-
	Zinc	mg / l	1,46	0,96	0,24	0,41	2
	Magnésium	mg / l	30,8	3,47	4,49	5,13	-

Méthodes aux normes : NF ISO 11464, NF EN 13346, NF EN ISO 11885, NF EN 12457-2, NF ISO 11465, NFT 90-008, NF EN 27888, NF EN ISO 17294-2.

Les quatre tests de lixiviation effectués sur les échantillons S1, S2, S3 et S4 ne révèlent pas de concentrations supérieures aux seuils de référence pour les éluats. **Ils ne relarguent donc pas de polluants.**

3.1.5.3. Synthèse du diagnostic

La campagne d'analyse des sols réalisée en 2009 a permis de mettre en évidence **quelques zones contaminées, plus ou moins fortement, aux hydrocarbures**. Ces pollutions sont directement liées au **stockage sur site de carburant** servant aux fonctionnement des groupes électrogènes et engins.

Ces **pollutions sont très localisées**. Des **mesures de prévention devront être prises** pour éviter de contaminer les sols lors de la suite des activités sur le site. Elles seront détaillées dans la suite de ce dossier.

Les analyses effectuées en 2010 et 2009 sur des échantillons bruts prélevés dans les bassins 2, 3 et 4 de rejets gravitaires montrent des teneurs en métaux relativement élevées et plus particulièrement pour le cuivre, chrome, nickel, zinc. Les rejets résultant du traitement gravitaire (aucune de transformation chimique) du minerai primaire extrait sur les fosses minières, ces résultats témoignent ainsi **d'un fond géochimique élevé en métaux**.

De même, le mercure a été détecté sur les essais de 2014 sur les rejets démontrant **probablement la présence naturelle du mercure dans les sols du site**.

Avec ces concentrations relativement élevés en métaux et parce que les rejets gravitaires contiennent une importante part d'humidité qu'il convient de faire décanter dans les bassins de stockage avant rejet au milieu naturel, des tests de lixiviation ont également été réalisés.

Les résultats de ces essais montrent que **les rejets gravitaires sont ainsi peu ou pas susceptibles de libérer des métaux**.

Enfin, en 2014, des tests de type drainage minier acide ont également été réalisés sur les rejets gravitaires. Or les résultats montrent que les **rejets gravitaires peuvent être considérés comme non générateurs d'acidité** au sens de l'article 3 de l'Arrêté Ministériel du 19 Avril 2010 relatif à la gestion des déchets des industries extractives**.**

3.2. PIEZOMETRIE ET QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

3.2.1. Hypothèse de fonctionnement hydrogéologue au niveau du site de Yaou

Cette présentation du fonctionnement hydrogéologique hypothétique du site de Yaou est issue de l'état initial hydrogéologique réalisé par le BRGM pour le conte de GUYANOR et CAMBIOR en 1999 : *Synthèse hydrogéologique préliminaire de la région des sites miniers de Yaou et Dorlin. BRGM n°2754 SGR/GUY99, janvier 1999.* Ce rapport est intégralement fourni en *Annexe 5 du Tome 3 : Etude d'Impact*.

Les conclusions du BRGM se basent sur :

- Le contexte géologique du secteur de Yaou
- La caractérisation de la fracturation
- La caractérisation chimique des eaux de surface
- Une mission de reconnaissance géologique et hydrogéologique du site.

La *Figure 9 et la Figure 10* présentent les cartes hydrogéologiques des secteurs Yaou Central et Yaou Ouest.

3.2.1.1. Aquifères superficiels ou « semi-profonds »

a) Cuirasses latéritiques

L'argile tachetée, puissante de quelques mètres, se développe aux dépens de la saprolite sous-jacente au sein de la zone non saturée sous les effets conjugués des circulations d'eau verticales et de l'activité biologique. Cette dernière favorise de façon prépondérante l'infiltration profonde des eaux météoriques sur les zones de replat.

Les horizons cuirassés se forment au dessus des argiles tachetées. Sur le site de Yaou, ils ne se présentent plus sous leur aspect massif et macroporeux, mais sous forme remaniée, gravillonnaire, dans une matrice limono-argileuse, et présence de blocs résiduels. Ils drainent rapidement les eaux. Le fort contraste de perméabilité entre les argiles tachetées et ces cuirasses résiduelles permet la constitution de **nappes perchées**, en saison des pluies au moins. Les écoulements prennent alors une composante horizontale dominante pour constituer des **zones d'émergences**, le plus souvent diffuses, à la faveur de la topographie. Ces **sources** sont souvent caractérisées par de **faibles débits** (<1 m^3/h) dont la variabilité est forte dans le temps (tarissement en saison sèche). Sont fonctionnement hydrodynamique est à rapprocher de celui d'un karst en terrain sédimentaire.

Ces formations sommitales sont aquifères et abritent une nappe perchée non pérenne. Elles ne pourraient donc pas répondre aux critères requis pour une mise en exploitation des eaux souterraines.

b) Altérites et saprolite

Ces formations ont d'importantes capacités de rétention. Sur les fortes pentes des versants de la zone de Yaou Central, ces formations, largement érodées, restituent le plus souvent leur nappe aux eaux superficilles à la faveur de la topographie ou d'axes d'écoulement privilégiés (zones filoniennes altérées, niveaux sableux…). Cette restitution est étroitement liée à la nature originelle de la roche mère. Il s'agit en fait d'un écoulement souterrain sub-affleurant. Sur le secteur d'étude, la puissance de saprolite est variable (30 m en moyenne sur les zones Yaou Central, Est et Ouest et jusqu'à 60 m sur Chaina). Elle se caractérise par une altération isovolumétrique de la roche

mère avec destruction de la plupart des minéraux primaires à l'exception du quartz et des minéraux lourds. Si l'altération du quartz saccharoïde en niveaux sableux peut constituer des axes d'écoulement préférentiels (granites, intrudifs felsiques, schistes siliceux), les formations à dominante argileuse, au sommet de la saprolite, limitent fortement l'infiltration dans les niveaux inférieurs, notamment lorsqu'elles se placent sur les versants abrupts (volcanites mafiques). On considère généralement que la limite entre la zone saturée et non saturée se situe au toit de la saprolite.

Ces formations, bien que jouant un rôle capacitif pour les formations transmissves sous-jacentes et de collecteur des eaux de la nappe superficielle, peuvent être considérées comme faiblement aquifères (perméabilité globale de 10^{-5} à 10^{-6} m/s).

Au droit des futurs parcs à résidus décyanurés, les essais de perméabilité à l'oedomètre par Mines&Avenir en 2014 ont donné des résultats de 6,3.10^{-8} m/s pour les saprolites ferralitisées et 7,9.10^{-8} m/s pour les saprolites *(Cf. Annexe 11 du Tome 2 : Mémoire Technique)*.

c) Flats et formations alluviales

Les bas-fonds sont comblés par des formations alluviales saturées en eau et à plus ou moins forte teneur en matière organique. Ces flats, le plus souvent à tendance marcageuse, sont largement représentés au niveau de la crique Yaou est de ses affluents. Leur épaisseur est limitée (3 à 4 m en général) et leur nature est à dominante argilo-sableuse. La percolation des eaux y est lente favorisant ainsi une infiltration plus profonde dans les terrains sous-jacents perméables. Dans les plus grandes criques, on trouve à leur base un niveau graveleux peu épais (<0,5 m) leur donnant un caractère plus aquifère.

Le rôle des flats alluviaux dans le fonctionnement hydrogéologique du secteur est double :

- **Ils drainent les eaux issues des altérites à la faveur d'un replat topographique ;**
- **Par leur capacité de rétention, ils favorisent les infiltrations dans les formations perméables sous-jacentes.**

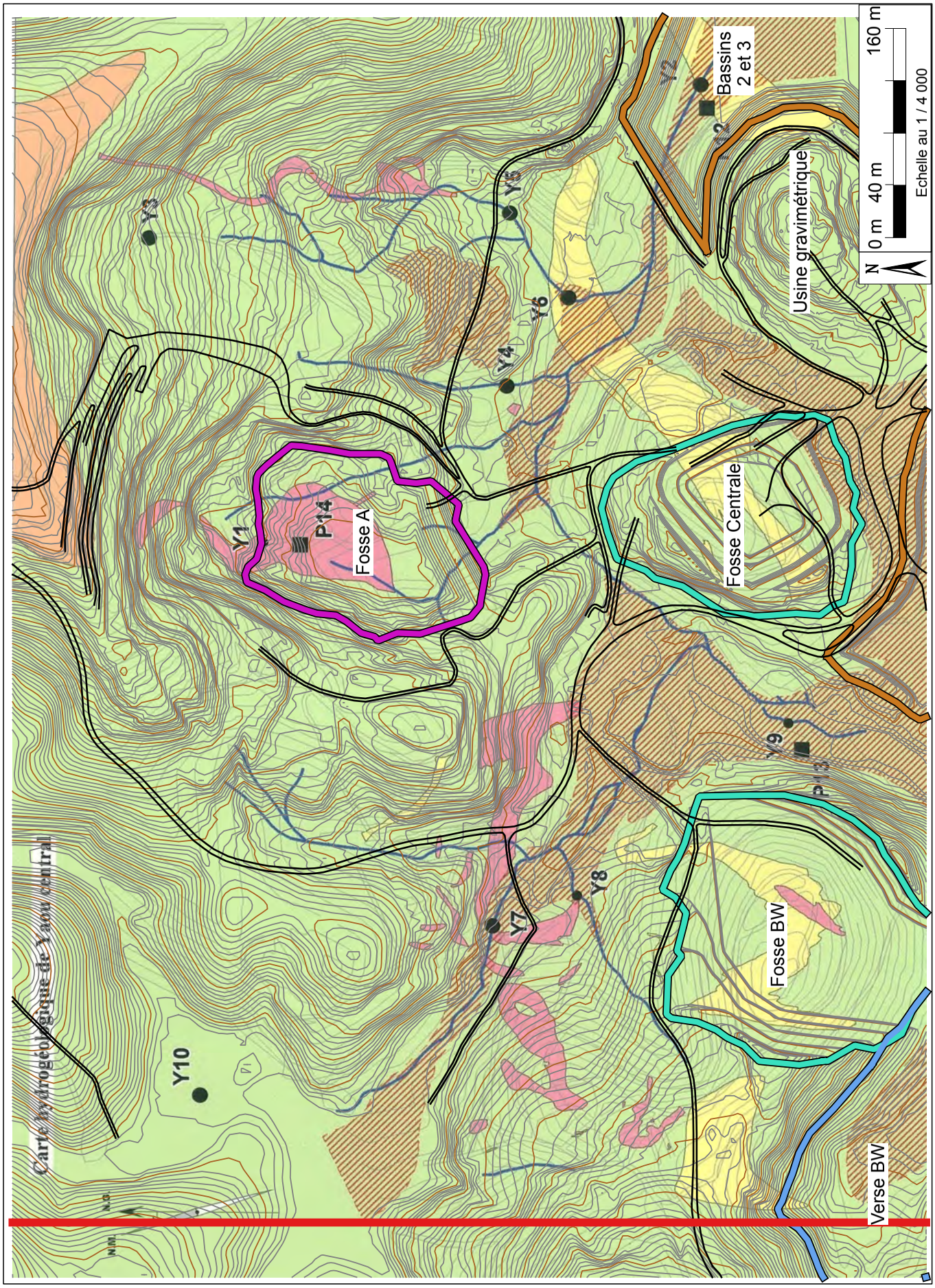
Néanmoins, l'exploitation des eaux souterraines qu'ils contiennent paraît difficilement envisageable.

d) Dykes de dolérites ou de porphyres feldspathiques

Les filons de dolérites et de porphyre feldspathique qui recoupent l'ensemble des formations selon une direction Nord Nord-Ouest, sont massifs, peu altérés et très peu perméables. **Peu ou pas fracturés, ils peuvent être considérés comme non aquifères**.

En effet, les quelques sondages réalisés dans le cadre des programmes de recherche n'on révélé aucune venue d'eau significative. Dans le contexte de Yaou, ils pourraient même constituer une limite étanche aux écoulements souterrains, compartimentant ainsi les aquifères traversés. Il ne semble donc pas, d'une manière générale, que les filons de dolérite constituent de bons marqueurs de la présence d'une fracture hydraulique active.

Par contre, il est probable qu'en bordure de ces filons, au sein des formations encaissantes, se soit développée une fracturation tardive constituant autant d'axes d'écoulement souterrains privilégiés (rôle de conduits drainants).



SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)

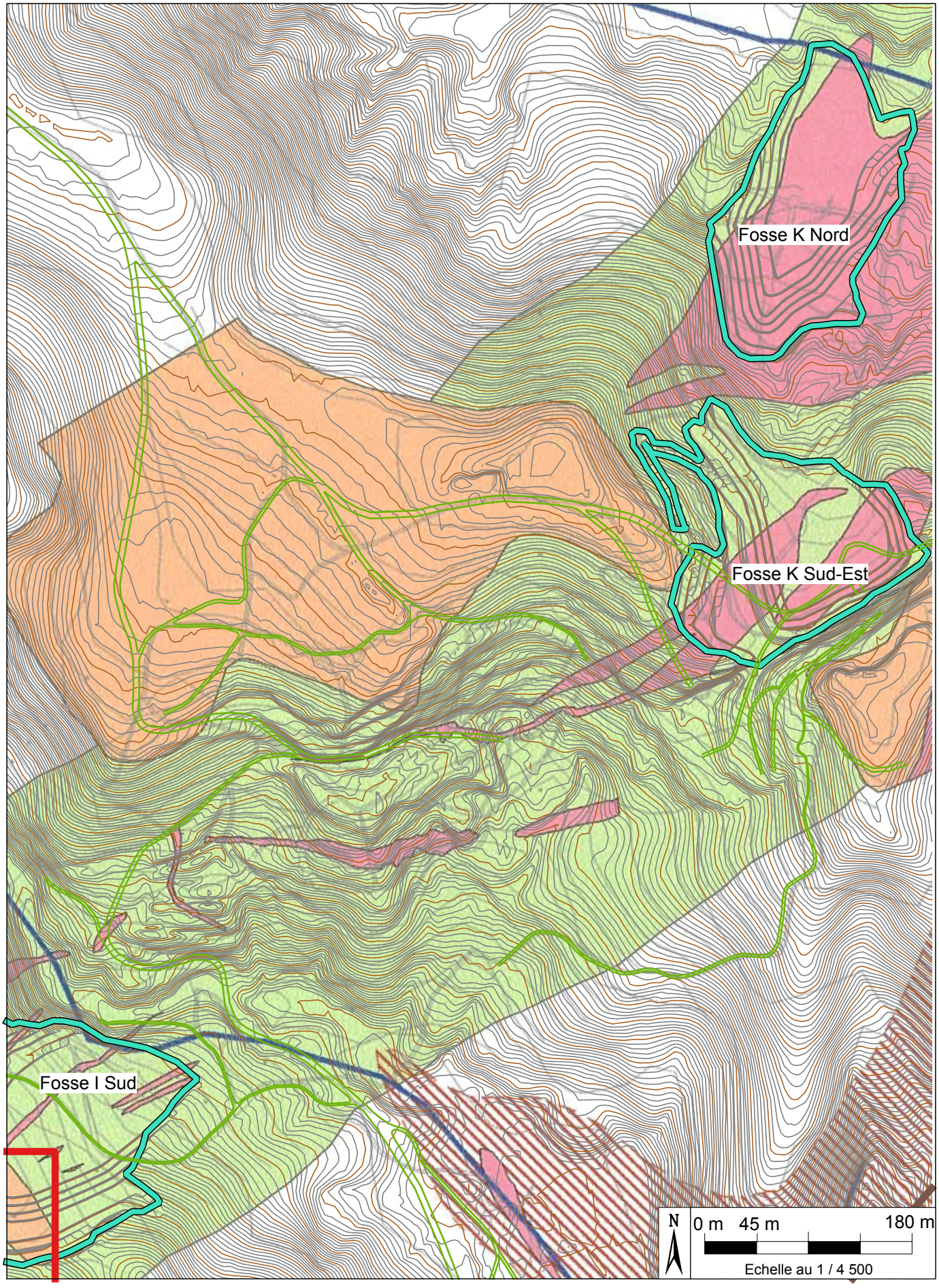
Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)

Rapport de base prévu par la Directive IED

Carte hydrogéologique du secteur Yaou Central

Source : Rapport BRGM 2754 SGR/GUY99

Figure 9



GéoPlusEnvironnement

SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)

Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)

Rapport de base prévu par la Directive IED

Carte hydrogéologique du secteur Yaou Ouest - IJK

Source : Rapport BRGM 2754 SGR/GUY99

Figure 10

Légende

Pistes pratiquables

Réseau hydrographique

Y1 ● Analyse physico-chimique in-situ et numéro de station

Y4 ● Analyse physico-chimique in-situ
plus prélèvement d'eau pour analyses chimiques

P11 ■ Piézomètre à réaliser

Formations superficielles

Alluvions récentes et terrasses (aquifère à faible potentiel, vulnérable)

Cuirasse latéritique (aquifère non pérenne à faible potentiel, vulnérable)

Formations du socle

Volcaniques mafiques (faiblement aquifère, peu vulnérable)

Intrusif felsique, diorites (aquifère à fort potentiel, vulnérable)

Tufs felsiques (faiblement aquifère, peu vulnérable)

Schistes sériciteux (aquifère à potentiel moyen, moyennement vulnérable)

3.2.1.2. Aquifères potentiels « profonds »

La majorité des roches saines en profondeur sont massives et sans porosité primaire. Leur caractère potentiellement aquifère est essentiellement lié à l'existence de discontinuités comme des failles, et jouant le rôle de drains d'écoulement profond. Aucune donnée hydrogéologique (piézométrie, caractéristiques hydrodynamiques, hydrochimie…) n'est disponible sur le secteur de Yaou.

Cependant, les différents programmes de recherche réalisés sur des formations équivalentes, confortés par les indices hydrogéologiques constatés par le BRGM lors de sont étude sur le site de Yaou, permettent les observations suivantes :

- **Les substratums des séries Armina et Paramaca (volcanites mafiques)** sont équivalents d'un point de vue hydrogéologique. La fracturation s'y développant difficlement, ils **sont considérés comme faiblement aquifères**. Leur alimentation est essentiellement liée à l'existence d'une zone d'infiltration profonde privilégiée au droit d'un intense réseau de fractures interconnectées. Le sens d'écoulement de la nappe n'est pas connu. Cependant, il est probable qu'il soit conforme à la topographie.
- **Les granites et les gabbros** constituent les principaux aquifères continus du secteur d'étude. La fracturation qui s'y développe particulièrement leur confère des transmissivités susceptibles d'être élevées (de l'ordre de 10^{-3} m^2/s). Les zones de contact avec le schiste, le plus souvent broyées, ont un rôle de collecteur des eaux souterraines. Le sens d'écoulement n'est pas connu et la nappe profonde qu'is contiennent est vraisemblablement drainée par les rivières entaillants ces formations.
- **Les schistes sériciteurs et siliceux de Chaina** (extrémité Sud-Ouest du PEX) constituent des zones de stockage privilégiées dont la perméabilité, étroitement liée à la teneur en silice, contraste nettement avec les formations encaissantes (tufs mafiques). **Ils constituent un aquifère continu drainant toutes les eaux souterraines du secteur.** Leur productivité devrait néanmoins être limitée (transmissvité estimée de l'ordre de 10-5 m^2/s). Les criques de Chaina drainent les nappes qu'ils contiennent à une cote d'environ 130 m NGG.
- **Les autres intrusifs (felsiques, diorites) sont aquifères et jouent le rôle de collecteurs des eaux souterraines** vis-à-vis d'un encaissant moins perméable. Ponctuellement, le contact entre deux intrusifs peut être broyé, favorisant la circulation d'eaux souterraines. Dans ce cas, des productivités élevées sont envisageables.

3.2.2. Caractérisation chimique des eaux

Les résultats de la campagne hydrochimique (synthèse hydrogéologique du BRGM, Janvier 1999) réalisée en période sèche indiquent :

- une forte contribution générale des eaux contenues dans les formations intrusives (felsiques, diorites) par rapport aux formations encaissantes (schistes du Paramaca) ;
- le soutien d'étiage des criques est essentiellement assuré par les nappes « profondes » à un niveau où les minéraux se libèrent plus facilement (« saprock ») ;
- les criques sont drainantes aussi bien vis-à-vis des nappes superficielles que «profondes»,
- une contribution non négligeable des nappes alluviales (ou des écoulements sub-affleurants dans les latosols) au débit des criques.

Le bassin versant de la crique Yaou, couvrant la partie Est du site de Yaou Central, a été étudiée par FARAH sur une année hydrologique complète en 1992/1993, dans le cadre d'un programme de recherche. Les principaux résultats issus de cette étude sont les suivants :

- les 4 cours d'eau du bassin versant sont issus de sources s'étageant entre 120 et 160 m NGG ;
- l'analyse chimiques de sols basée sur 29 échantillons indique une forte proportion de SiO2 (51%), A2O3 (24%) et Fe2O3 (16%) ;
- les eaux de pluvio-lessivage sont sensiblement plus chargées que les eaux de pluie dont les éléments domiantns sont Cl et Na, avec un pH légèrement acide. La signature la plus marquante est l'augmentation considérable des teneurs en K+, HCO3- et Mg2+ ;
- entre 0 et 0,5 m de profondeur, on note une diminution sensible du pH (de 6 à 5), ainsi que des éléments S042-, HCO3-, Na+, K+, Fe2+ et SiO2 ;
- la nappe de la saprolite n'est pas uniforme d'un point de vue chimique (évolution verticale). Sa composition traduit un écoulement où les apports en éléments proviennent simultanément de la zone non saturée (dégradation de la litière) et de l'altération des minéraux du substratum à la base de la saprolite.

3.2.3. Vulnérabilité et potentiel aquifère

La vulnérabilité des eaux souterraines peut être établie à partir des zones d'infiltrations efficaces privilégiées et de la perméabilité supposée de la zone non saturée. On peu distinguer :

1) **Les secteurs fortement vulnérables et à fort potentiel aquifères**. Ils se localisent au droit des principaux aquifères dont la couverture favorise la percolation des eaux météoriques. Il s'agit des **intrusifs felsiques**.
2) **Les secteurs moyennement vulnérables et à fort potentiel aquifère**. Ils concernent ls formations aquifères dont la couverture (et/ou le contexte géomorphologique) favorise peu les percolations des eaux météoriques. Il s'agit essentiellement des **schistes sériciteux** dela zone Chaina (extrême Sud-Ouest du PEX de Yaou).
3) **Les secteurs vulnérables et à faible potentiel aquifère**. Ils concernent les zones à fort pouvoir d'infiltration, mais dont la formation est a priori peu compétente pour abriter une nappe d'envergure. Il sagit de l'ensemble des **flats alluviaux** et des **cuirasses latéritiques remaniées** ou des **latosols** situés sur les plateaux.

Tous les autres secteurs sont considérés comme faiblement vulnérables.

Les principales sensibilités hydrogéologiques de ce projet ICPE sont les suivantes :

- **Fosse A** destinée à accueillir les futurs rejets de la gravimétrie, située au droit d'un **aqufière fortement vulnérable et à très fort potentiel (intrusifs felsique).** Le potentiel aquifère de secteur est attesté par le fait que le fond de la fosse A est actuellement en eau ;
- **Futurs parcs à résidus décyanurés, atelier et parc engin existants** situés au droit d'**aquifères vulnérables et à faible potentiel (flats alluviaux)**.

Les autres infrstructures du projet (usine gravimétrique, UMTMA, fosse Centrale) se trouvent au droit de secteurs peu vulnérables et à faible potentiel aquifère.

La sensibilité hydrogéologique est donc, selon les endroits, faible (usine gravimétrique, UMTMA, fosse Centrale) à forte (fosse A, parcs à résidus décyanurés, atelier et parc engins existants) mais à relativiser au regard de l'absence d'usage des eaux souterraines et du faible potentiel des flats alluviaux.

3.3. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX SUPERFICIELLES DU SITE DE YAOU

Dans le cadre de ce dossier, des prélèvements d'eau et analyses *in situ* été réalisés par GéoPlusEnvironnement en 2014 sur les principaux cours d'eau concernées par les activités SMYD et par l'implantation de l'UMTMA (*Cf. Figure 9*).

Des analyses en laboratoire ont également été réalisées. Le tableau suivant présente les résultats de mesure in-situ réalisées sur les stations amont (J1, J3, J4, J5, J6) :

Paramètres	**Unités**	**J1** *Crique portail sortie*		**J3** *Crique Yaou amont*			**J4** *Crique H*			**J5** *Crique BW*	**J6** *Crique Mattéo*	
		C1	**C3**	**C1**	**C2**	**C3**	**C1**	**C2**	**C3**	**C1**	**C1**	**C2**
pH	-	-	6,9		7	6,72		7	6,72	7,08	6,99	6,83
Température	°C	-	26,2		27,14	27,2		27,1	27,2	24,9	25,9	25,9
O_2 dissous	mg/L	5,7	-	6,1	0,86		3,8	0,51		0,79	0,75	1,2
Saturation en O_2	%	-	-		6,5			6,5		9,7	9,4	15
Conductivité	µS/cm	52,3	67	59	57	77	59	57	77		52	53
Turbidité	mg/L	184	28,2	127			15,5		28,1	161	36,5	
Potentiel redox	mV	-	-34,3		-9,1	-53,1		-53,1	692	-109,1	-85,6	-49,2
TDS	mg/L	-	34		29	38		29	38	80	26	27

C1 : campagne de mesure n°1 du 17/04/2014
C2 : campagne de mesure n°2 du 18/04/2014
C3 : campagne de mesure n°3 du 21/04/2014

Les eaux des criques Yaou, BW, Mattéo et H présentent les caractéristiques « classiques » des cours d'eau amazoniens : un pH le plus souvent légèrement inférieur à 7, une température et une oxygénation élevées, et une faible minéralisation (conductivité faible). De tels cours d'eau présentent une concentration en MES variable, et pouvant être relativement élevée du fait des fortes pluies qui lessivent les saprolites et latérites présentes sous une faible couche de sol.

Le tableau suivant présente les résultats de mesure en laboratoire réalisées sur les stations amont :

Paramètres	**Unités**	**J3** *Crique Yaou amont*	**J4** *Crique H*	**J5** *Crique BW*	**J6** *Crique Mattéo*
Cyanures aisément libérables	µg/l	<10	<10	<10	<10
Cyanures totaux	µg/l	<10	<10	<10	<10
Minéralisation Acide Nitrique		-	-	-	-
Aluminium	mg/l	1.84	<0.10	0.44	0.38
Arsenic	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cadmium	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Chrome	mg/l	0.06	<0.01	0.01	<0.01
Cuivre	mg/l	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Fer	mg/l	6.16	3.15	7.42	4.92
Nickel	mg/l	0.01	<0.01	0.01	<0.01
Plomb	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Zinc	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mercure	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Somme As+Cd+Cr+Cu+Ni+Pb+Zn+Hg	mg/l	0.07<x<0.14	<0.09	0.02<x<0.09	<0.09

On remarque que les **métaux présents dans les sols en grande concentration sont lessivés et se retrouvent naturellement dans les eaux** des criques, notamment le fer et l'aluminium mais également des traces chrome, cuivre, nickel, zinc.

Malgré la possibilité d'activités d'orpaillage clandestines en amont du site, **aucune pollution au mercure ou aux hydrocarbures n'est détectée** dans l'eau.

Les résultats des trois campagnes d'analyses (1998, 2010 et 2014) montrent globalement une **bonne qualité des eaux de la crique Yaou et de ses affluents**, en amont des installations ICPE. Aucun prélèvement n'a été réalisé à l'aval direct des bassins de stockage des rejets gravitaires.
Entre 1998 et 2014, la qualité des eaux ne s'est pas dégradée.

Rappelons que la crique Yaou représente le milieu récepteur des principales activités du site (futurs bassins de stockage des résidus ultimes décyanurés, stockages actuels des rejets gravitaire, UMTMA). **Ce milieu est caractérisé par une bonne qualité physico-chimique d'où une sensibilité relativement forte**.

Une étude hydrobiologique de la crique Yaou, de la crique IJK et des effluents de la crique Yaou, recueillant l'intégralité des eaux du périmètre des ICPE et Code Minier a été réalisée par le bureau d'études *HYDRECO*, en mars 2010 (*Annexe 6 du Tome 3 : Etude d'Impact*). L'étude a porté sur les stations amont et aval de la crique Yaou, et sur deux crique situées en dehors des zones de travaux de 2010, la crique IJK et un affluent de la crique Yaou.

La crique Yaou est un cours d'eau caractéristique d'un milieu forestier qui subit depuis de nombreuses années l'impact des activités minières.

Au regard de la faune benthique, les peuplements sont déséquilibrés sur l'ensemble de la zone d'étude. La station 4 ressort comme la plus riche, suivie par la station 3 (en amont du site) et la station 2.

Le dosage en mercure des poissons montre un taux moyen de mercure relativement faible pour toutes les espèces, sauf pour une, sur la station 3 en amont du site, dépassant la norme de 0,5 µg Hg/g PF.

Au niveau de la faune piscicole, la **présence d'espèces rares** à l'amont de l'exploitation et dans les zones pour le moment en dehors des travaux nécessite qu'une attention particulière soit portée à la limitation des rejets effectués dans les criques et à la revégétalisation des sols afin de ne pas trop perturber l'habitat de ces espèces peu communes ainsi que l'équilibre de l'écosystème aquatique qui s'est mis en place mais qui reste très fragile.

D'une manière générale, les eaux des criques principales du secteur d'études sont de **bonne qualité physico-chimique, en amont du site.** La turbidité, parfois élevée, est essentiellement due aux forts épisodes pluvieux qui ruissellent sur des sols peu perméables et dont les premiers centimètres sont facilement remobilisables.

La qualité biologique de ces cours d'eau est par ailleurs considérée comme mauvaise ; les peuplements étant perturbés par les activités d'orpaillage, dégradant morphologiquement les cours d'eau.

La sensibilité des eaux superficielles est forte.

Périmètre ICPE

Crique

Bassins de rejets gravitaire (bassins B2, B3 et B4)

Bassin d'eau claire

Digue étanche

Digue perméable

Actuels bassins de stockage des rejets gravitaires

Une des futures zones de stockage du minerai <3 g/t

Future plate-forme UMTMA et future usine gravimétrique

Futurs parcs à résidus décyanurés

Futurs bassins de rejets gravitaires

J6 Stations de mesure, SMYD/GéoPlusEnvironnement, 2010

H3 Stations de mesure, SMYD/GéoPlusEnvironnement, 2010

Yp13 Stations de mesure, SMYD/APAVE, 1998

Echelle limnimétrique

Débitmétrie

Physico-chimie *in situ* et prélèvement pour analyse en laboratoire

Hydrobiologie

N

Crique Yaou amont

Crique Mattéo

Crique BW

Crique H

Crique Yaou

Crique 1 - affluent rive droite de Yaou - entrée du site

Yp5

H1

Base vie

Future usine gravimétrique

Fosse A

J3

H3

Futur parc à rejets gravitaires

Bassin 1 Eau claire

Bassin 2

Futurs parcs à résidus décyanurés

Yp13

Future zone de stockage du minerai faiblement concentré extrait sur les fosses BW et Centrale

Fosse BW

Fosse Centrale

Pompage

Actuelle usine gravimétrique

Bassin 3

Atelier

Actuels parcs à rejets gravitaires

J5

Stockage de carburant, huiles

Futur parc à résidus décyanurés

Bassin 4

Future UMTMA

D1

D1'

D2

D2'

J6

J2

H2

Yp7

J4

H4

Yp8

Linéaire de la crique

J1

H5

Yp8

0 m 100 m 400 m

Echelle au 1 / 10 000

GéoPlusEnvironnement

SMYD - Mine d'or de Yaou - Commune de Maripasoula, Guyane Française (973)

Demande d'autorisation pour la régularisation d'une installation existante (séparation gravitaire d'or primaire) et la mise en place d'une Usine Modulaire de Traitement de Minerai Aurifère (UMTMA)

Rapport de base prévu par la Directive IED

Stations de jaugeage, campagnes d'Antea (1998) et de GéoPlusEnvironnement (2010 et 2014)

Sources : IGN, GéoPlusEnvironnement

Figure 11

4. CONCLUSION

4.1. SUBSTANCES DANGEREUSES PERTINENTES UTILISEES PRODUITES OU REJETEES SUR L'UMTMA

Les seules **substances dangereuses pertinentes associées à l'UMTMA seront les réactifs chimiques dangereux** utilisés au sein même de l'UMTMA :

- Cyanure de sodium pur solide stocké sélectivement dans des contenants adaptés ;
- Cyanure de sodium en solution dans le circuit de cyanuration (0,05% dans la solution de cyanuration et 0,1% dans la solution d'élution) ;
- Le sulfate de cuivre utilisé au niveau de la destruction des cyanures ;
- ~~Le nitrate de plomb~~.

A noter que l'UMTMA fonctionnera en circuit fermé et que la solution de cyanuration sera recyclée. **Aucune substance dangereuse pertinente ne sera produite ni rejetée dans l'environnement par l'UMTMA**.

La consommation de ces réactifs par tonne de minerai traité et la quantité maximale stockée (3 mois de stock) sur l'UMTMA sont présentés dans le tableau suivant :

Produit	Consommation (kg/T)	Consommation annuelle (T)	Quantité maximale stockée (3 mois)
Cyanure de sodium solide	0,11	12	3 T
~~Nitrate de plomb~~	~~0,03~~	~~3~~	~~810 kg~~
Sulfate de cuivre	0,08	9	2,16 T

Ces quantités représentent un stock de 3 mois, nécessaire afin de prévenir de tout manque d'approvisionnement (stock fournisseur, grève, etc.).

4.2. SOURCES DE POLLUTION ASSOCIEES A L'UMTMA

La mise en place de l'UMTMA et ses annexes créera **des sources de pollutions potentielles des eaux souterraines et superficielles**, principalement liées aux conditions de stockage, de transfert et de manipulation des réactifs et à l'utilisation de cyanure.

Le circuit fermé de l'UMTMA et les digues de rétention actuelles et à venir empêcheront les eaux du process de l'UMTMA, très basiques, potentiellement concentrées en cyanures et chargées en MES, de s'écouler vers la crique Yaou.

Les résidus ultimes pourraient contenir du mercure issu du minerai primaire ainsi que du cyanure résiduel issu du process. Une éventuelle pollution chronique au mercure et aux cyanures pourrait ainsi être engendrée par :

- Une **fuite chronique lors du transport des résidus** ultimes ;
- L'**infiltration de lixiviats** contenant du cyanure au droit des parcs à résidus ;
- Un **débordement par les surverses des digues** des parcs à résidus décyanurés, suite à une très forte pluie. L'excédent d'eau déversé dans le milieu naturel serait moins basique et contiendrait moins de cyanures résiduels, car dilués par l'eau de pluie et dégradés naturellement dans la lame d'eau supérieure (écoulement laminaire par la surverse). De même, le mercure éventuellement présent se trouverait dilué par les eaux de ruissellement.

Le seuil de qualité pour les rejets aqueux contenant du cyanure, dans le milieu naturel est de 0,1 mg/L, si le flux de cyanure rejeté dépasse 1 g/j.

L'application du procédé SO_2/air aux résidus cyanurés permettra de réduire les concentrations en cyanure libre à des concentrations largement inférieures à 5 ppm dans les résidus décyanurés.

4.3. PRESERVATION DE LA QUALITE DES SOLS ET DES EAUX

La qualité des sols et des eaux sera préservées par toute une batterie de mesures détaillées au *§ 7.1.3 du Tome 3 : Etude d'impact*. Ces mesures concernent essentiellement :

- Les modalités de transport, de stockage et d'utilisation des réactifs chimiques dangereux (cyanure de sodium notamment) ➔ évitement de toute pollution accidentelle ou chronique, au cyanure notamment, à partir de l'UMTMA (capacités de rétentions, revêtements adéquats, puisards…) ;
- Le respect des prescriptions des études préalables à la construction de l'UMTMA ;
- La gestion des eaux de process de l'UMTMA : optimisation de l'utilisation du cyanure, drainage de tous les lixiviats vers un point de collecte pour leur recyclage dans le circuit de cyanuration ;
- La gestion des résidus décyanurés : destruction des cyanures des résidus avant rejet dans les parcs (procédé SO_2/air), stockage des résidus décyanurés sous forme quasi-solide (après centrifugation), modalités de stockage (digue filtrante puis bassin étanche) ;
- La gestion des circulations d'eau au niveau des parcs à résidus décyanurés :
    - bassins de secours en aval des parcs à résidus et bassins de rejets afin de contenir au maximum les éventuels débordements ;
    - si nécessaire (en fonction des résultats des suivi de la qualité de l'eau pour le mercure et les cyanures notamment), traitement des eaux avant leur rejet dans le milieu naturel (traitement au sulfate de fer ferrique ou au charbon actif) ;
- Etc.

4.4. ETAT DES LIEUX DE LA QUALITE DES SOLS ET DES EAUX

Les sols et les eaux superficielles ne présentent aucune trace de pollution concernant les substances dangereuses pertinentes considérées dans ce rapport de base (cyanure, sulfate de cuivre et ~~nitrate de plomb~~).

Les eaux souterraines ne présentent également a priori pas de trace de telles pollutions, mais ceci n'a pas pu être vérifié en raison de l'absence de piézomètres sur le site.

Le programme de suivi de la qualité des résidus décyanurés, des eaux souterraines et des eaux superficielles prévu dans le cadre de ce projet est repris dans le tableau suivant :

Action	Objectif	En cours d'exploitation	Paramètre mesuré
Prélèvement et analyse des résidus	Contrôler le caractère inerte des résidus ultimes de la cyanuration vis-à-vis de la génération d'acidité et de la libération de métaux lourds	Annuelle	Potentiel de génération d'acidité et test de lixiviation
Prélèvement et analyse des résidus en sortie du circuit de destruction des cyanures	Contrôler l'efficacité de la destruction des cyanures	Hebdomadaire	Concentration en cyanure WAD et mercure
Prélèvements dans les piézomètres, dans les digues et en amont de chaque bassin de rejet et parc à résidus ultimes de la cyanuration et au niveau de la base vie	Surveiller la qualité des eaux souterraines	Mensuelle	Piézométrie, pH et concentration en cyanure WAD et mercure
		Annuelle	Hydrocarbures totaux, conductivité, oxygène dissous, MES, DCO, Métaux Lourds
Prélèvement dans la crique H, BW, Yaou en amont et en aval des installations ICPE Prélèvement dans le bassin n°1, dans lequel s'effectue la première surverse de secours des bassins de décantation des rejets gravitaires Prélèvements à adapter selon l'avancée de l'exploitation	Surveiller la qualité des eaux superficielles	Mensuelle	pH et concentration en cyanure WAD et mercure
		Annuelle	Hydrocarbures totaux, conductivité, oxygène dissous, MES, DCO, Métaux Lourds

Les données manquantes de ce rapport de base sur la qualité des eaux souterraines pourront être complétées, à l'obtention de l'Arrêté Préfectoral d'autorisation par la pose des piézomètres, suivie d'un programme d'analyse d'eaux souterraines avant le démarrage de l'UMTMA.

Réalisé par :
GéoPlusEnvironnement

Agence Centre et Nord
2 rue Joseph Leber
45 530 VITRY-AUX-LOGES
Tél : 02 38 59 37 19 – Fax : 02 38 59 38 14

e-mail : geo.plus.environnement2@orange.fr

Siège social / Agence Sud :
Le Château
31 290 GARDOUCH
Tél : 05 34 66 43 42 – Fax : 05 61 81 62 80
e-mail : geo.plus.environnement@orange.fr

Agence Est :
7 rue du Breuil
88 200 REMIREMONT
Tél : 03 29 22 12 69 – Fax : 09 70 06 14 23
e-mail : geo.plus.environnement4@orange.fr

Agence Ouest :
5 chemin de la Rôme
49 123 CHAMPTOCE-SUR-LOIRE
Tél : 02 41 34 35 82 – Fax : 02 41 34 37 95
e-mail : geo.plus.environnement3@orange.fr

Agence Sud-Est :
Quartier Les Sables
26 380 PEYRINS
Tél : 04 75 72 80 00 – Fax : 04 75 72 80 05
e-mail : geoplus@geoplus.fr

Antenne PACA :
Sainte-Anne
84 190 GIGONDAS
Tél : 06 88 16 76 78

Site internet : www.geoplusenvironnement.com

GéoPlusEnvironnement

La gestion de l'environnement, la reconnaissance du sous-sol
et l'application de la réglementation au service de votre projet.