

Document public

Expertise Mine et Cyanure en débat public sur le Projet Montagne d'or en Guyane

Rapport final

BRGM/RC-67967-FR

Avril 2018



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document public

Expertise Mine et Cyanure en débat public sur le Projet «Montagne d'or» en Guyane

Rapport finale

BRGM/RC-67967-FR
Avril 2018

Réalisé dans le cadre du projet CF18CAY004

P. URIEN

Vérificateur :

Nom : Gaël Bellenfant

Fonction : Responsable
scientifique de programme

Date : 04/05/18

Signature :



Approbateur :

Nom : VERNEYRE Laure

Fonction: Directrice régionale
BRGM Guyane

Date : 22/05/2018

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : Guyane, mine, or primaire, exploitation, cyanuration, Saint-Laurent-Du-Maroni, Montagne d'Or, risques, débat public.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

P. URIEN (2018) – Expertise Mine et Cyanure en débat public sur le Projet « Montagne d'or » en Guyane. Rapport final. BRGM/RC-67967-FR, p.74, ill. 22, ann.1, CD.

Avertissement

Ce rapport est adressé à la Commission Nationale du Débat Public qui engage l'expert par une charte d'éthique selon les conditions mentionnées ci-dessous.



CHARTRE D'ETHIQUE ET DE DEONTOLOGIE DES EXPERTS.

Chaque expert mandaté par la CNDP dans le cadre de la réalisation d'une expertise complémentaire s'engage à :

1. *N'avoir aucun intérêt, à titre personnel ou en raison de liens de parenté ou d'alliance ou en raison de ses fonctions, au projet objet de l'expertise complémentaire ou de liens avec le maître d'ouvrage du projet;*
2. *Porter sans délai à la connaissance du président de la Commission nationale du débat public tout changement de statut ou de fonction susceptible de porter atteinte à son indépendance ;*
3. *N'avoir, au cours des trois dernières années, pris aucune position publique à titre personnel sur des sujets en lien direct avec l'objet de l'expertise complémentaire, susceptible de créer un doute sur son impartialité.;*
4. *Faire preuve, par son attitude et ses prises de parole, d'indépendance par rapport aux diverses parties prenantes ;*
5. *S'interdire d'accorder, de solliciter, d'accepter tout avantage, direct ou indirect, au profit ou de la part de tout organisme ou personne concernés, à un titre ou à un autre, par le projet objet de l'expertise complémentaire ;*
6. *Ne pas s'exprimer publiquement sur l'expertise, notamment dans les médias et sur les réseaux sociaux, sans l'accord du président de la CNDP ;*
7. *Ne pas user indûment de sa qualité d'expert mandaté par la CNDP.*

Je soussigné(e) Loïc Orléan
la présente charte d'éthique et de déontologie.

A Orléans, le 27 Mars 2018

m'engage à respecter

Signature Loïc Orléan

Suite à l'atelier du 4 avril 2018, tenu en Mairie de Saint Laurent du Maroni, l'auteur de ce rapport a été sollicité par une journaliste de Guyaweb pour une interview en questions-réponses par courrier électronique. Cette demande, à titre privé a été transmise à la CNDP qui a donné son accord pour cet entretien par courriel du 19 avril 2018. Le contenu des questions écrites et des réponses apportées figure dans le présent rapport.

Synthèse

Le projet dit « Montagne d'or » est un projet de mine d'or industrielle en Guyane. Le gisement d'or de Montagne d'Or (appellation historique) est à l'intérieur d'une concession située sur le secteur Paul Isnard, à 120 kilomètres au Sud-Est de Saint-Laurent-du Maroni, entre les massifs Lucifer et Dékou-Dékou qui constituent une réserve biologique intégrale.

La Compagnie Minière Montagne d'Or (CMO), détenue à 55,01 % par Nordgold S.E. et à 44,99 % par Columbus Gold Corporation porte ce projet. Une exploitation à ciel ouvert d'une superficie de 8 km² utilisant le procédé de récupération de l'or par cyanuration en circuit fermé est aujourd'hui le scénario privilégié. La Commission Nationale du Débat Public a décidé le 6 septembre 2017, l'organisation en Guyane d'un débat public sur le projet Montagne d'Or, dont l'organisation a été confiée à une commission particulière (dite CPDP). Le 5 mars 2018, la CPDP a saisi le BRGM pour la réalisation d'une expertise complémentaire portant sur la thématique de la cyanuration, confirmée par lettre de commande du 26 mars 2018.

Cette expertise inclut une analyse du dossier présenté par le maître d'ouvrage dans le cadre du débat public, ainsi que la participation à un atelier thématique organisé le 4 avril 2018 par la CPDP. Cet atelier portant sur « Le fonctionnement de la mine, les risques et leur gestion par le maître d'ouvrage », vise à enrichir les débats et apporter un regard scientifique neutre permettant à la population de mieux cerner les enjeux du projet.

Il ressort de cette expertise que le dossier de présentation du maître d'ouvrage fait appel à des techniques classiques d'extraction du minerai par cyanuration, dont la présentation, bien que succincte, est compréhensible et bien schématisée. Cependant les paramètres de mode de conditionnement, du transport sur site, de la formation et la qualification du personnel et l'information aux parties prenantes riveraine sont à développer.

Certains éléments, figurant dans d'autres documents produits par ailleurs par la CMO, mériteraient d'être développés dans le dossier de présentation, comme par exemple la notion de réserve exploitable économiquement versus réserve géologique pour caractériser la fosse. Par ailleurs, la qualification des déchets miniers et la notion de stériles employée dans le dossier pourrait être explicitée. Concernant le risque de drainage acide, la distinction entre résidus sulfurés de lixiviat et stériles acidogènes reste à préciser.

Le stockage et la neutralisation des résidus miniers est le défi le plus important à atteindre sur un projet de ce type. La prévention et la gestion d'un risque potentiellement fort de drainage minier acide conditionnera en partie la réussite du projet pour les opérateurs et la limitation des impacts environnementaux.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Dossier du maitre d'ouvrage sur le Projet « Montagne d'Or » en Guyane - Analyse et préconisations.	8
2.1. PRESENTATION PUBLIQUE DU MERCREDI 04 AVRIL 2018	8
3. Les questions soulevées suite à la présentation.....	10
3.1. INTRODUCTION AU DEBAT	10
3.2. POURQUOI LE CHOIX D'UNE MINE A CIEL OUVERT ?	11
3.3. LES « PROCESS » D'EXTRACTION	14
3.4. LE PROCEDE DE TRAITEMENT DE MINERAL.....	17
3.5. LA GESTION DES RESIDUS	19
3.6. STERILES ACIDOGENES ET DRAINAGE ACIDE POTENTIEL	22
3.7. LA LOCALISATION DE LA BASE VIE DE CAMP CITRON	30
4. Echanges de questions réponses avec Mme H. Ferrarini pour Guyaneweb.....	33
5. Conclusion.....	45
6. Bibliographie	46

Liste des figures

Illustration 1 – Dossier du Maitre d'ouvrage destiné au débat public (https://montagnedor.debatpublic.fr/).....	9
Illustration 2 – Illustration du plan de masse (Source CMO).....	10
Illustration 3 – Plan de masse et bloc model 3D exposé au bureau Montagne d'Or de Saint Laurent du Maroni	11
Illustration 4 – Schéma de coupe transversale simplifié de la carrière a ciel ouvert (Source CMO)	12
Illustration 5 – Indexation des différentes implantations et caractéristiques minières (Source CMO)	12
Illustration 6 – Coupe de la fosse à ciel ouvert et comparaison des réserves géologiques et réserves minières exploitables (Source CMO).....	13
Illustration 7 – Illustration des différents types de roches stériles et minéralisées attendues dans la fosse d'exploitation (Source CMO).....	14

Illustration 8 – Classification des déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières (BRGM/RP-61027-FR, 2012).....	16
Illustration 9 –Description du procédé de traitement des minerais (Source CMO)	17
Illustration 10 – schéma global de présentation du procédé de traitement et de valorisation (Source CMO)	18
Illustration 11 –Schéma de la gestion chimique des résidus miniers	19
Illustration 12 – Méthodologie proposée en page 93 pour le stockage des stériles et des résidus de lixiviation (Source CMO)	20
Illustration 13 – Processus retenu de surélévation des digues a résidus par la méthode aval en page 93 (Source CMO) et option amont éventuelle	21
Illustration 14 – Processus retenu de surélévation des digues a résidus par la méthode aval en page 93 (Source CMO) et option amont éventuelle	23
Illustration 15 – Processus de surélévation des stériles acidogènes par la méthode aval en page 79 (Source CMO).....	24
Illustration 16 – Evocation des caractéristiques de saprolites (Source CMO)	26
Illustration 17 – Evocation des relations des eaux souterraines et du potentiel de drainage acide (Source CMO).....	27
Illustration 18 – Schéma et définition des altérites et saprolites et de l'horizon fissuré sous jacent en contexte guyanais (BRGM, 2012).....	28
Illustration 19 : Présentation de la gestion des eaux par le porteur du projet (Source CMO).....	29
Illustration 20 : Positions et Indexation des différentes implantation et caractéristiques minières (Source CMO).....	30
Illustration 21 – Cartes des bassins versants du projet minier et du périmètre IED avec la position de la base vie de Camp Citron. Visualisation sous Google earth de la localisation de la base vie Camp Citron (Source CMO)	31
Illustration 22 – Estimation de personnel sur site selon le porteur de projet (Source CMO).	32

Liste des annexes

Annexe 1 Présentation du diaporama abondé	49
---	----

1. Introduction

Le projet dit « Montagne d'or » est un projet de mine d'or industrielle en Guyane situé sur la commune de Saint-Laurent-du-Maroni. Le gisement d'or de Montagne d'Or (appellation historique) est à l'intérieur d'une concession située sur le secteur Paul Isnard, à 120 kilomètres au Sud-Est de Saint-Laurent-du Maroni, entre les massifs Lucifer et Dékou-Dékou qui constituent une réserve biologique intégrale.

La Compagnie Minière Montagne d'Or, détenue à 55,01 % par Nordgold S.E. et à 44,99 % par Columbus Gold Corporation porte ce projet. Une exploitation à ciel ouvert d'une superficie de 8 km² utilisant le procédé de récupération de l'or par cyanuration en circuit fermé est aujourd'hui le scénario privilégié.

Dans le cadre de ce projet, la Commission Nationale du Débat Public a décidé le 6 septembre 2017, l'organisation en Guyane d'un débat public sur le projet Montagne d'Or, dont l'organisation a été confiée à une commission particulière (dite CPDP). Le 5 mars 2018, la CPDP saisie le BRGM pour la réalisation d'une expertise complémentaire portant sur la cyanuration, confirmée par lettre de commande du 26 mars 2018.

La mission d'expertise vise à éclairer la population sur les techniques, l'état des connaissances et les éléments présentés au dossier, d'un point de vue scientifique et en mettant en perspective les éléments du projet avec d'autres retours d'expériences en France ou dans le monde.

Cette expertise inclut une analyse du dossier présenté par le maître d'ouvrage du projet dans le cadre du débat public, ainsi que la participation à un atelier thématique organisé le 4 avril 2018 par la CPDP portant sur « Le fonctionnement de la mine, les risques et leur gestion par le maître d'ouvrage », afin d'enrichir les débats et d'apporter un regard scientifique neutre permettant à la population de mieux cerner les enjeux du projet. Il s'agit également pour la CPDP d'avoir une analyse scientifique indépendante et neutre du document proposé par le maître d'ouvrage.

2. Dossier du maitre d'ouvrage sur le Projet « Montagne d'Or » en Guyane - Analyse et préconisations.

2.1. PRESENTATION PUBLIQUE DU MERCREDI 04 AVRIL 2018

Le débat public sur le projet Montagne d'Or est constitué de plusieurs ateliers et réunions publiques couvrant la période du 7 mars au 7 juillet 2018. Dans le cadre de cette expertise, le BRGM a participé à l'atelier 1 « Le fonctionnement de la mine ». Le déroulé de l'atelier s'articulait selon le chronogramme suivant :

Mot d'accueil éventuel d'un représentant de St Laurent et introduction par R Peylet : 5'

Première partie présentation du projet

- Pourquoi le choix d'une mine à ciel ouvert ? CMO : 5'
- Les processus d'extraction : CMO 10'
- Expression du public 10'
- **Le recours à la cyanuration dans l'extraction de l'or :
Intervention de Monsieur Pol Urien, expert 20'+ 10' questions du public**
- Le stockage et la gestion des stériles et des eaux cyanurées : CMO 10'
- Expression du public : 15'

Deuxième partie : la gestion des risques

- Les risques sur site et sur les trajets de transport des matières dangereuses : CMO 10'
- Réglementation et modalités de contrôle : DEAL 15'
- Dispositions envisagées CMO 15'
- Expression du public 15'

Troisième partie : débat général

- Expression du public : 40'
- Temps d'expression global du public : 90'

L'atelier s'est tenu dans la salle des mariages bondée de la Mairie de Saint Laurent du Maroni le mercredi 4 avril à 18h. La réunion a débuté vers 18 h 40 pour se conclure à 23 h, dans une salle bondée et dans une atmosphère tendue entre opposants et défenseurs du projet suite aux tensions de la réunion de lancement de la veille.

Les participants avaient à leur disposition plusieurs documents dont le principal est le dossier du maître d'ouvrage pour le débat daté de mars 2018.

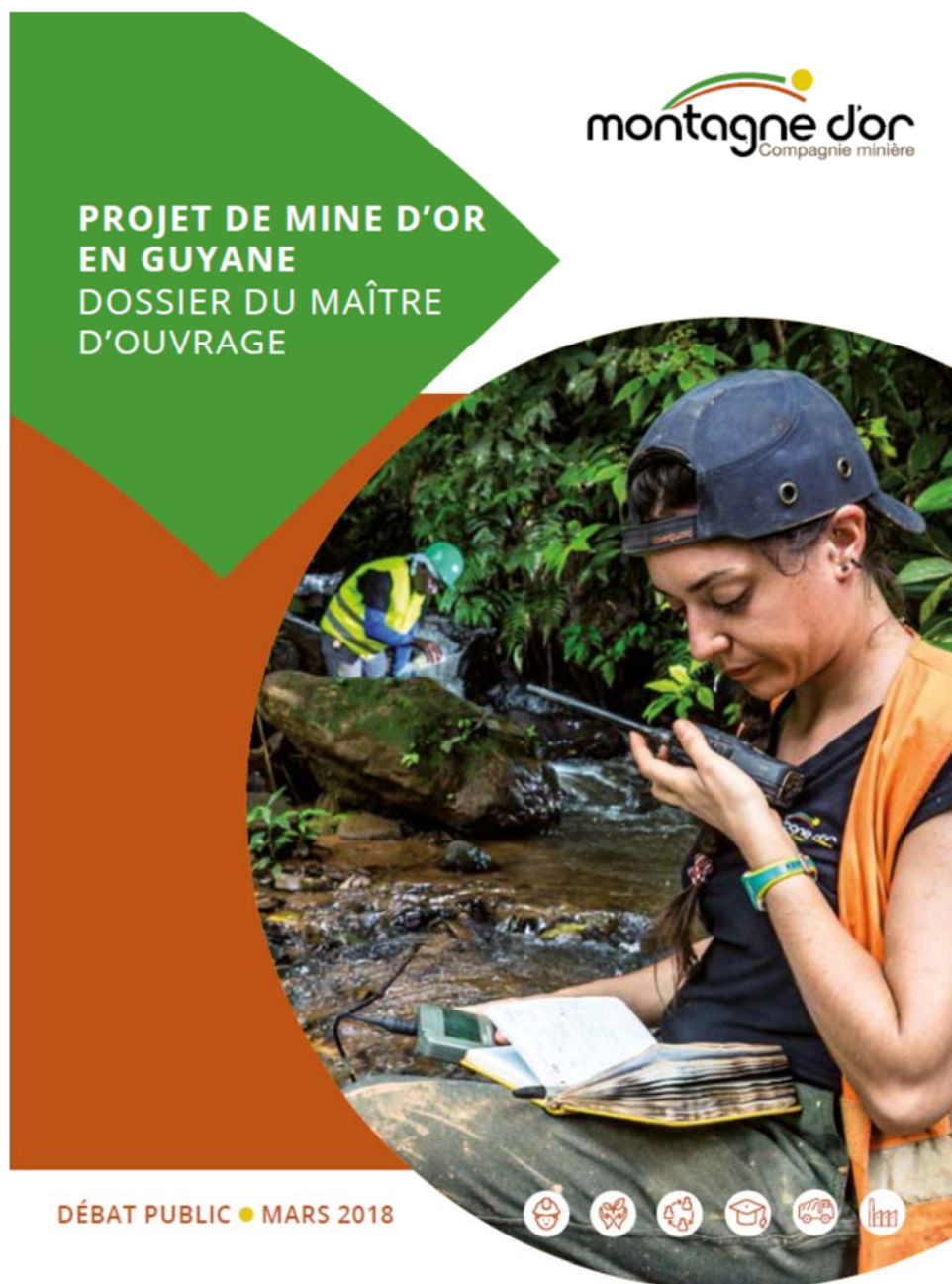


Illustration 1 – Dossier du Maître d'ouvrage destiné au débat public (<https://montagnedor.debatpublic.fr/>)

3. Les questions soulevées suite à la présentation

3.1. INTRODUCTION AU DEBAT

Les discussions en introduction aux débats ont souvent porté sur la visualisation de l'emprise du projet sur le territoire et cela malgré les cartes et coupes produites et exposées. Les parties prenantes ont eu de grandes difficultés à visualiser la globalité du projet dans son milieu.

Le plan de masse fourni ci-dessous aurait pu être accompagné par le Bloc Modèle3D de la Compagnie minière Montagne d'Or (CMO) exposé au Bureau de communication de CMO à Saint Laurent du Maroni. Cependant, les risques de dégradation liés aux tensions entre participants lors des réunions antérieures ont pu inciter le porteur de projet à ne pas faire ce choix de présentation.



Illustration 2 – Illustration du plan de masse (Source CMO)



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Illustration 3 – Plan de masse et bloc model 3D exposé au bureau Montagne d'Or de Saint Laurent du Maroni

3.2. POURQUOI LE CHOIX D'UNE MINE A CIEL OUVERT ?

Ce sujet a été abordé rapidement avec la nécessité de lever une ambiguïté sur la profondeur de la fosse initialement annoncée de 400m et réduite à 220m au sud et 180m au nord compte tenu de l'allongement de cette fosse perpendiculairement à la ligne de plus grande pente du flanc Nord du Mont Dékou situé au sud de la mine envisagée.

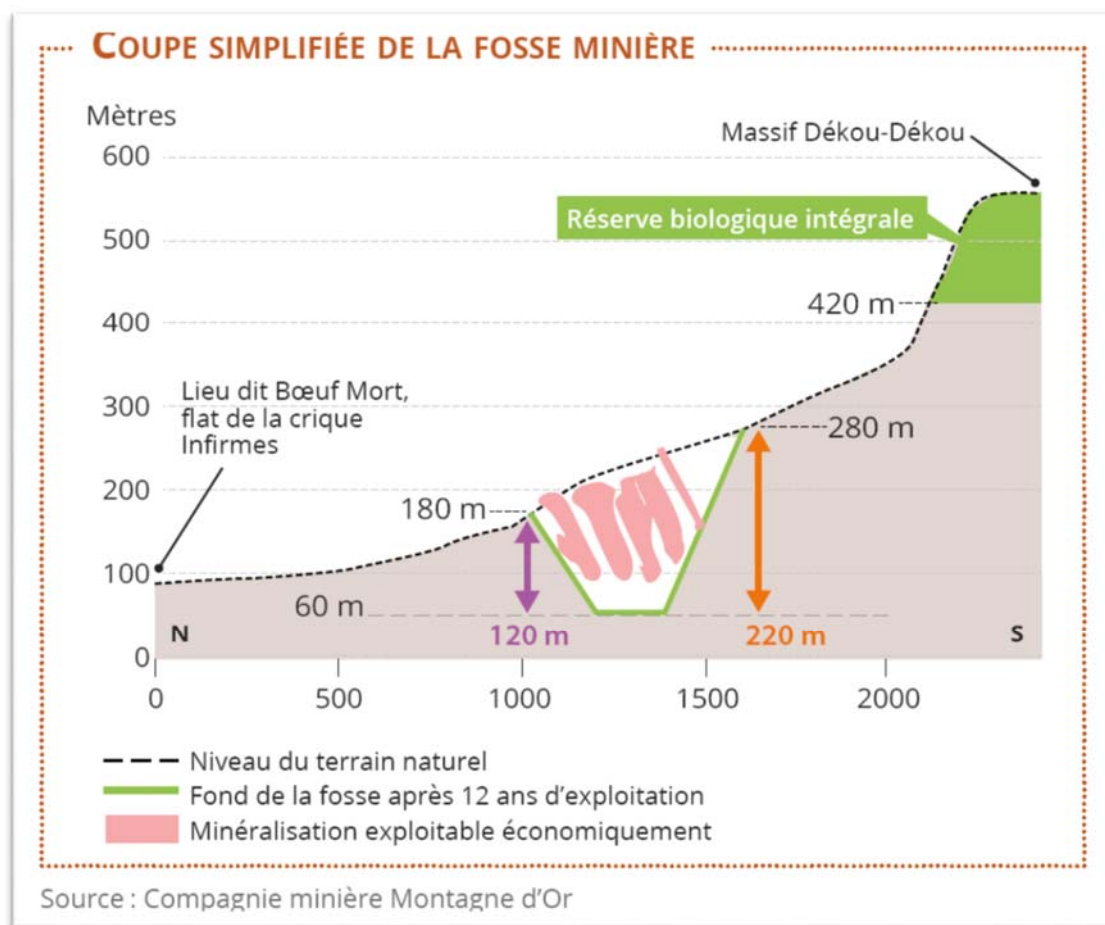


Illustration 4 – Schéma de coupe transversale simplifié de la carrière à ciel ouvert (Source CMO)

Cette fosse est, par ailleurs, annoncée à 120m de profondeur en moyenne sur le tableau ci-dessous :

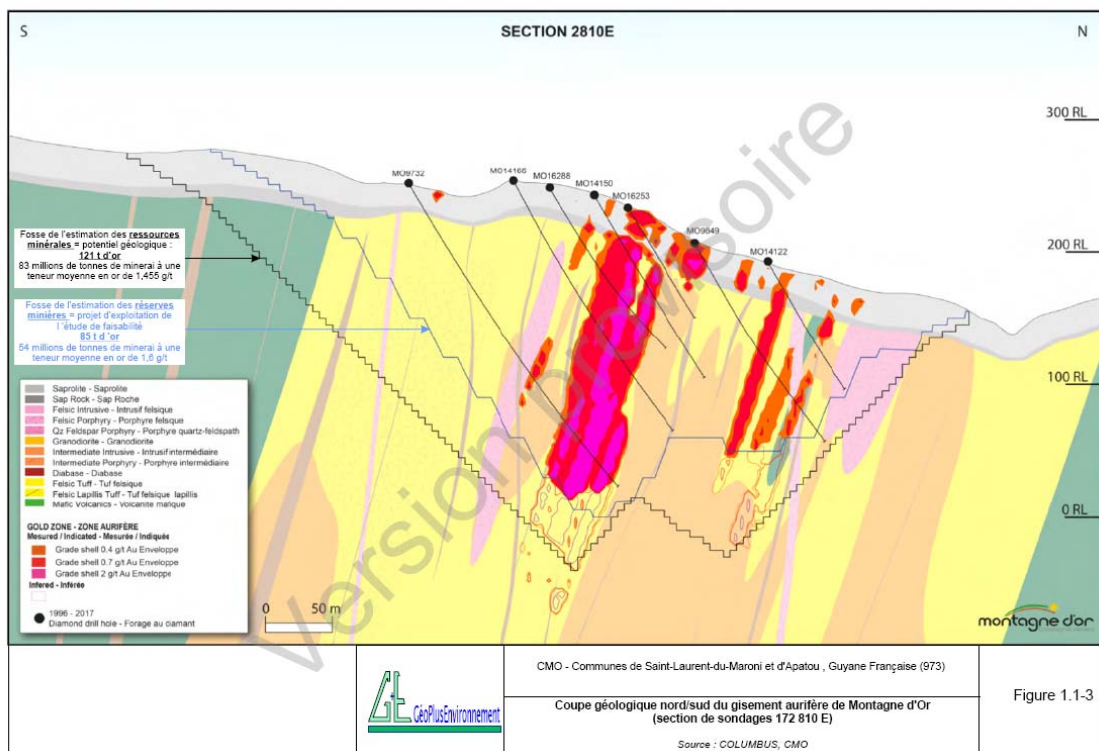
- | | |
|---|---|
| ① L'USINE D'ÉMULSION ▶ Fabrication d'émulsion et dépôt d'explosifs | ④ LA BASE-VIE ▶ Capacité de plus de 450 chambres et structures de loisirs |
| ② L'USINE DE TRAITEMENT ▶ Installations de broyage-concassage, cuves de lixiviation au cyanure et unité de destruction du cyanure | ⑤ LA FOSSE MINIÈRE ▶ 2,5 km x 400 m x 120 m de profondeur en moyenne |
| ③ LA PLATEFORME DE SERVICES ▶ Ateliers de maintenance, distribution et stockage de carburants | ⑥ LES VERSES À STÉRILES ▶ Stockage des roches non-exploitable |
| | ⑦ LE PARC À RÉSIDUS ▶ Stockage des résidus de traitement décyanurés |

Illustration 5 – Indexation des différentes implantation et caractéristiques minières (Source CMO)

CMO justifie la réduction de profondeur par l'étude de faisabilité qui considère les réserves minières exploitables avec un seuil de rentabilité à valeur supérieure au coût d'extraction dénommées « Minéralisation exploitable économiquement ». Ce volume est, de fait, inférieur aux réserves géologiques qui elles, englobent tout le corps rocheux minéralisé. Les coûts de production ne peuvent être estimés et encore moins quantifiés lors de la phase exploratoire (cours du métal, géométrie, et paramètres géotechniques du gisement, mode d'exploitation, paramètres et coûts de valorisation du minerai, estimation des impacts). Cette notion d'exploration minière, phase précoce de projet, ne

préjuge pas des choix futurs d'exploitation en carrières pour les coûts et des volumes de roches stériles à décaper pour réaliser un bénéfice sur le minerai extrait. Ces réserves géologiques contiennent effectivement des parties minéralisées profondes jusqu'à 400m mais dont la valeur de la substance produite est bien inférieure au prix de revient de leur extraction et de leur traitement minéralurgique.

Cette notion est bien illustrée dans un dossier provisoire non produit dans le débat mais cependant disponible sur le site de CMO (<http://montagnedor.fr/>).



http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.1.pdf

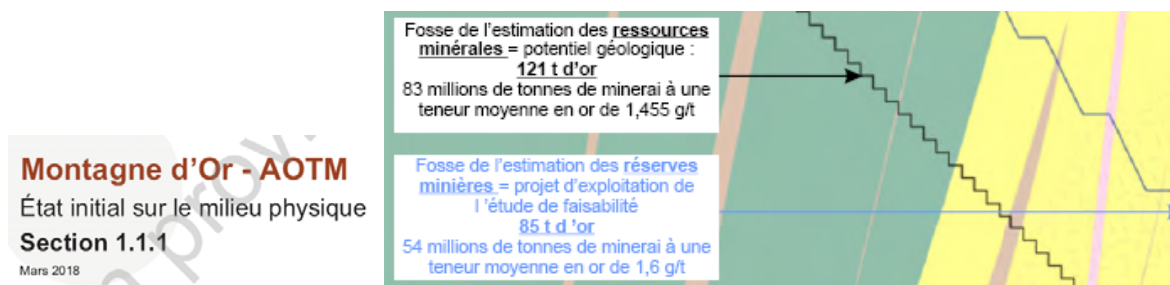


Illustration 6 – Coupe de la fosse à ciel ouvert et comparaison des réserves géologiques et réserves minières exploitables (Source CMO).

Cette coupe montre clairement la dualité entre les réserves géologiques et les réserves minières faisant apparaître une paroi sud de la carrière en retrait de plus de 50m par

rapport au dessin de fosse d'extraction des réserves géologiques et le passage de 121 tonnes d'or contenues à 85 tonnes d'or exploitables.

Cette coupe illustre également la faible épaisseur (20m environ) de saprolite recouvrant la roche saine. Cette saprolite non qualifiée en paramètres géotechniques devra servir lors de son extraction à la réalisation des différents soubassements de verses à résidus, de digues en méthode aval et de compartimentage des stériles acidogènes. En l'absence de quantifications volumiques et de caractérisations géotechniques, les volumes possibles peuvent, à priori, paraître inférieurs aux besoins exprimés.

A la suite des précédents débats publics, la CMO a produit, en mai 2018, une brochure détaillant les différents types de matériaux prévus à l'extraction et leur répartition dans le projet de fosse ainsi que leurs teneurs respectives en métaux et métalloïdes dans les différentes étapes du processus minier et de traitement. La coupe ci-dessous présente les différents types de matériaux de façon simple et explicite.

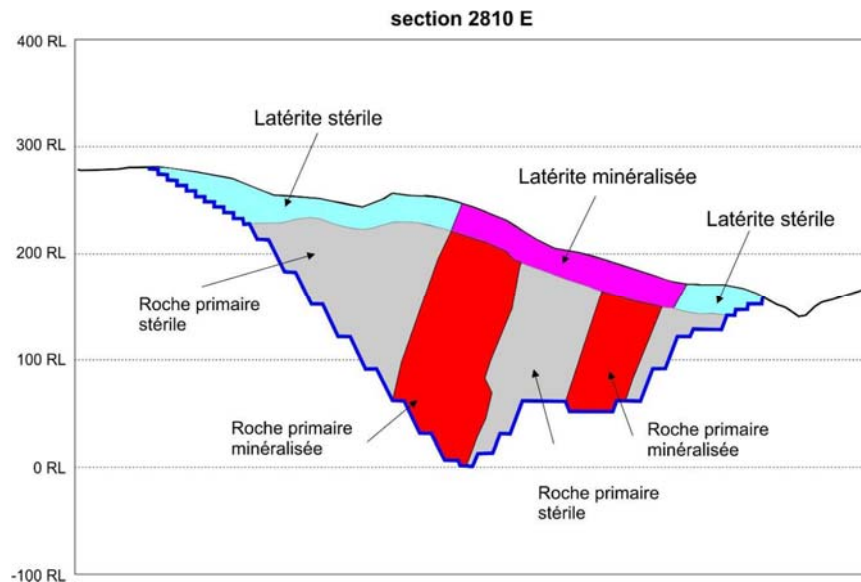


Illustration 7 – Illustration des différents types de roches stériles et minéralisées attendues dans la fosse d'exploitation (Source CMO).

3.3. LES « PROCESS » D'EXTRACTION

Les procédés d'extraction présentés sont classiques. Cependant, la définition de « stériles » par CMO comme « matériau non exploitable » ne peut suffire à classer les matériaux extraits comme stériles. Ceux-ci ne peuvent **rentrer dans la classification des matériaux inertes tant qu'ils ne sont pas caractérisés en sulfures et contenu métallique** selon la « circulaire du 22 août 2011 relative à la définition des déchets inertes pour l'industrie des carrières au sens de [l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières](#) ».

La technique d'exhaure par pompage des eaux de fond de fosse est possible mais le rapport avantages/inconvénients est à confronter avec les techniques de sondages/pompages de rabattement avec suivi piézométrique, volumétrique et analytique des eaux souterraines susceptibles d'envoyer l'ouvrage de carrière ou, en échange, d'alimenter les activités minières en eaux non turbides.

Les tirs auront lieu tous les jours, à raison d'un tir par jour, habituellement pendant la pause repas pour limiter le nombre de personnes sur site et ainsi optimiser les conditions de sécurité. Chaque tir suivra un plan de tir adapté et sera constitué en moyenne d'environ 200 trous répartis sur 5 618 m². L'extraction moyenne quotidienne serait de 12 500 tonnes par jour de minerai et 67 500 tonnes par jour de stériles. Un pompage sera nécessaire en fond de fosse pour l'évacuation des eaux d'exhaure⁷⁴.

Une fois extraite, la roche sera alors chargée aux fronts de taille⁷⁵ dans des camions rigides ou articulés et transportée, selon sa valeur économique, soit vers l'usine de traitement du minerai soit vers les verses à stériles pour y être stockée.

La fosse d'extraction atteindra, après 12 années d'exploitation, 2,5 km de long et de 400 m de largeur. Elle couvrira alors une surface de 100 ha. Le dénivelé moyen entre le fond de la fosse et sa bordure nord sera de 120 m, ce qui correspond à 220 m en moyenne sur la bordure sud.

La configuration de la fosse évoluera progressivement, par phases successives. Elle s'étendra et s'approfondira progressivement, avec la réalisation de gradins et de rampes d'accès, durant la période d'exploitation de la mine.

En page 53 l'évaluation d'extraction journalière « Stériles » 67500t / Minerai 12500t permet d'apprécier le ratio moyen de « Stériles » / Minerai à 5,4

Une fois extraite, la roche sera alors chargée aux fronts de taille⁷⁵ dans des camions rigides ou articulés et transportée, selon sa valeur économique, soit vers l'usine de traitement du minerai soit vers les verses à stériles pour y être stockée.

Le terme de « valeur économique négligeable » pour définir le stérile n'est pas appropriée dans le cadre réglementaire de la DEAL qui est reprise dans le document public ci-après en page16

(<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61027-FR.pdf>)

Caractérisation des déchets miniers de quatre mines d'or de Guyane

Rapport final
BRGM/RP-61027-FR
Avril 2012

01	Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux :
----	--

³ Directive 1999/45/CE du Parlement européen et du Conseil du 31 mai 1999 concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la classification, à l'emballage et à l'étiquetage des préparations dangereuses.

01 01	Déchets provenant de l'extraction des minéraux :
01 01 01	déchets provenant de l'extraction des minéraux métallifères ;
01 01 02	déchets provenant de l'extraction des minéraux non métallifères.
01 03	Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
01 03 04*	stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure.
01 03 05*	autres stériles contenant des substances dangereuses ;
01 03 06	stériles autres que ceux visés aux rubriques 01 03 04 et 01 03 05 ;
01 03 07*	autres déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères ;
01 03 08	déchets de poussières et de poudres autres que ceux visés à la rubrique 01 03 07 ;
01 03 09	boues rouges issues de la production d'alumine autres que celles visées à la rubrique 01 03 07 ;
01 03 99	déchets non spécifiés ailleurs.
01 04	Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères :
01 04 07*	déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères ;
01 04 08	déchets de graviers et débris de pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07 ;
01 04 09	déchets de sable et d'argile ;
01 04 10	déchets de poussières et de poudres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07 ;
01 04 11	déchets de la transformation de la potasse et des sels minéraux autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07 ;
01 04 12	stériles et autres déchets, provenant du lavage et du nettoyage des minéraux, autres que ceux visés aux rubriques 01 04 07 et 01 04 11 ;
01 04 13	déchets provenant de la taille et du sciage des pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07 ;
01 04 99	déchets non spécifiés ailleurs.
01 05	Boues de forage et autres déchets de forage :
01 05 04	boues et autres déchets de forage contenant de l'eau douce ;
01 05 05*	boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures ;
01 05 06*	boues et autres déchets de forage contenant des substances dangereuses ;
01 05 07	boues et autres déchets de forage contenant des sels de baryum, autres que ceux visés aux rubriques 01 05 05 et 01 05 06 ;
01 05 08	boues et autres déchets de forage contenant des chlorures, autres que ceux visés aux rubriques 01 05 05 et 01 05 06 ;
01 05 99	déchets non spécifiés ailleurs.

Tableau 1 - Liste des déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux.
Décret n° 2002-540 du 18/04/02 relatif à la classification des déchets.

Illustration 8 – Classification des déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières (BRGM/RP-61027-FR, 2012).

3.4. LE PROCEDE DE TRAITEMENT DE MINERAL

Le procédé de traitement du minerai extrait

L'usine de traitement sera située en rive droite de la crique Violette, au voisinage immédiat de la fosse pour optimiser les distances parcourues par les camions (allers-retours entre la fosse et l'usine) en application de la démarche ERC, et ainsi minimiser le rejet de gaz à effet de serre. Le minerai sera chargé dans un circuit de concasseurs⁷⁶ et de broyeurs permettant, étape après étape, de réduire la roche sous

forme de poudre (particules de 75 microns) pour libérer une partie de l'or qui y est contenue et la récupérer par gravimétrie. Le concentré gravimétrique et les résidus du procédé de gravimétrie seront ensuite traités par cyanuration afin de récupérer la plus grande partie de l'or fin. L'usine de traitement du minerai fonctionnera 24 heures sur 24, et 360 jours par an. Elle traitera 12 500 tonnes de minerai par jour, soit 4 500 000 tonnes par an.

La cyanuration est une technique de lixiviation des métaux, faisant partie des processus de traitement de récupération de l'or, utilisée actuellement dans le monde entier par les opérateurs miniers industriels: depuis plus d'une centaine d'années, notamment en Suède où se trouvent les plus grandes installations de cyanuration d'Europe. Des essais de traitement des minerais aurifères par cyanuration ont été réalisés en Guyane, notamment à Changuet dans les années 1980 et plus récemment au sein de l'usine-pilote de la société Auplata à Rémire-Montjoly.

Différents types de cyanure sont utilisés pour la récupération des métaux comme le cyanure de potassium et le cyanure de sodium. Ces deux composants chimiques, en plus de leur utilité prouvée dans l'extraction de l'or et de l'argent, sont également employés en plaquage métallique, en photographie, dans la fabrication de pigments, de produits pharmaceutiques et pour la cémentation de l'acier. Dans le cas du projet Montagne d'Or, le cyanure de sodium sera privilégié.

Les principales étapes du procédé envisagées pour le traitement du minerai aurifère de Montagne d'Or sont les suivantes :

- ▶ concassage du minerai dans un concasseur à mâchoires équipé d'un système de collecte des poussières ;
- ▶ une trémie tampon, permettant de stocker ou alimenter directement le circuit de broyage, également équipée d'un système de collecte des poussières ;
- ▶ un circuit de broyage comprenant un broyeur semi-autogène⁷⁷ en circuit fermé

avec un concasseur à cône et une batterie d'hydrocyclones afin de produire une pulpe minérale très fine ;

- ▶ un circuit de concentration gravimétrique permettant de récupérer l'or grossier de la pulpe broyée, suivi d'un traitement du concentré par cyanuration et électrolyse afin d'en récupérer l'or ;
- ▶ un circuit d'épaississement et pré-lixiviation récupérant la pulpe minérale rejetée du circuit de concentration gravimétrique, afin d'alimenter le circuit de cyanuration ;

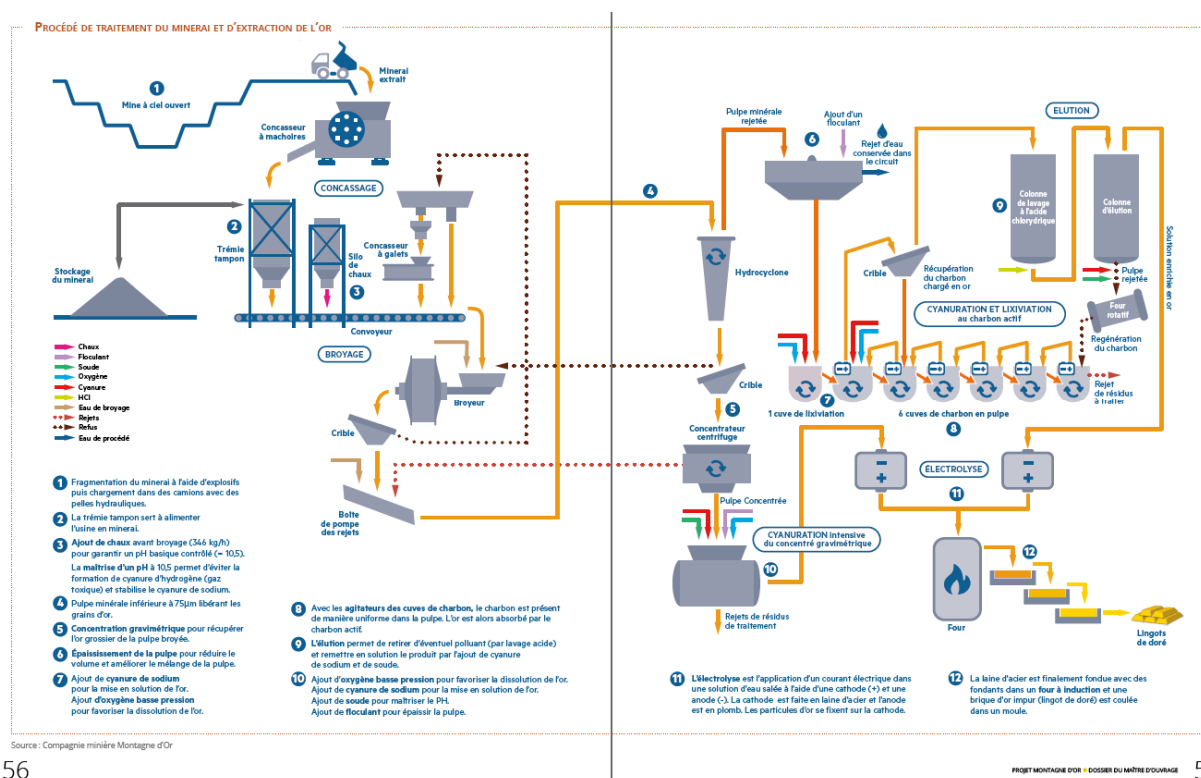
- ▶ le circuit de cyanuration par charbon en lixiviation, constitué d'une cuve de lixiviation et de 6 cuves de charbon en lixiviation, permettant une mise en solution de l'or, puis son adsorption⁷⁸ sur du charbon actif ;
- ▶ un circuit d'élution / électrolyse / fusion destiné à récupérer l'or adsorbé sur le charbon actif afin de produire des lingots de doré⁷⁹.

Illustration 9 –Description du procédé de traitement des minerais (Source CMO)

Les pages 53, 54 et 55, concernant le procédé de cyanuration, n'appellent pas de remarque particulière. La présentation, bien que succincte, du procédé de cyanuration est bien replacée dans son contexte industriel global et met en évidence la présence de produits cyanurés dans beaucoup d'usages de la vie courante.

Cependant, les impacts, résultats et bilans cyanure des essais de traitement de minerai de Changement 1980 et de l'usine Auplata à Dégrad-des-cannes à Rémire-Montjoly en 2015 ne sont malheureusement pas mentionnés dans la présentation, ce qui aurait pu apporter un éclairage relatif aux expériences connues en Guyane.

Le schéma global de présentation du procédé de traitement et de valorisation et des traitements successifs du minerai, présenté en pages 56 et 57 est cohérent et conforme aux procédés généralement utilisés dans la profession. Ce schéma et sa légende ont l'avantage d'être clairs et permettent une bonne visualisation graphique des différentes étapes et cycles.



56

PROJET MONTAGNE D'OR - DOSSIER DU MAÎTRE D'OUVRAGE 57

Illustration 10 – schéma global de présentation du procédé de traitement et de valorisation (Source CMO)

3.5. LA GESTION DES RESIDUS

La gestion des résidus miniers

Les résidus miniers issus du procédé de traitement qui auront été en contact avec le cyanure seront traités pour parvenir à la destruction des cyanures et stockés dans

le parc à résidus dont le fond et les flancs seront imperméabilisés.

Le traitement des résidus miniers se fera selon le processus suivant :

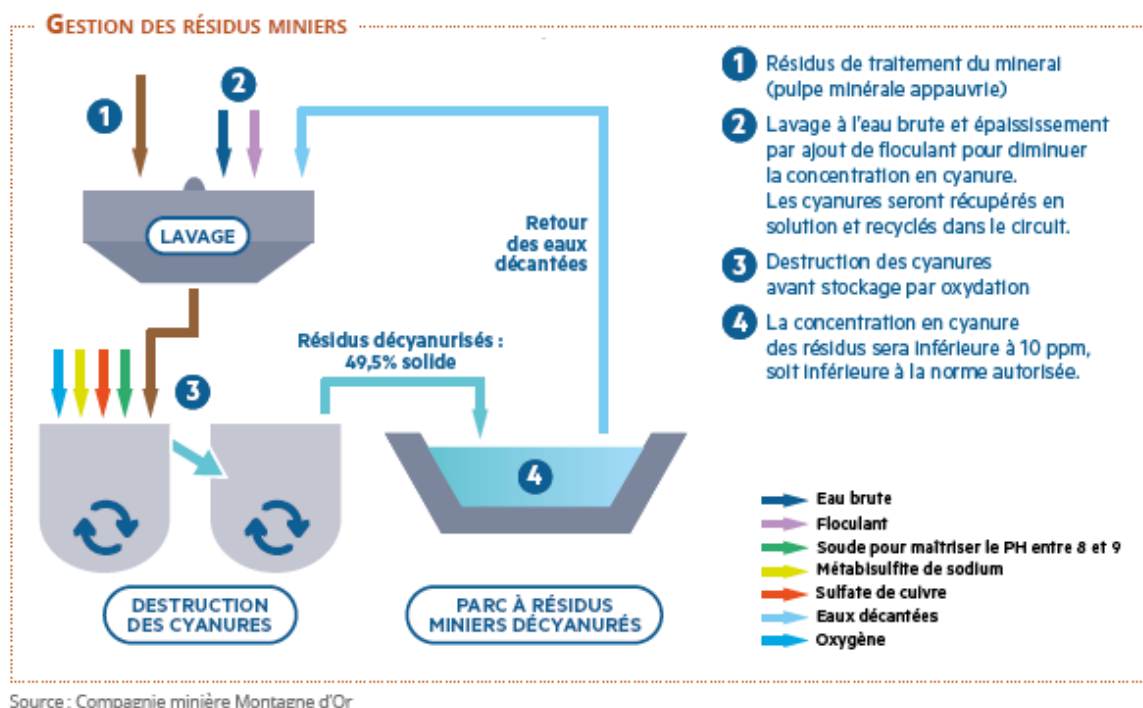


Illustration 11 –Schéma de la gestion chimique des résidus miniers

En page 58 Il apparait que l'élimination des résidus cyanurés et leur dilution nécessite une importante quantité d'eau brute non turbide. Ce paramètre peut amener à favoriser une récupération **par forage** des eaux souterraines au niveau de la fosse d'extraction afin de contribuer avantageusement à ce traitement des résidus de cyanuration.

Cependant, l'évolution des résidus décyanurés, mais sulfurés, n'est pas évoqué dans ce processus et le risque de drainage acide des **verses à résidus en page 93** n'apparait pas de manière similaire à la gestion et le **stockage des stériles acidogènes évoqués à la page 79** ci-dessous.

La distinction entre résidus sulfurés de lixiviat et stériles acidogènes est difficile à imaginer. Le stérile potentiellement acidogène provient directement de la carrière et n'a pas subi de broyage et de mise en pulpe à la différence du résidu ou lixiviat qui est une pulpe épaissie de granulométrie inférieure à 75 microns pouvant éventuellement contenir des complexes cyanurés.

Le stockage et la neutralisation des résidus miniers est le défi le plus important à relever sur un projet minier.

L'inertage des résidus et la réduction des risques et impacts liés sont essentiels et pour cela tous les paramètres suivants doivent être intégrés et adaptés très rigoureusement :

- Les caractéristiques de la géomembrane (nature, épaisseur, caractéristiques en terme d'étanchéité et de tenue mécanique);
- L'architecture de la verse à stériles et du parc à résidus afin d'éviter les désordres mécaniques et les effets possibles de vibrations liés aux tir de mines d'exploitation ;
- Le dispositif de pose de géomembranes ;
- Le dispositif de protection de la géomembrane (géotextile anti-poinçonnant et couche drainante éventuelle) ;
- La qualité des soudures liant les éléments;
- La qualité du soubassement ;
- Le dispositif de soubassement de la membrane en argiles compacte diminuant les risques de cisaillement poinçonnement et assurant une imperméabilité supplémentaire au dispositif (épaisseur et perméabilité à détailler) ;
- L'absence d'éléments potentiellement perforant comme d'anciennes pièces métalliques ;
- Le réseau de drainage des eaux de compaction des lixiviats afin de qualifier et de réaliser leur neutralisation.

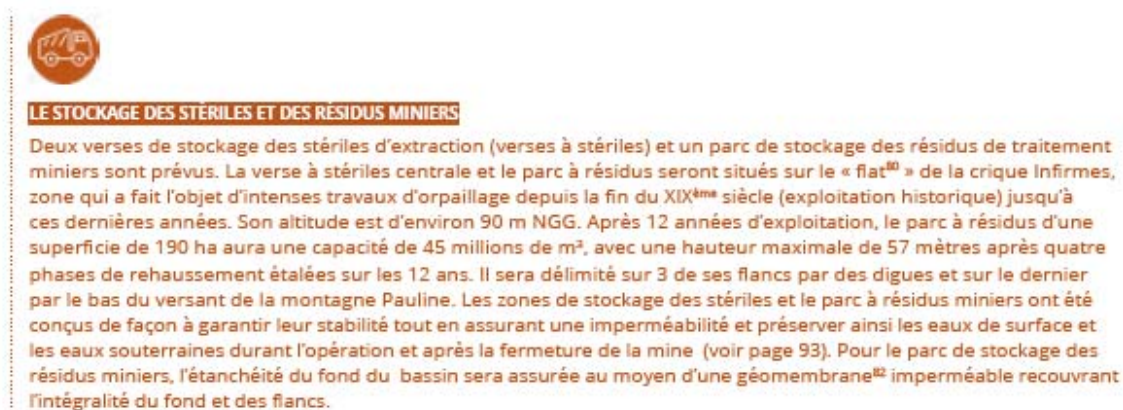


Illustration 12 – Méthodologie proposée en page 93 pour le stockage des stériles et des résidus de lixiviation (Source CMO)

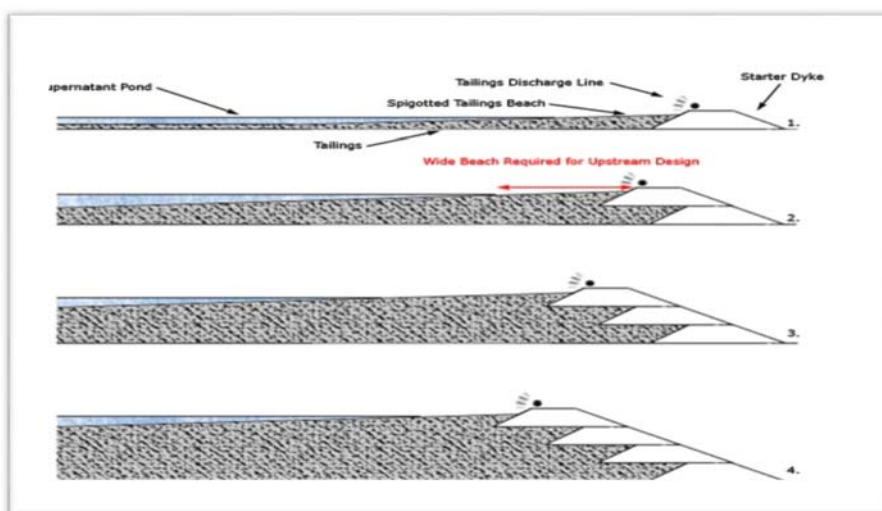
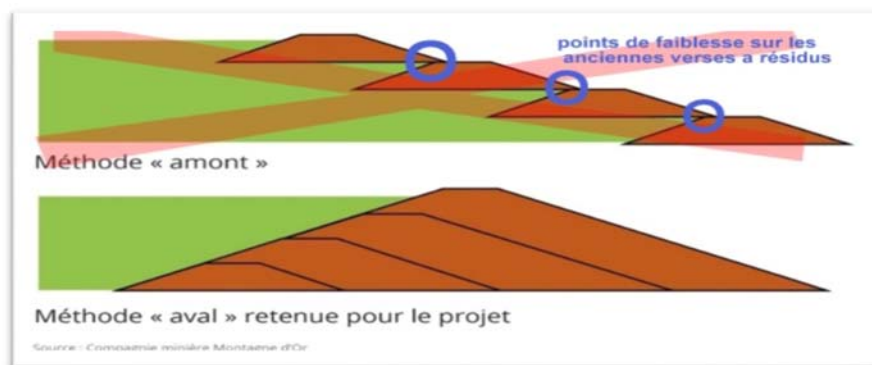
La verse à résidus miniers est envisagée sur les bassins versants de la Crique Infirmes en page 58. La nature des sols remaniés des anciennes criques et flats d'orpaillage et de leurs versants devra être considérée en ce qui concerne la résistance au poinçonnement des géomembranes.

En effet de nombreux flats et criques anciennement orpaillées peuvent contenir des blocs rocheux ou quartzeux aux arêtes anguleuses, des pièces métalliques de rail, cuves, pelles mécaniques, blocs moteurs, tuyaux, éclats de bouteilles en verre etc. qui peuvent, compte tenu des tassements et de la pression, cisailer et poinçonner localement certaines géomembranes.

Une préparation des soubassements prévu à la dépose de la géomembrane par ajout de matériaux inertes imperméables et géomécaniquement approprié devrait être envisagée.

Les procédés de rehaussement de digues et de cloisonnement de « Stériles acidogènes » impliquent l'extraction de grands volumes de stériles inertes que les coupes géologiques ne font pas apparaître. La saprolite de la partie superficielle de la découverte de la fosse sera-t-elle suffisante :

- En quantité ? (les indications d'épaisseur des coupes produites indiquent une épaisseur moyenne d'une vingtaine de mètres)
- En qualité géotechnique ? (argileuse ou gravillonnaire ?)
- En composition chimique ? (acidogène ou inerte)



méthode amont recommandable avec des résidus bien stables et des matériaux à bonne caractéristiques géotechniques

Illustration 13 – Processus retenu de surélévation des digues à résidus par la méthode aval en page 93 (Source CMO) et option amont éventuelle

3.6. STERILES ACIDOGENES ET DRAINAGE ACIDE POTENTIEL

La définition exacte de stériles acidogènes n'est pas explicitée en page 79 et il est utile de se demander si ces « stériles acidogènes » sont des « matériaux non exploitables » ou des « résidus de lixiviat ». Le caractère acidogène de ces stériles n'est pas évoqué plus avant dans la plaquette et il faut consulter *les pages 65 à 75* du rapport canadien d'audit « [SRK Consulting \(U.S.\), Inc. NI 43-101 Technical Report on Updated Resource - Montagne d'Or Gold Deposit, Paul Isnard Project](#)» pour avoir une description des natures minéralogiques du minerai constitué de sulfures de fer sous formes de pyrite et pyrrhotite très acidogènes. A noter que conformément à ces données, le minerai contient peu d'arsenic uniquement sous forme de traces.

Dans la brochure [Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique \(§ 1.1.1\) – Version provisoire. Contexte géologique, nature des stériles drainage minier acide DMA, risque sismique](#) disponible en ligne le porteur de projet publie en pages 18 à 24 une caractérisation chimique des roches et du risque de drainage acide par les stériles. Les conclusions sont résumées dans l'illustration ci-après et indiquant une estimation de stérile acidogènes à 55%.

Les résultats d'analyses multi-élémentaires mettent en évidence un **potentiel de lixiviation des métaux et métalloïdes en provenance des stériles**, notamment en cuivre et arsenic. Cette lixiviation est liée au phénomène de drainage minier acide.

Évaluation du potentiel acidogène par comptabilisation des acides et des bases

La comptabilisation des acides et des bases (« Acid-base Accounting » ou « ABA ») a été menée sur l'ensemble des 448 échantillons.

L'interprétation des résultats de comptabilisation des acides et des bases selon les critères fixés par les normes européennes et la réglementation française montrent que (Cf. [Tableau 1.1-4](#)) :

- **54,7% des stériles** sont potentiellement **acidogènes**, **30,7% des stériles** sont interprétés comme **non-acidogènes** ;
- **Aucune conclusion** ne peut être avancée pour **14,6%** des échantillons ;
- Concernant l'influence de la lithologie, il ressort que :
 - Les **tufs felsiques**, les **tufs à lapillis**, les **porphyres quartzo-feldspathiques** et la **granodiorite** sont des lithologies **majoritairement acidogènes** avec, respectivement, 100%, 92%, 73% et 60% d'échantillons potentiellement acidogènes ;
 - 99% des échantillons de saprolite et 81% des échantillons de sap-rock ne sont pas acidogènes.

Tableau 1.1-4 Résultats de l'évaluation du potentiel acidogène des stériles par la méthode ABA (SRK, 2017)

Lithologie	Nombre d'échantillons	NPR<1 Stériles acidogènes (%)	NPR>3 Stériles non-acido-gènes (%)	1<NPR<3 Incertain, pas de conclusion possible (%)
Saprolite	75	0	99	1
Saprock	16	19	81	0
Tuf felsique	133	92	3	5
Porphyre felsique	12	33	50	17
Granodiorite	91	60	16	23
Tuf à lapillis	12	100	0	0
Porphyre quartzo-feldspathique	11	73	0	27
Volcanite mafique	50	48	34	18
Diabase ou dolérite	48	35	17	48
Ensemble des échantillons	448	54,7	30,7	14,6

Illustration 14 – Processus retenu de surélévation des digues à résidus par la méthode aval en page 93 (Source CMO) et option amont éventuelle

L'illustration ci-dessous présente une mise en place de ces «stériles acidogènes» avec une **représentation technique vers l'amont** qui est la technique opposée à celle **vers l'aval préconisée pour la verse à résidus**. Les cloisonnements constitués de matériaux saprolitiques reposent sur des résidus acidogènes considérés comme compactés et qui peuvent éventuellement être instables et provoquer des ruptures au sein des jonction des cellules de confinement.

Le recours à l'usage de carbonates, chaux, ou roches carbonatées pouvant éventuellement tamponner l'acidité de ces résidus et «stériles acidogènes» n'est pas mentionné. Cette ressource en carbonates, difficile à identifier sous les altérations latéritiques de la géologie guyanaise serait d'une grande utilité dans ces contextes miniers à risque de drainage acide.

L'usage de « saprolite stérile » extraite dans la carrière à ciel ouvert est préconisé dans l'élaboration de nombreuses infrastructures comme le talutage vers l'aval des rehaussements successifs (12 années) des bordures de la verse à résidus et pour le confinement par compartimentage des verses à résidus acidogènes.

Les volumes et la nature des saprolites existantes ne sont pas indiqués. Les méthodes de talutages des merlons et des rehaussements de digues vers l'aval nécessitent une importante quantité de matériau inerte argileux compactable. L'usage de la fraction gravillonnaire de la saprolite ou couverture latéritique n'est pas mentionné sauf en p.76 où leur épaisseur semble minimisée de quelques mètres à quelques dizaines de mètres.

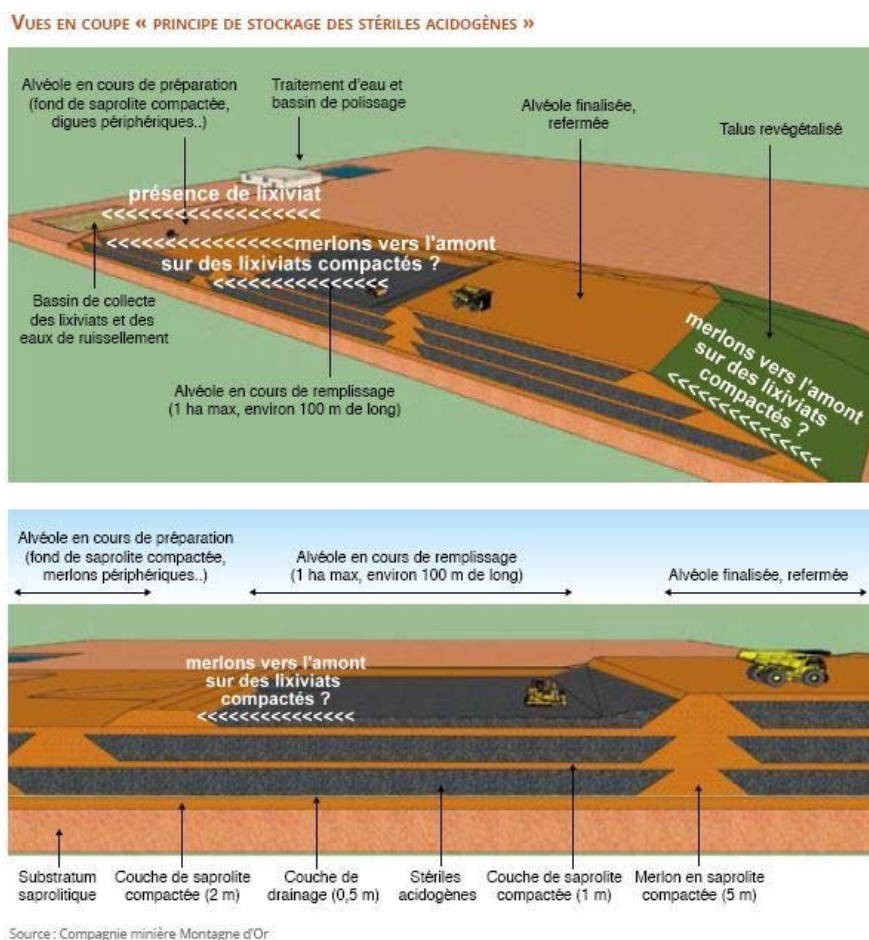


Illustration 15 – Processus de surélévation des stériles acidogènes par la méthode aval en page 79 (Source CMO)

La qualité de l'étanchéité et du drainage des eaux de la verse à résidus devra être contrôlée et suivie en cours d'exploitation et tout au long de la durée réglementaire des procédures de l'après mine.

Le potentiel de drainage acide est évoqué des pages 77 à 79 dans le chapitre relatif à l'hydrogéologie. La saprolite ou couverture latéritique n'est pas mentionnée sauf en p.77 où leur épaisseur est relativement minimisée de « quelques mètres à quelques dizaine de mètres » sans description détaillée des caractéristiques de la technique proposée : composition argileuse ou gravillonnaire ?, en place ou remaniée ?, avec ou sans présence de blocs ?

De plus, la durabilité mécanique et chimique d'une verse a stériles acidogènes nécessite de :

- connaître la perméabilité des saprolites compactés sur 2 m d'épaisseur afin d'en déduire le débit de fuite et d'évaluer ainsi l'impact sur le substratum.
- décrire le dispositif de traitement des eaux issus du stockage des stériles acidogènes présenté dans l'illustration 13.
- estimer la durée de fonctionnement qui va dépendre de l'évolution dans le temps de la qualité des eaux qui sera elle fonction de la lixiviation des stériles acidogènes et du tamponnage éventuel des saprolites (dont il est donc nécessaire de connaître des propriétés en terme de potentiel de neutralisation d'acidité).
- décrire la couverture finale, dont l'objectif est de réduire au maximum l'infiltration en eau tout en protégeant contre l'érosion (qui va être très agressive vu la pluviométrie).

Les mesures de compensation actuellement envisagées ont fait l'objet de concertation en ateliers de travail avec les parties prenantes (Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la Guyane (DEAL), Office national des forêts (ONF), Collectivité territoriale de Guyane (CTG) et Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN)). Elles pourraient prendre plusieurs formes : la restauration de barranques⁹⁵ d'orpaillage illégal situées à proximité du site minier, la restauration d'habitats dégradés dans le corridor de migration de la faune entre les deux massifs de la RBI et l'appui à la gestion de la RBI. Ces mesures pourront être discutées en concertation avec les acteurs du territoire. Elles devront permettre, sur le long terme, de créer des habitats favorables à l'installation et au développement des espèces protégées concernées. À ce stade des études, l'estimation du coût des mesures compensatoires n'est pas encore établie.

La préservation de la ressource en eau et des sols

Le projet Montagne d'Or se situe dans le bassin versant de la Mana, un secteur au réseau hydrographique dense et fortement dégradé par les activités d'orpaillage passées légales et illégales. Plusieurs criques ont été obstruées et déviées par endroits et on y trouve aussi bien des cours d'eau de largeur modeste que des élargissements importants ou des bras morts et des zones de marécages dus aux anciens chantiers d'orpaillage.

Visant une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, le Schéma directeur d'aménagement et de la gestion des eaux (SDAGE) a pour objectif d'« accompagner le développement des activités industrielles et minières pour limiter les impacts sur la ressource en eau et des milieux aquatiques » (Orientation fondamentale n°3).

Il précise les dispositions à prendre pour « diminuer les impacts générés par les mines/carrières sur les milieux aquatiques et la ressource en eau⁹⁶ » et les déclina par des mesures concrètes⁹⁷ parmi lesquelles :

- ▶ le renforcement des prescriptions destinées à préserver la continuité écologique des cours d'eau concernés par des activités minières ;
- ▶ l'intégration des activités minières dans la gestion intégrée de la ressource.

Les investigations de terrain réalisées indiquent une sensibilité des eaux souterraines qualifiée de faible à localement moyenne au niveau de la zone du projet, du fait de :

- ▶ la faible circulation d'eau souterraine sur la quasi-totalité du projet minier ;
- ▶ la présence d'une épaisseur de quelques mètres à dizaines de mètres de saprolite très peu perméable ;
- ▶ l'absence d'usage des eaux souterraines à proximité du site du projet (exception faite de la future base-vie) ;
- ▶ de possibles mises en charge hydrauliques au sein du massif Dékou-Dékou.

Toutefois, la réalisation du projet Montagne d'or est susceptible d'avoir un impact sur les ressources en eau souterraines et de surface. Ainsi, le creusement de la fosse d'extraction conduirait à un drainage des circulations d'eau souterraines, situées immédiatement en amont. Ces eaux ruisselleront vers le fond de la fosse. L'alimentation de la nappe saprolitique en aval pourrait aussi être diminuée. Cependant, le projet prévoit d'éviter la nappe alluviale située en aval du site afin de réduire ces effets. De même, afin d'éviter la pénétration des eaux de surface dans la fosse, un fossé périphérique sera installé en amont qui détournera ces eaux vers les cours d'eaux situés en aval afin de minimiser l'impact sur les débits en aval.

Illustration 16 – Evocation des caractéristiques de saprolites (Source CMO)

Le système de gestion des eaux a pour objectif de réduire les éventuels impacts sur les eaux de surface, les eaux souterraines et les sols en termes de qualité et de quantité, ainsi que les conséquences potentielles sur les habitats et la faune aquatique en aval :

- ▶ les eaux de ruissellement du site seront déviées à l'extérieur des zones d'exploitation et dirigées vers des bassins de décantation afin de limiter l'érosion des terres et l'apport de sédiments dans les cours d'eau ;
- ▶ les résidus miniers humides et les eaux ayant été en contact avec le procédé de traitement du minerai seront décyanurés puis les eaux de procédé seront envoyées à l'usine de traitement des eaux et prioritairement recyclées ;
- ▶ les eaux de contact présentant un potentiel acide seront collectées dans le bassin des eaux de contact qui servira de réserve d'eau brute pour l'usine de traitement du minerai ;

- ▶ les stériles présentant des risques de drainage acide seront stockés dans des alvéoles en argile afin de les isoler des conditions oxydantes et du ruissellement des eaux ;
- ▶ une géomembrane d'imperméabilisation recouvrira le fond et les flancs du bassin du parc à résidus pour empêcher les lixiviats de résidus de percoler et de s'infiltrer dans les eaux souterraines.

La qualité de tous les effluents fera l'objet d'un suivi en continu par l'équipe de surveillance environnemental de la CMO.



**POUR EN SAVOIR PLUS
VOIR «VUES EN
COUPE DU PRINCIPE
DE STOCKAGE DES
STÉRILES ACIDOGÈNES»
EN PAGE 79**

Illustration 17 – Evocation des relations des eaux souterraines et du potentiel de drainage acide (Source CMO)

La déviation des eaux de ruissellement en dehors des ouvrages miniers (carrières, pistes de roulage et base vie) est primordiale et doit se faire avec des évacuations sur des trajets imperméabilisés et à débit rapide afin d'éviter les infiltrations d'eau à proximité des ouvrages d'excavation.

Les infiltrations dans les profils d'altération en sols gravillonnaires latéritiques ou alluviaux alimentent fréquemment des nappes phréatiques de faible profondeur (horizon fissuré du schéma ci-après) qui au contact de certaines argiles et /ou en fonction de leur disposition géométrique peuvent provoquer, participer ou induire des glissements de terrain en particulier sur les talus et banquettes d'une carrière à ciel ouvert.

Ce contexte général est résumé dans l'extrait suivant du document public ci-dessous en page19 (<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61027-FR.pdf>). Les termes altérite et saprolite peuvent, dans ce cas, être considérés comme synonyme. L'altérite est une forme plus superficielle et résulte partiellement de phénomène de transports à la différence de la saprolite qui est un matériau qui s'est altéré sur son lieu d'origine.

**Caractérisation des déchets miniers
de quatre mines d'or de Guyane**

Rapport final

BRGM/RP-61027-FR

Avril 2012

2.1. SPÉCIFICITÉS DES MINES D'OR DE GUYANE EN GISEMENT PRIMAIRE

2.1.1. Lithologie et types d'exploitations aurifères

Les formations géologiques du bouclier guyanais ont subi une altération importante sous climat tropical et équatorial humide, et sont presque partout uniformément recouvertes d'**altérites** épaisses de quelques mètres à plus de cinquante mètres.

Ces altérites comprennent du haut vers le bas (Figure 1) :

- la cuirasse latéritique (ou ferrallitique) rarement préservées et les argiles tachetées sous-jacentes ;
- le saprolite, développée sur des profondeurs variant de 20 à 50 m ;
- une zone de transition peu épaisse (quelques mètres), appelée saprock et caractérisée par une altération et une oxydation moins intenses et donc par un mélange entre saprolite et roche non oxydée (argile graveleuse) ;
- la roche saine non altérée et indurée.

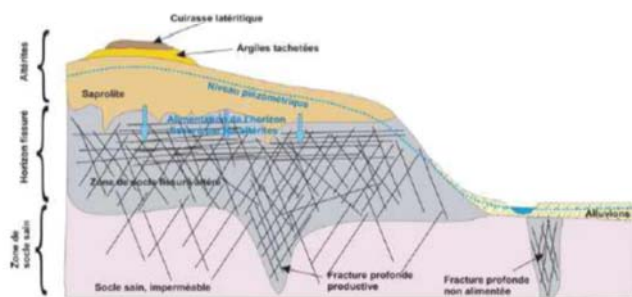


Figure 1 – Schéma d'un profil d'altération type et relations avec les eaux souterraines d'après Weng, 2006 (in Miramond et al., 2006)

Le saprolite est un matériau meuble provenant de l'altération chimique tropicale in situ de la roche saine se traduisant par une destruction de la maille cristalline des minéraux primaires à partir d'un intense lessivage des silicates d'aluminium et de fer issus de la

Illustration 18 – Schéma et définition des altérites et saprolites et de l'horizon fissuré sous jacent en contexte guyanais (BRGM, 2012)

La gestion des eaux Le projet minier Montagne d'Or s'insérera dans un environnement caractérisé par un climat équatorial et donc un réseau hydrographique très dense. Les infrastructures du site doivent donc prendre en compte des épisodes pluvieux intenses, générant des débits de ruissellement importants. Les ouvrages hydrauliques ont été dimensionnés à partir des données météorologiques récoltées de 1993 à 2015, dans le cadre de l'étude de faisabilité bancaire du projet minier. La gestion des eaux est donc un enjeu majeur de maîtrise opérationnelle. Le système de gestion des eaux qui sera mis en place sur le site aura pour but de : ▶ dévier autant que possible les eaux de ruissellement en amont des zones de travaux et des infrastructures ; ▶ disposer de capacités de stockage suffisantes pour alimenter l'usine de traitement du minerai en eau brute¹³ ; ▶ offrir une capacité de traitement suffisante des eaux de procédé et de contact. À cette fin, des installations adaptées aux différentes eaux récupérées sont prévues : ▶ un réseau de canaux de dérivation, associés à des bassins de décantation, qui limiteront l'afflux d'eaux de ruissellement pour éviter qu'elles ne pénètrent et ne débordent soit dans la fosse minière, soit sur le site de l'usine, soit dans les aires de stockage de stériles, de minerai basse teneur ou de terre végétale.	▶ un bassin d'eaux de contact¹⁴ pour les eaux d'exhaure de la fosse, les eaux de ruissellement des verses à stériles et du stock de minerai basse teneur et les eaux de ruissellement des digues extérieures du parc de stockage des résidus miniers ; ▶ un réseau de collecte des eaux de décantation des résidus miniers et des eaux de pluie à l'intérieur du parc à résidus ; ▶ des stations de traitement des eaux de contact et des eaux de décantation du parc à résidus. Les niveaux d'eau du bassin des eaux de contact et du parc à résidus miniers seront contrôlés automatiquement. Les eaux de contact seront réutilisées en priorité pour les besoins du circuit de traitement, en application du principe « Recycler » de la démarche ERC. En cas de surplus, un traitement des eaux sera réalisé afin de se conformer aux seuils de rejet dans le milieu naturel édictés dans l'autorisation préfectorale.
---	--

Illustration 19 : Présentation de la gestion des eaux par le porteur du projet (Source CMO)

Le besoin de l'usine de pouvoir disposer d'une grande quantité d'eau brute oblige à prévoir les stockages de ces eaux de ruissellement non contaminées avec les procédés ni les substances minéralisées. Les divers pompages de rabattement de nappe autour de la carrière à ciel ouvert peuvent participer activement à l'assèchement des terrains et talus de la carrière d'extraction et ainsi fournir une eau « propre » (pas ou peu turbide) au circuit de process de l'usine ainsi qu'un minerai moins humide à l'alimentation du concasseur.

Les eaux de ruissellement pompées en fond de fosse comme de celles de ravinement des minerais basse teneur, des versants extérieurs de parc à résidus et de verse à « stériles acidogènes » seront traitées à part pour une utilisation appropriée dans le circuit de l'usine après décantation.

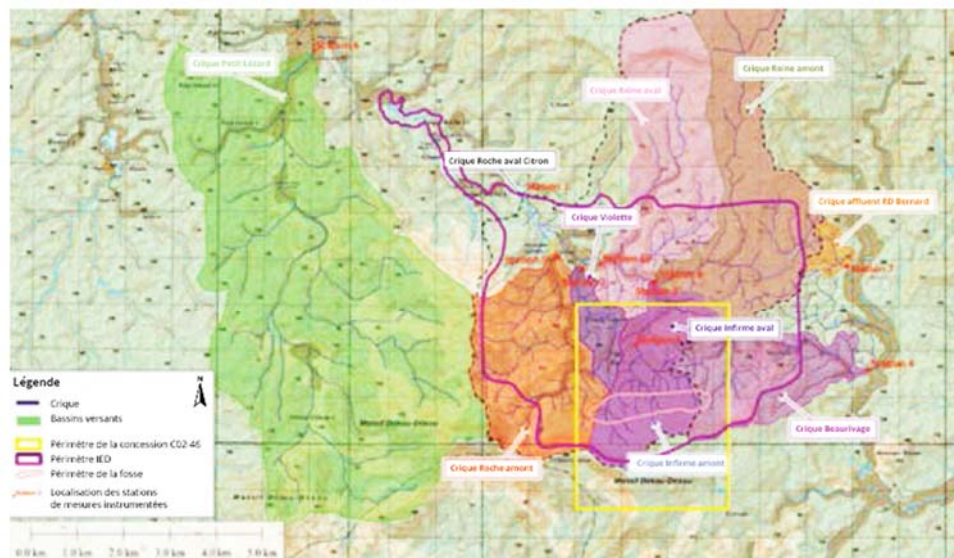
3.7. LA LOCALISATION DE LA BASE VIE DE CAMP CITRON

Une localisation de la base vie (4) intrigue, celle-ci se trouvant positionnée en aval des bassins versants des criques devant être occupées par les verses à résidus (7). Il peut s'agir d'une obligation réglementaire, cependant le principe de précaution suggérerait une localisation plus élevée en altitude en limite ou en dehors du [périmètre IED](#)



Illustration 20 : Positions et Indexation des différentes implantation et caractéristiques minières (Source CMO)

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE LOCAL ET DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS



Source : Compagnie minière Montagne d'Or

PROJET MONTAGNE D'OR ■ DOSSIER DU MAÎTRE D'OUVRAGE

77

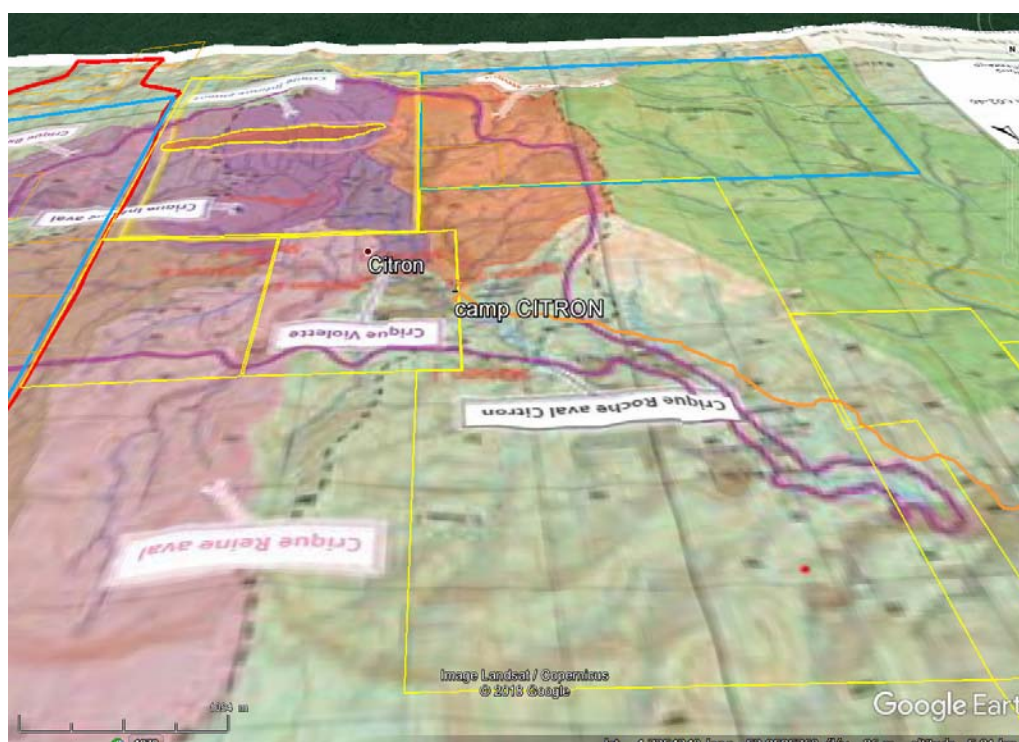


Illustration 21 – Cartes des bassins versants du projet minier et du périmètre IED avec la position de la base vie de Camp Citron. Visualisation sous Google earth de la localisation de la base vie Camp Citron (Source CMO)

La base vie et/ou la plateforme de service intègre-t-elle, en plus de « 450 chambres et structures de loisirs » un complexe de restauration et les services médicaux classiques et d'urgence pour une base isolée (médecin, hélicoptère) ?

Sur un secteur isolé et sur un site classé Seveso, la présence d'un médecin qualifié urgentiste paraît une nécessité plutôt qu'une infirmerie destinée à appliquer des protocoles courants et n'ayant pas un pouvoir décisionnel et de communication en cas d'urgence absolue sans évacuation d'urgence possible, notamment en cas d'intempérie.



Illustration 22 – Estimation de personnel sur site selon le porteur de projet (Source CMO).

L'estimation de 450 chambres pour autant de postes doublés par le système de travail posté en 2 fois 12 heures correspond il a la réalité d'une vraie base vie avec un total de postes de 615 (=415+125+75+?) éventuellement ou partiellement doublés. Les hypothèses de dimensionnement considérant les obligations liées au code du Travail seraient à préciser, notamment du fait de l'éloignement du site.

4. Echanges de questions réponses avec Mme H. Ferrarini pour Guyaneweb

Comme mentionné en avertissement et à la suite de ce débat public qui s'est déroulé dans un climat tendu, les échanges en questions réponses n'ont pu se dérouler dans de bonnes conditions. Madame Hélène Ferrarini a souhaité une interview par écrit sous forme de **questions**/réponses à des problématiques techniques soulevées en relations directes et parallèles avec le thème « **Atelier 1 Le fonctionnement de la mine** ». Le contenu de cet échange autorisé par le président de la commission est retranscrit ci-dessous.

Le minéral

Lors de la présentation du 4 avril, vous avez précisé que le minéral du site de la Montagne d'or comporte de la pyrite, de la pyrrhotite, mais seulement des traces d'arsenic. Comment dispose-t-on de ces données ?

Quelles sont les caractéristiques de la pyrite et de la pyrrhotite ? Quels risques peuvent-ils comporter une fois extraits de la roche mère ?

Vous avez parlé de la pyrrhotite comme d'un minéral « très instable » : qu'est-ce que cela signifie-t-il ?

Existe-t-il des risques de drainages d'acides miniers et pouvez-vous expliquer en quoi cela consiste ?

Les données concernant la présence de ces pyrrhotite et pyrite figurent dans les pages 65 à 75 du rapport intitulé « SRK Consulting (U.S.), Inc. NI 43-101 Technical Report on Updated Resource - Montagne d'Or Gold Deposit, Paul Isnard <http://www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2015-07-31-PEA-Paul-Isnard-MO.pdf>

Elles sont résumées en anglais **et synthétisées en français** sur la diapositive 9 intitulée « **Analyses minéralogiques du minéral** »

« Les principaux minerais des zones UFZ et LFZ sont la pyrite et la pyrrhotite.

Le cuivre est principalement (98%) contenu dans la chalcopyrite.

L'arsenic est présent sous formes de traces d'arsénopyrite.

Les sulfures sont encaissés dans une gangue siliceuse non sulfurée.

Les oxydes de fer sont sous forme de magnétite, hématite et ilménite.

Les argiles caractérisées sont déterminées comme illite et kaolinite.

Pas de smectite (argile expansive) caractérisée.

Dans les minerais, l'or est libre et celui récolté par gravité est sous forme native et/ou électrum de composition or et argent »

<http://www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2014-08-04-Paul-Isnard.pdf> figure 47 - p88



Figure 47 – Sulphide Mineralisation Intersection in One of Columbus Drillholes (MO1164)

Ci-après la description simple faite par la régie du bâtiment du Québec où certains ciments et matériaux contiennent ces minéraux pyrite et pyrrhotite :

« La **pyrite** FeS_2 est un minéral qui se retrouve dans la pierre et qui produit de l'acide sulfurique en s'oxydant au contact de l'humidité et de l'oxygène. Lorsque ce phénomène se produit en dessous d'une fondation, il peut provoquer le soulèvement et la fissuration de la dalle de béton.

La **pyrrhotite**, pour sa part, est une espèce minérale composée de sulfure de fer, d'une couleur jaune bronze qui noircit à l'air. En cristallisant en lamelles, elle peut provoquer des fissures dans le béton. »

<https://www.rbq.gouv.qc.ca/citoyen/problemes-particuliers-en-batiment/pyrite-et-pyrrhotite.html>

La formule chimique FeS de la **pyrrhotite** est différente de celle de la pyrite FeS_2 et elle est de ce fait est **très instable lorsque elle est extraite de son contexte rocheux souterrain non oxydé** et se décompose rapidement quand elle est soumise à l'oxygène de l'air en contexte humide c'est-à-dire extraite ou stockée à l'air libre. La neutralisation de l'acidité des jus corrosifs produits peut être réalisée par adjonction de carbonate de chaux ou de poudre calcaire. La pyrite est également instable à l'air libre mais de manière beaucoup plus lente.

Le drainage acide correspond à la réaction naturelle à une perturbation du milieu c'est-à-dire à une oxydation atmosphérique des minéraux sulfurés comme la pyrite (FeS_2) et à pyrrhotite (FeS) qui, exposés à l'air et à l'eau, vont générer de l'acidité. Si l'acidité générée est supérieure à la capacité de neutralisation sous forme de carbonates présents éventuellement dans le sol ou la roche par exemple, il résulte un drainage acide (pouvant inclure une lixiviation métallique).

Les déchets miniers, déjà stockés humides, reçoivent aussi les pluies. Le phénomène biologique (les réactions d'oxydation étant favorisées par l'action de bactéries présentes dans le milieu) et chimique de formation de drainage minier acide s'enclenche alors par suintement ou ruissellement sur le lieu de stockage.

http://maxxam.ca/wp-content/uploads/2012/03/Montreal-Conference_Julien-Rachou.pdf

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.1.pdf

La cyanuration

Il existe deux types de cyanuration : la cyanuration en cuve et la cyanuration en tas. La Montagne d'or a retenu l'option d'une cyanuration en cuve. Pouvez-vous expliquer la différence entre ces deux procédés ? Le choix d'une cyanuration en cuve vous semble-t-il judicieux ?

Existe-t-il des risques de fuite de cuve ?

Il est question d'une cyanuration en circuit fermé : que cela signifie-t-il ?

La cyanuration est la méthode la plus efficace pour extraire totalement l'or des minerais qui le contiennent cette notion d'extraction totale est primordiale dans la notion de mine durable, dans la mesure où toute la richesse contenue doit être valorisée. La phase préliminaire de concentration gravimétrique permet de réaliser entre 10 à 40% de la récupération par l'utilisation de la densité naturelle de l'or grossier.

La cyanuration en tas est utilisée pour extraire l'or des minerais de surface. Ces minerais, constitués de roches altérées et oxydées, sont très souvent transformées naturellement en argiles. Extraites sans tir à l'explosif, elles ne nécessitent pas de broyage et simplement un démottage et un bouletage au ciment. Ne contenant pas de sulfures, ces minerais de surface et les tas de ces produits lixiviés ne génèrent pas de drainages acides et les cyanures ou produit cyanurés sont détruits par l'exposition au soleil.

Dans le cas de minerais profonds comme à Montagne d'Or le minerai n'est pas oxydé et l'or est contenu entre les sulfures de pyrite et pyrrhotite. Pour pouvoir l'extraire, il faut broyer le minerai à la taille de 75 microns soit 0,075mm pour le libérer d'entre les grains afin que les solutions de cyanure puissent le dissoudre. La valorisation de ce minerai oblige donc à utiliser **la méthode de cyanuration en cuve**. Cette méthode consiste à faire circuler agiter, oxygéner, flocculer, un minerai circulant en pulpe dans un circuit de cuves et tuyaux avec des charbons actifs avec un pH basique à 10 par ajout de soude, et additifs.

Les fuites de cuves sont peu probables, l'opérateur n'ayant pas intérêt à perdre sa production d'or. Le circuit fermé signifie que, hormis les charbons actifs qui ont fixé l'or et les résidus de minerais qui ont été rincés les substances restent dans le circuit pour les réutiliser jusqu'à leur dégradation progressive dans le processus.

Les produits non aurifères sulfurés sont épaissis et dirigés dans la verse à résidus où s'effectue l'élimination des résidus éventuels de cyanures et complexes cyanurés pour ensuite neutraliser, compacter et confiner ces sulfures dans des cellules étanches.

La cyanuration en cuve a fait ses preuves dans la valorisation de nombreux minerais d'or. Dans de nombreux pays européens, nord centre et sud-américains. Les roches minéralisées considérées comme minerais primaires actuels sont sélectionnées à des teneurs de 1 voire 0.5g/t parfois en masses disséminées difficilement exploitables en mines souterraines pour le risque d'effondrement en galeries. Anciennement et avant la cyanuration, les seules mines exploitées l'étaient dans des structures filoniennes à des teneurs supérieures à 10g/t.

La méthode vers l'aval est la solution retenue pour la réalisation échelonnée de la verse à résidus. Cette méthode assure un ancrage plus important en surface sur le sol d'origine. Elle évite de

surcharger des résidus qui pourrait ne pas être complètement compactés. Elle isole les résidus les plus anciens d'une atteinte par des excavation ou érosions postérieures éventuelles. Chaque phase de rehaussement augmente la superficie de la verse à résidus au contact de l'air améliorant ainsi la destruction de cyanures.

Dans ces activités, la formation du personnel, les procédures de sécurité, l'analyses des risques, les exercices, la remise à jour des bonnes pratiques, la responsabilisation des opérateurs et les moyens en personnel et en temps restent primordiaux. Les verses à résidus et leur stabilité sont des travaux de post production qui doivent tenir une importance équivalente aux outils de production.

Transport du cyanure

Vous avez dit que les principaux risques ne sont pas liés au cyanure en lui-même, mais dus à des problèmes de transport ou de ruptures de digues.

Concernant le transport : la Montagne d'or semble opter pour un transport du cyanure sous forme solide en caisse. Vous dites préférer le cyanure liquide transporté en fûts. Pourquoi ?

Dans ce graphique repris de la P12 du diaporama il apparait que 72% des accidents liés au cyanure proviennent des ruptures de digue et il est vrai que les anciennes verses à résidus ont fait l'objet de reprise lors de l'apparition industrielle de la cyanuration associée à la hausse des cours de l'or la plupart des verses à résidus étant réalisées vers l'amont. Leur solidité n'était pas optimale et les travaux de terrassement ou de reprise sur des flancs érodés par plusieurs années d'érosion ont pu entrainer des zones de faiblesse ayant abouti à des catastrophes. La méthode aval décrite plus haut est donc plus adaptée.

Identification et répartition des causes d'accident cyanure répertoriés

On relève plusieurs accidents liés aux cyanures dans l'industrie aurifère à travers le monde, dont une trentaine ces 25 dernière années. Ces accidents sont généralement liés à des déversements suite à la rupture d'un bassin de stockage des résidus du fait d'une mauvaise gestion du bilan hydrique (notamment lors de conditions météorologiques extrêmes) ou par défaut de conception et de construction. On relève également quelques accidents relatifs au transport du cyanure (figure 12).



Figure 21 : Répartition des causes des principaux accidents sur les exploitations aurifères entre 1975 et 2000 (PNUE, 2006)

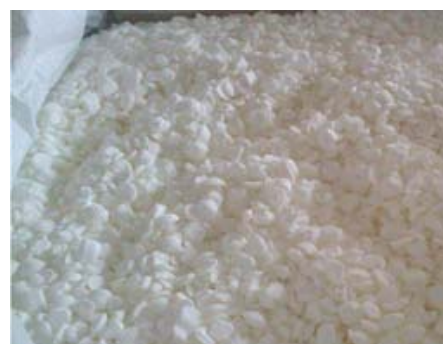


Pour ce qui est du transport et du conditionnement du cyanure celui-ci est proposés sous forme de briquettes ou pastilles telles qu'elles apparaissent sur la photo ci-après. Les fûts étanches pèsent 50kg (45Kg de NaCN et 5kg de fûts), ils sont flottants et renforcés sur les flancs. Un acteur du marché fait apparaître un colisage en big-bag de 1 000Kg dans un conditionnement en caisse de bois pressé. Si la route depuis Degrad des Canes et Kourou me paraît adaptée et sécurisée pour les transports exceptionnels. La section entre Kourou et Camp Citron est dans l'état actuel moins adaptée voire hors gabarit pour ce type de transport en particulier le passage de ponts à une voie avec des gabarits réduits. Il me paraît peu opportun de risquer le transport des colis unitaires de 1 tonne de cyanure sur ce type de trajet. La piste menant à Camp Citron me paraît également comporter actuellement de nombreux passages de criques pouvant présenter certains risques potentiels qui devront être éliminés à l'avenir. La création d'un port industriel à saint Laurent du

Maroni participera à réduire les risques routiers sur la section depuis Dégrad des Cannes jusqu'à la piste vers Camps Citron.

Sur le site minier, le contenant en fûts permet aux opérateurs de mettre le cyanure en solution par fût unitaire en perforant ce fût avec un outils contondant (pioche) les fonds flancs et sommets des fûts pour introduire un flexible d'eau en partie supérieure et les solutions dissoutes s'écoulent par les flancs et le fond. Le fût est ainsi rincé et inutilisable et l'opérateur n'est pas soumis à la manipulation ni au contact direct à travers sa protection avec les briquettes/pastilles de NaCN.

Ci-dessous, présentation des différents modes de colisages des briquettes/pastilles de cyanure NaCN <http://www.inmatrade.com/de/nacn-type-c>



Cyanure en caisse de 1000kg



Cyanure en futs de 50kg 1000kg



Un rapport du BRGM de 2013 traite de l'utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane : quels sont les principaux enseignements de ce rapport ?

Le rapport du BRGM de 2013 intitulé « **Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane - Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations** » constitue une référence dans le domaine par le sujet abordé et ses préconisations particulières pour le territoire guyanais.

Les conclusions émises en page 56 résument parfaitement les précautions d'emploi et les recommandations d'usage sur le territoire guyanais. Ce document doit être considéré comme une fiche et un memento incontournable en matière d'usage du cyanure en Guyane.

L'évolution de la législation concernant la protection de l'environnement et les procédures HSE (Hygiène Santé Sécurité) ont pu évoluer entre 2013 et 2018 et ce document devra, probablement, faire l'objet d'une réactualisation dans ces domaines.

Utilisation des cyanures dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels et recommandations

5.2. MISE EN ŒUVRE ET PERSPECTIVES EN GUYANE

Les événements climatiques et la sensibilité de l'environnement requièrent une attention particulière dans la mise en œuvre des **bonnes pratiques de construction de gestion et de surveillance des installations**, mais également et surtout du **management** qui doit être mis en place sur les futurs sites miniers utilisant du cyanure. Il est à noter que ces pratiques génériques s'appliquent en grande majorité au contexte guyanais ; en effet une partie importante des développements miniers dans le monde se fait dans la zone intertropicale. **Une utilisation maitrisée des cyanures en Guyane est donc possible dès lors qu'un minimum de bonnes pratiques de conception, de gestion, et de surveillance sont respectées.**

Concernant les procédés de cyanuration, les avantages et les difficultés potentielles dans le contexte guyanais ont été exposés dans le chapitre 3. Il ressort de cette analyse que malgré sa facilité d'utilisation, la **lixiviation en tas** présente certains risques et des contraintes dans le contexte guyanais. Non pas au niveau de l'emprise au sol et de l'aire d'exploitation nécessaire mais au niveau des précipitations ponctuellement extrêmes.

D'autre part, l'absence ou le **déficit de personnel technique qualifié** (techniciens, chefs de chantiers, géologues...) n'est pas rare, en particulier dans les petites exploitations. Une généralisation de l'utilisation des cyanures à l'exploitation de l'or primaire soulève donc la question des **compétences et du savoir-faire des compagnies** intéressées par ce procédé qui est à une échelle industrielle avec des investissements importants. C'est particulièrement le cas pour les opérations de lixiviation en cuves. Ce point soulève également la question de la **formation des personnels impliqués**, formation qu'il faudra envisager dans le cas d'une généralisation de l'utilisation de la cyanuration.

Il existe d'autres contraintes telles que l'**accessibilité aux sites miniers** ou la qualité des infrastructures. Ces derniers paramètres sont importants au niveau du **transport du cyanure** (conditionnement sous forme de caisses d'une tonne ou de fûts dont l'approvisionnement dépendra de la taille de l'usine). Ce point constitue une réelle contrainte pour la Guyane où beaucoup de gisements ne sont accessibles que par pirogue et/ou hélicoptère. A titre d'exemple, le projet d'exploitation d'or primaire de Camp Caïman par Cambior aurait nécessité un approvisionnement en cyanures hebdomadaire par un poids lourds. La présence d'une route était évidemment un facteur déterminant pour la faisabilité technique du projet. Le transport de tonnes de cyanures vers des sites plus éloignées (notamment dans l'ouest) est évidemment une contrainte forte voir limitante pour les mines de Guyane. Contrainte économique (coût d'approvisionnement) autant que contrainte environnementale (risque de pollution accidentelle des fleuves).

La question de la **surface nécessaire** pour installer les cuves ou gérer le parc à résidus se heurte également à la faiblesse des surfaces disponibles autour des exploitations guyanaises, au relief accidenté et à la nécessité d'augmenter les surfaces déforestées.

Stockage des boues cyanurées

Une fois traitées par cyanuration, les boues sont stockées dans des bacs à résidus. Dans quelle mesure ces boues cyanurées sont-elles encore chargées en cyanure ?

Le stockage se ferait dans la crique Infirmes, un lieu d'orpaillage ancien. Le stockage des boues cyanurées dans ce lieu vous semble-t-il judicieux ? Quels sont les risques du stockage dans ce lieu ?

Quelle est la durée de vie et la solidité du géotextile isolant les bacs à résidus du sol ?

Tout d'abord une distinction s'impose entre les **différents types de géosynthétiques** adaptés à leur utilisation. Les **géotextiles S.S.** sont destinés à un usage superficiel. Généralement de textures poreuses ou en mailles, ils aident à la revégétalisation des versants par le maintien des particules minérales et de la terre végétale en évitant leur ravinement et en répartissant uniformément, l'arrosage pluviométrique ou artificiel. Par contre la **géomembrane** est à usage d'imperméabilisation et de récupération de solutions aurifères dans le cas de la cyanuration en tas ou de jus de drainage des parcs à résidus en vue de leur traitement définitifs.

Pour mémoire les géomembranes de la mine d'or de Ity en Côte d'Ivoire ont été fournies et utilisées en extrême urgence par la cellule de crise afin de créer des sites de stockage temporaire pour la récupération et la dépollution des déchets pétroliers toxiques du Probo-Koala dans les quartiers peuplés d'Abobo en Côte d'Ivoire en août 2006.

Le cyanure libre en solution de surface ou soumis à une agitation est détruit par le rayonnement ultraviolet du rayonnement solaire, et par l'oxygénation des solutions en sortie. La présence d'un épaississeur pour extraire un maximum de solution liquide afin d'obtenir des boues épaissies est un avantage.

La neutralisation des complexes cyanurés est bien décrite dans Le rapport du BRGM de 2013 intitulé « [Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane - Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations](#) » de la page 38 à 42 et bien résumé dans le tableau synthétique en figure 18 ci-dessous.

3.2. TRAITEMENT DES RESIDUS

Les procédés de récupération de l'or par cyanuration produisent des eaux très alcalines, riches en ions cyanures, en complexes de cyanures métalliques stables et en produits de transformation des cyanures. Ainsi, en plus d'ions cyanure libres, les eaux contiennent généralement des complexes de cuivre, de fer, de nickel, et de zinc de type métallocyanures ainsi que du thiocyanate, du cyanate et de l'ammoniac. La concentration de ces composants est surtout fonction de la composition chimique du minéral.

Le cyanure peut être détruit ou récupéré par plusieurs procédés, ils peuvent être chimiques ou biologiques.

3.2.1. Les processus chimiques

Le choix du traitement chimique le plus approprié dépend de la nature chimique de la solution à traiter, de son volume et des conditions environnementales acceptables. Les procédés de traitements des cyanures fonctionnent sur le principe de conversion du cyanure en composés moins toxiques par réaction d'oxydation (figure suivante).

Procédé employé	type	Méthode utilisée	Réactifs de base en jeu	Produits issus de la dégradation
DESTRUCTION des CYANURES par OXYDATION				
Chloration alcaline	C	Oxydation par le Cl_2 ou NaClO à $\text{pH} > 11$	Cl_2 ou ClO^- , NaOH	CNO^- puis en N_2 et CO_3^{2-}
SO_2/Air	C	Oxydation par SO_2 et air avec catalyseur Cu ; procédé INCO	SO_2 , air, Cu comme catalyseur	CNO^-
Péroxyde d'hydrogène H_2O_2	C	Oxydation avec H_2O_2 et Cu_2^{+} comme catalyseur	H_2O_2	CNO^- , CO_3^{2-} et CO_2
Acide de Caro H_2SO_5	C	Oxydation	H_2SO_5	CNO^-
Charbon actif (CIP)	C+P	Oxydation avec CA et catalyseur Cu	Charbon actif, air/O_2 , catalyseur Cu	CNO^- , CO_3^{2-} , NH_4^+
Bio-dégradation	B	Oxydation utilisant les micro-organismes autochtones	Na_2CO_3 , H_3PO_4	CO_3^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-}
Oxydation Catalytique UOP	C	Oxydation avec air à température $< 130^\circ$ et pression ~ 550 kPa avec catalyseur	catalyseur	CO_2 , N_2 , NH_4^+
Ozonation	C	Oxydation par l'ozone	O_3	CO_3^{2-} , N_2
Oxydation à l'air humide	C	Oxydation à température élevée (175 à 320°) et haute pression (2100 - 20700 kPa)	—	CO_2 , N_2
Photo-catalytique	C+P	Oxydation avec UV (léger visible) avec substrat TiO_2 , ZnO ou CdS	UV et substrat TiO_2 , ZnO ou CdS	CNO^- puis NO_3^- et CO_3^{2-}

Figure 18 : Procédés de destruction des cyanures par oxydation

Le soubassement du parc à résidus doit effectivement être équipé à sa base d'une géomembrane éventuellement avec en sa surface supérieure, un système de drain destiné à récupérer les eaux non récupérables en surface après la décantation des résidus accumulés et procéder au traitement de ces eaux. Il est recommandé de prévoir un drain également en surface inférieure pour la récupération des eaux en cas de fuites, poinçonnement et ou défauts de soudure. Cette géomembrane doit également isoler les résidus du sous-sol rocheux et éviter par-là les infiltrations dans ce sous-sol. Les géomembranes du marché doivent pouvoir résister à ces tensions de plus de 50 m de résidus sulfurés de masse volumique élevée. Les industries minières nord et sud-américaines (Chili, Pérou, Canada) doivent avoir testé, expérimenté et retenu des géomembranes dans des conditions similaires. Un problème crucial est la qualité et la résistance des soudures entre différents éléments de membranes et l'anticipation des contraintes doit être validé par un organisme agréé qui peut correspondre à celui disponible sur le lien ci-dessous :

www.cfg.asso.fr/sites/default/files/files/cd-rom-2017/RG2017%20pp%20323.pdf

L'implantation dans le bassin versant de la crique Infirmes oblige à sécuriser le fond de cette crique orpaillée historiquement. Comme dans la majorité de ces sites, l'orpaillage a certainement remanié le dépôt alluvial originel en y faisant apparaître des blocs rocheux et en y déversant des résidus métalliques (rails, tôles, bouteilles en verre, corps de pompes, blocs moteurs, godets de dragues ou pelles, etc.). Ces corps cisailant seront isolés de la géomembrane par un soubassement de saprolite argileuse compactée afin d'en augmenter son imperméabilité et de diminuer le risque de tout poinçonnement éventuel.

Pour les analyses et solutions à ces problématiques, je ne peux que vous renvoyer à l'analyse des documents techniques en lien ci-dessous listant et évaluant les paramètres des différents supports, membranes et types de résidus sont répertoriés afin d'adopter la solution efficace et durable.

Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets

www.cfq.asso.fr/sites/default/files/publications/recommandations_utilisation_n11.pdf

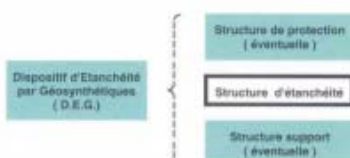
3.3 CHOIX ET CONCEPTION DU DISPOSITIF D'ETANCHÉITÉ PAR GÉOSYNTHÉTIQUES (D.E.G.)

Le D.E.G. a pour rôle de minimiser les échanges de liquides et de gaz entre les déchets stockés et le milieu extérieur.

Le D.E.G. est composé de 3 structures superposées :[3]

- protection (éventuelle)
- étanchéité
- support (éventuelle)

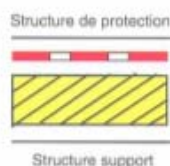
3.3.1 - Structure d'étanchéité



a) Exemples de structures

Le lecteur trouvera ci-après quelques exemples non exhaustifs de structures d'étanchéité.

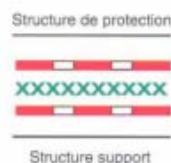
Etanchéité combinée géomembrane / matériau argileux



L'intérêt de cette structure repose sur la complémentarité des caractéristiques mécaniques, hydrauliques, et chimiques des deux matériaux [4 et 5].

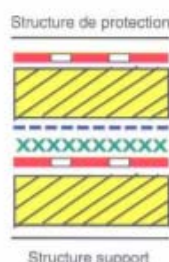
L'efficacité est d'autant plus grande que le contact entre les deux matériaux est étroit, de façon à réduire les écoulements d'interface.

Etanchéité double par géomembrane



Cette structure doit être considérée comme un système. Grâce au drainage réalisé par le géoespaceur intermédiaire, la charge hydraulique au dessus de la géomembrane secondaire (inférieure) est quasiment nulle, ce qui donne globalement de très faibles infiltrations.

Etanchéité combinée double géomembrane / matériau argileux



Cette structure est la combinaison des deux cas précédents. Elle cumule leurs avantages.

Dans certains cas, il est possible de remplacer la couche de matériaux argileux par un géocomposite bentonitique.

p. 15

11^{èmes} Rencontres Géosynthétiques – 7-9 mars 2017, Lille

CERTIFICATION ET QUALIFICATION ASQUAL DES GÉOSYNTHÉTIQUES

CERTIFICATION AND QUALIFICATION ASQUAL OF GEOSYNTHETICS

Pierre LEBON, Freddy FORTIN
ASQUAL, Paris, France

RÉSUMÉ – Les certifications de produits et de services et la qualification d'entreprises du secteur des géosynthétiques, reconnues en France et prescrit dans des ouvrages de génie civil et de l'environnement, évoluent régulièrement pour tenir compte des évolutions en matière de réglementation, des nouveaux besoins exprimés par les utilisateurs, du développement des technologies et des innovations « produit/process » par les fournisseurs. Cet article vise à fournir une information synthétique et actualisée sur les certifications et la qualification d'entreprises aux parties intéressées du secteur des géosynthétiques (donneurs d'ordre, prescripteurs, bureaux d'études, entreprises de produits et services certifiés, ...).

Mots-clés : géosynthétiques, certification, qualification, marque ASQUAL

les 10 règles de bonnes pratiques

1 Choix du site et implantation :

Privilégier :
L'accessibilité,
La sécurité (lignes EDF, Gaz, ...)
Hors nappe
Définition de l'emprise
Compatibilité géotechnique des matériaux

2 Géométrie et mètres :

Privilégier :
Formes rectangulaires
Pentes intérieures 2/1
Adapter la profondeur à la destination de l'ouvrage (contraintes hydrauliques)
Les surfaces à prendre en compte (développés : fond, talus, ancrages périphériques ou intermédiaires)
Largeur crête de digue, accessible à tout engin de manutention en toute sécurité

3 Choix des géosynthétiques :

Géomembrane :
Compatibilité chimique
Compatibilité géométrique
Performance du produit
Qualité du produit (normes, certifications, marquage CE)
Adapté à la destination initiale de l'ouvrage
Attention !!! la géomembrane a pour seule fonction d'assurer l'étanchéité de l'ouvrage

Géotextiles :
Utiliser des géotextiles « antipoinçonnants » (normes, certifications, marquage CE)
Utiliser des géotextiles adaptés aux exigences de l'ouvrage
Faire référence aux guides techniques *
Drainage eau et gaz :
Prévoir un réseau séparé du drainage des eaux et des gaz (surpression d'air contenu dans les sols)
Utiliser des géocomposites adaptés et dimensionnés

Événements :
Préconiser des événements adaptés, pour une bonne mise à l'atmosphère de l'air emprisonné sous la complexité d'étanchéité

4 Qualité du support de pose :

État des surfaces
Maîtrise des eaux (mise en place d'un réseau séparé de drainage des eaux de fond de bassin, OBLIGATOIRE)
Planéité des têtes de talus
Réalisation des tranchées d'ancrage
P.V. de réception de l'état de surface du support de pose

5 Conditions climatiques de pose :

Température extérieure (voir plages de température de soudage)
Vents
Pluie et neige
Brouillard
Taux d'humidité ambiante
Sécurité des opérateurs

6 Qualité de pose :

Formation et certification ASQUAL** du personnel de pose.
Adaptation du matériel de : pose, soudage, contrôle, aux exigences du chantier dans le respect des règles de sécurité
Qualité des produits et de leur mise en œuvre.
Suivi qualité.

7 Traitement des points singuliers :

Appréhension du point singulier
Utilisation de matériel et matériaux adaptés
Conditions d'exécution
Contrôles

8 Suivi qualité :

Littérature de l'entreprise mettant en évidence la traçabilité générale du chantier
Suivi complet du contrôle intérieur (contrôle interne et contrôle externe)
Promotion du contrôle extérieur (à la charge du maître d'ouvrage)

9 Livraison de l'ouvrage :

Réception des travaux exécutés avec le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage
Signature des documents de réception (PV)
Transmission du DOE
Transmission de la notice d'utilisation et des recommandations d'exploitation

10 Exploitation de l'ouvrage :

Respect des recommandations d'utilisation et d'exploitation
Respect des règles élémentaires de sécurité liées à l'exploitation de l'ouvrage (entretien des équipements de sécurité)
Respect de la destination de l'ouvrage

**** L'Association ASQUAL met en œuvre des contrôles internes, essais en laboratoire et audits du respect des exigences des certifications et qualifications « Application de géomembranes ». Ces certifications ont été développées collectivement avec les MDA, MDE, applicateurs, producteurs et laboratoires qui se réunissent au sein de comités techniques. Ils assurent l'impartialité des décisions relatives aux certifications.**

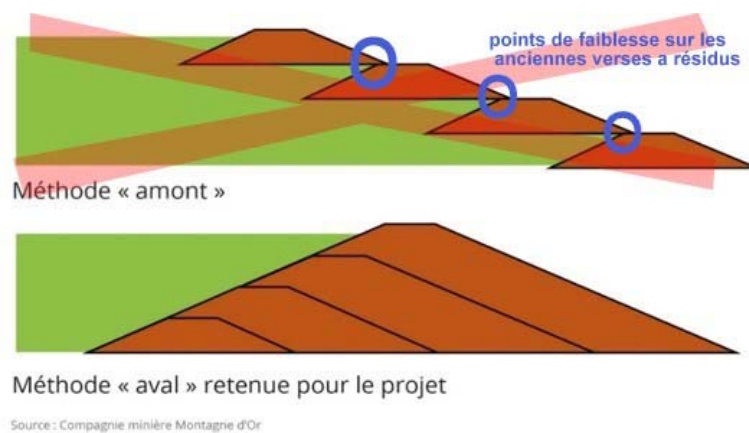
www.afag-asso.fr
contact@afag-asso.fr




* fascicules du C.F.G. - Vidéocours AFAG - guide du SETRA ASQUAL

Dans quel contexte, un risque de ruptures de digues pourrait-il apparaître ?

Comme déjà évoqué précédemment, il est vrai que les anciennes verses à résidus ont fait l'objet de reprise lors de l'apparition industrielle de la cyanuration associée à la hausse des cours de l'or. La plupart des verses à résidus étant réalisées vers l'amont, leur solidité n'était pas optimale et les travaux de terrassement ou de reprise sur des flancs érodés par plusieurs années d'érosion ont pu entraîner des zones de faiblesse ayant abouti à des catastrophes, notamment lorsque que les précipitations sont particulièrement importantes. Le dimensionnement des digues doit donc tenir compte de la pluviométrie de la Guyane mais aussi de la nature minéralogique des matériaux qui serviront à la réalisation des digues.



Autres

Quelles sont les autres techniques principales d'extraction de l'or primaire utilisées à travers le monde ? Quelles sont leurs avantages et leurs inconvénients ?

Certains essais ont eu lieu avec le thiosulfate et par ailleurs beaucoup d'opérateurs artisanaux essayent d'améliorer la concentration gravimétrique sur les mines d'or de type alluvionnaire. Pour l'instant sur des minerais à or fin contenu dans des sulfures, les méthodes gravimétriques ne fonctionnent pas pour obtenir une récupération supérieure à 90% qui est l'objectif de rentabilité souhaitable et de stérilisation définitive du site. Les traitements chimiques ou bactériens ne sont pas encore au point ou restent à l'état de pilotes ou du laboratoire. Les impacts de ces procédés sur l'environnement en opération industrielle ne sont pas encore envisagés.

Vous disiez que peu d'experts acceptent de participer à des débats publics ou de répondre aux médias. Comment vous expliquez-vous cela ?

La participation réduite des experts dans les débats publics est effectivement un problème car l'expertise doit permettre d'éclairer le débat par les expériences antérieures des divers experts sur les sujets en débats. L'objet de l'expertise n'est pas d'émettre un avis ou un arbitrage entre les positions des parties prenantes et celles du porteur de projet et de ses soutiens. Or ces positions contradictoires voire conflictuelles se sont souvent bien exprimées dans le temps à travers la presse

locale, les réseaux sociaux, les pétitions et les présentations publiques. Souvent des conflits d'intérêts sous-tendent ces oppositions qui viennent se cristalliser sur l'objet de débat. L'expert indépendant, parfois peu averti de ces tensions sous-jacentes, se retrouve alors positionné en tant qu'arbitre alors que les éléments de décisions doivent émerger des avis des personnes intéressées au débat ou des organisations les représentant. Ces situations amènent parfois à des situations d'invectives et de caricatures des parties prenantes, situations et échanges qui ont peu de rapport avec la qualité technique, environnementale, sociale ou économique du projet débattu.

Ces rencontres ont l'intérêt de prendre contact direct avec les parties prenantes des projets, d'entendre, d'écouter leur inquiétudes et analyses, d'envisager des solutions possibles.

Ces problématiques sont présentes, ou du moins sous tendues, au début d'un projet d'exploration minière dont la nature, le résultat, la localisation précise, l'envergure, ne peuvent pas être connues. Il convient aux géologues d'exploration de chercher, de voir, d'entendre ces problématiques des territoires explorés afin d'apporter des réponses de terrain honnêtes aux parties prenantes des secteurs travaillés. Il est surtout primordial, d'introduire et de faire remonter ces problématiques dans la gestion des phases successives de décision du projet minier lors de son élaboration.

5. Conclusion

Le présent rapport a pour objectif de produire une réflexion neutre et documentées des éléments relatifs à la cyanuration et plus généralement aux risques liés à l'utilisation de cette méthode d'extraction, présentée dans le cadre du projet minier Montagne d'Or.

Dans ce cadre, l'expertise a consisté d'une part à analyser le rapport de présentation produit par la Compagnie Montagne d'Or dans le cadre du débat public, et d'autre part à participer à un atelier sur « le fonctionnement de la mine, les risques et leur gestion par le maître d'ouvrage » à travers une présentation des notions et des enjeux et la réponse aux questions posées. Cet éclairage avait pour finalité d'apporter des précisions techniques indépendantes sur des sujets complexes aux parties prenantes du débat. A l'issue de cet atelier, un entretien sous forme de questions/réponses a été accepté avec un média local afin de compléter l'information.

Il ressort de cette expertise que le dossier de présentation du maître d'ouvrage fait appel à des techniques classiques d'extraction de l'or du minerai par le procédé de cyanuration en cuves, dont la présentation, bien que succincte, est compréhensible et bien schématisée. Cette technique est éprouvée et largement utilisée à travers le monde. Cependant les paramètres de mode de conditionnement, du transport sur site, de la formation et la qualification du personnel et l'information aux parties prenantes riveraine sont à développer. Le choix du conditionnement en briquettes contenues en futs métalliques étanches de 50 kilos plutôt qu'en « bigbags » d'une tonne diminue considérablement l'impact d'un accident éventuel en conséquences humaines et environnementales le long du trajet jusqu'au site minier. Ce conditionnement évite également les manipulations humaines de la substance et assure la sécurisation du stockage en condition humide sur site.

Certains éléments, bien que figurant dans d'autres documents produits par ailleurs par la CMO, mériteraient d'être développés dans le dossier de présentation, comme par exemple la notion de réserves exploitables économiquement versus réserves géologiques existante pour justifier l'adaptation de la taille et profondeur de la fosse d'extraction au minerai économiquement rentable. Par ailleurs, la qualification des déchets miniers, des résidus de lixiviation et la notion de stériles non acidogènes et acidogènes employées dans le dossier pourrait être explicitée.

Les caractéristiques polysulfurées (pyrite et pyrrhotite) du minerai économique à traiter et d'une grande partie des stériles extraits au voisinage de ce minerai oblige à anticiper et éliminer le risque potentiel de drainage acide des verses à résidus et des verses à stériles. Cela doit s'envisager avec une neutralisation des complexes cyanurés métalliques pouvant être présents ou se créer au fil du temps dans les résidus de lixiviation.

La construction de la digue et la confection du soubassement étanche et sécurisé du parc à résidus, le compartimentage des 55% des stériles acidogènes extrait de la fosse vont nécessiter un fort volume de matériaux argileux saprolitique non acidogènes de bonne qualité géotechnique. Les coupes produites au niveau de la zone d'extraction, ne font pas apparaître, a priori, un volume de saprolites de qualité pour réaliser ces ouvrages. La qualité des géomembranes et de leur assemblage reste un paramètre important concernant la prévention de ce risque de drainage acide

Le stockage et la neutralisation des résidus miniers est le défi le plus important à atteindre sur un projet de ce type. Il conditionnera en effet en partie la gestion des risques pour les opérateurs et la limitation des impacts environnementaux sur le court moyen et surtout long terme.

6. Bibliographie

MOISAN M. et BLANCHARD F - 2012, Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations. Rapport final BRGM/RP-. 61968-FR, 120 pages

<http://www.infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61968-FR.pdf>

La mine responsable en France – Référentiel technique – Tome 8 - Exploration et exploitation minière en Guyane.

http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/tome_08_guyane_final

I N E R I S - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques Cyanure.pdf

<https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/3097>

Projet Montagne d'or - dossier du maître d'ouvrage.

<https://montagnedor.debatpublic.fr/images/Documents-Mo-montagnedor/Montagnedor-dossier-maitre-ouvrage-vweb.pdf>

Fine Gold Recovery – Alternatives to Mercury and Cyanide Purpose of study January 2007.

www.researchgate.net/publication/314237371

SRK Consulting (U.S.), Inc. NI 43-101 Technical Report on Updated Resource - Montagne d'Or Gold Deposit, Paul Isnard Project

www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2015-06-03-Paul-Isnard-SRK.pdf

Columbus Gold Corporation Paul Isnard Project Montagne d'Or Prospect 4 August 2014.

<http://www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2015-06-03-Paul-Isnard-SRK.pdf>

Méthodes d'exploitation aurifères au Guatemala.

<https://riosuerte.com/in-the-beginning-there-was-gold/>

Etude de l' "EBS Soil stabilizer" comme matériau de revêtement sur les routes en terre – cas des routes minières d'Essakane S.A.

http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1252

Les certifications de produits et de services ASQUAL et la qualification d'entreprises du secteur des géosynthétiques

<http://www.cfg.asso.fr/sites/default/files/files/cd-rom-2017/RG2017%20pp%20323.pdf>

Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets.

http://www.cfg.asso.fr/sites/default/files/files/publications/recommandations_utilisation_n11.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.1) –

Version provisoire. **Contexte géologique, nature des stériles drainage minier acide DMA, risque sismique**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.1.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.2) – Version provisoire. **Topographie, géomorphologie et stabilité des terrains**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.2.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.3) – Version provisoire. **Pédologie et qualité des sols**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.3.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.4) – Version provisoire. **Climatologie**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.4.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.5) – Version provisoire. **Écoulement et qualité des eaux souterraines**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.5.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.6) – Version provisoire - **Écoulement et qualité des eaux superficielles**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.6.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.7) – Version provisoire - **Paysage et visibilité**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.7.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.8 a 1.1.11) – Version provisoire **Qualité de l'air, Ambiance sonore, Vibrations, Ambiance lumineuse nocturne**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.8_1.1.11.pdf

Projet Montagne d'OR, AOTM, Tome A – Septembre 2017 État initial du milieu physique du projet Montagne d'Or – Synthèse des sensibilités de l'environnement physique (§ 1.1.12) – Version provisoire - **Synthèse des sensibilités du milieu physique**

http://montagnedor.fr/wp-content/uploads/2018/03/Etat-initial_Milieu-physique_S-1.1.12.pdf

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) - Toxines naturelles dans les fruits et légumes frais - **Fruits et légumes qui produisent du cyanure**

<http://www.inspection.gc.ca/aliments/information-pour-les-consommateurs/fiches-de-renseignements-et-infographies/produits-et-risques/fruits-et-legumes/toxines-naturelles/fra/1332276569292/1332276685336>

Morgane Flahaut. **Le cyanure dans l'histoire et intoxications actuelles**. Médecine humaine et pathologie. 2015.

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01237734/document>

CyanoBlog making Cyanide visible - **Cyanide ≠ Gold Mining**

<https://medium.com/cyanoblog/cyanide-gold-mining-30385f502815>

CyanoGuard AG is a chemical technology company with innovative solutions for the detection of cyanide in water, food extracts and blood samples.

<https://www.cyanoguard.ch/>

CYANOKIT (hydroxocobalamin for injection) ABOUT CYANIDE POISONING

<https://www.cyanokit.com/treatment-with-cyanokit>

Interdiction de l'utilisation du cyanure dans les technologies minières

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2011:081E:0074:0077:FR:PDF>

Question avec demande de réponse écrite à la Commission Article 117 du règlement
Corina Crețu (S&D)

<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+P-2011-009615+0+DOC+XML+V0//FR>

The Commission does not intend to introduce a general ban on the use of cyanide in gold mining in the European Union.

<http://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=P-2011-009615&language=FR>

Annexe 1

Présentation du diaporama abondé

A la suite du débat public et en réponse aux interrogations de divers participants, le diaporama de présentation préliminaire a fait l'objet de compléments. La version finale est présentée ci-dessous



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le projet Montagne d'Or



montagne d'or
compagnie minière

Un projet de mine d'or industrielle
des opportunités économiques pour la Guyane
une approche environnementale responsable

- Investissement de 100 millions d'euros
- Création de 1 000 emplois directs et indirects
- 100 hectares de surface de construction
- 700 hectares directs
- 100 hectares indirects
- 100 hectares

2013-2015 : Exploration et forage
2016-2017 : Études de faisabilité et d'impact
2017-2019 : Construction et démarrage
2019-2021 : Construction et démarrage
2021-2024 : Production et exploitation minière
2024 pour 10 ans : Amélioration et extension minière

Le projet et le Modèle 3D de Montagne d'Or exposé à Saint Laurent du Maroni au terminal du Ferry Rue du Lt Col Chandon

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Un site Guyanais : Dieu-Merci : la carrière et l'usine

Site de Dieu-Merci en 2005 avec d'importantes épaisseurs de roches argilisées de couleur ocre dénommées Sapolites
(Cliché : J-F. Thomassin)



Les broyeurs à boulets en formes de gros cylindres horizontaux rotatifs contenant les boulets métalliques a tungstène qui en s'entrechoquant écrasent et concassent les roches et minéraux pour ensuite en faire une pulpe par adjonction d'eau
(Cliché : J-F. Thomassin)

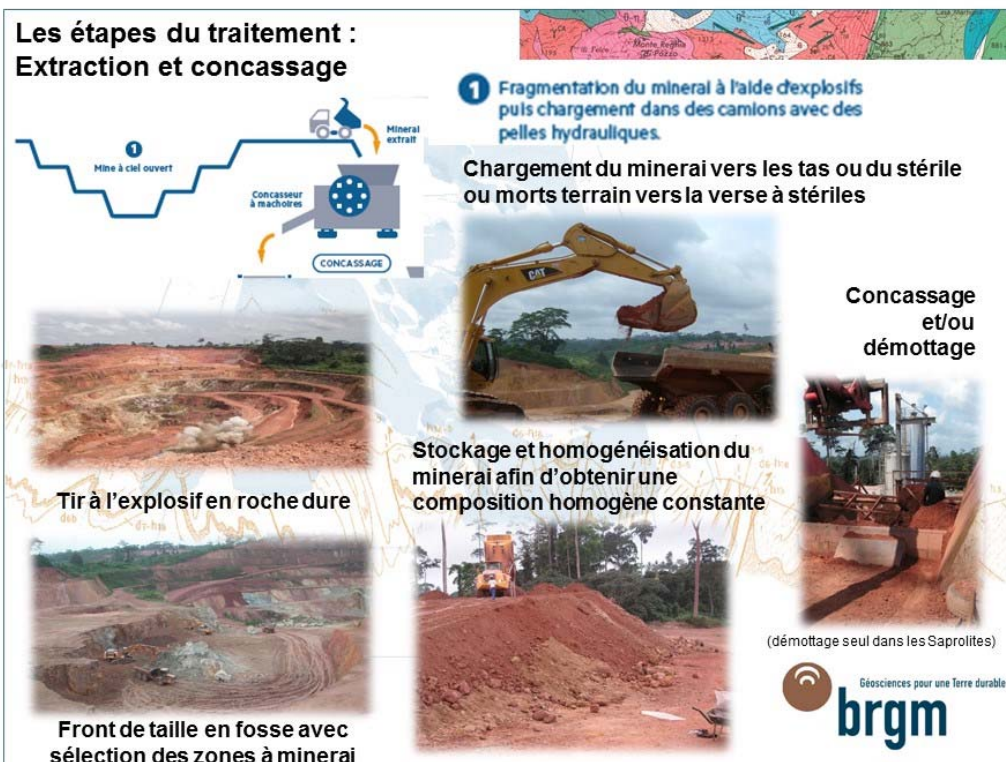
Concentrateur centrifuge servant en phase préliminaire à récupérer par gravité les particules d'or plus denses
(Cliché : J-F. Thomassin)

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

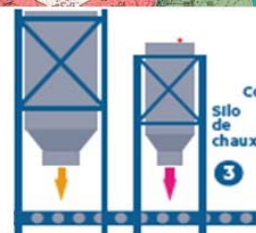


15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Les étapes du traitement : additifs au minerai

- 3 Ajout de chaux avant broyage (34,6 kg/h) pour garantir un pH basique contrôlé ($\approx 10,5$). La maîtrise d'un pH à 10,5 permet d'éviter la formation de cyanure d'hydrogène (gaz toxique) et stabilise le cyanure de sodium.

En cyanuration en tas, l'ajout de **chaux et ciment** se fait après le démottage afin de bouleter le minerai argileux pour avoir une bonne percolation et éviter les effets de parapluie ou d'écran avec les particules argileuses. La chaux est remplacée par de la soude afin d'obtenir le pH de 10,5 favorable à la récupération de l'or et aux bonnes pratiques de sécurité.



Cylindre de bouletage

Ajout du ciment



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Les étapes du traitement : la pré-concentration gravimétrique

- 4 Pulpes minérales inférieures à $75\mu\text{m}$ libérant les grains d'or.
5 Concentration gravimétrique pour récupérer l'or grossier de la pulpe broyée.

Dans le minerai broyé il existe de l'or difficilement fracturable car malléable. Il convient de le récupérer en phase primaire par gravité / densité.

A Essakane BF, en 2011, dans les minerais superficiels, appréciés des orpailleurs) ce type de récupération constituait parfois jusqu'à 30% de la production et permettait de limiter les consommations de produits coûteux.

Cet or pépétique est particulièrement fréquent comme au filon grand Yaoni au Sud de Cacao.

Or pépétique fréquent dans les altérations de minerais très sulfurés de type « chapeau de fer ».



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Caractérisation du minéral : sa minéralogie et ses atouts et faiblesses

Données techniques publiées en 2015 par SRK Consulting (U.S.), Inc. NI 43-101 Technical Report
Principales enveloppes de minéral

UFZ: Zone supérieure à dominante de roches felsiques intrusives parfois séchantes ou Upper Felsic Zone
LFZ : Zone inférieure sous jacente à roches volcano sédimentaires ou Lower Favorable Zone

Les principaux minerais des zones UFZ et LFZ sont la pyrite et la pyrrhotite
Le cuivre est principalement (98%) contenu dans la chalcoppyrite
L'arsenic est présent sous formes de traces d'arsénopyrite
Les sulfures sont encaissés dans une gangue siliceuse non sulfurée
Les oxydes de fer sont sous forme de magnétite, hématite et ilménite
Les argiles caractérisées sont déterminées comme illite et kaolinite
pas de smectite (argiles expansives) caractérisées
Dans les minerais, l'or est libre et celui récolté par gravité est sous forme native et/ou electrum or/argent

Figure 47 – Bon % de récupération en carotte des zones minéralisées Sulphide Mineralisation Intersection in One of Columbus Drillholes (MO1164)
<http://www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2015-06-03-Paul-Isnard-SRK.pdf>

Project- SRK Consulting (U.S.), Inc. NI 43-101 Technical Report – PEA for the Montagne d' Or Gold Deposit, Paul Isnard Project Pages 65 à 75

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

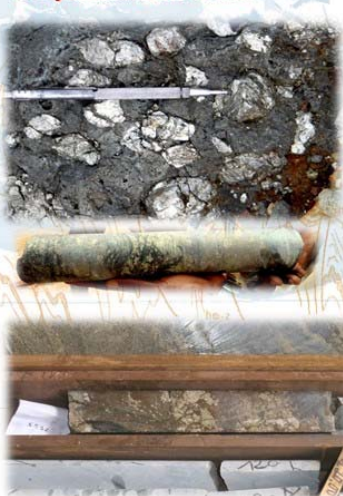
Un handicap : les sulfures et le Drainage Minier Acide ou DMA alias Eaux de Drainage Acide (EDA)

Développement de sulfates sur fragment de sulfures non lixivie par la technique de cyanuration en tas



Carottes de sondages minéralisées à Or pyrite pyrrhotite chalcoppyrite

Bloc minéralisé de sulfures : Pyrite et pyrrhotite et marcassite à teneur en Or total de 20g/t et de densité 4,8 on cyanurable en Tas !!!!



Sous les parties superficielles et donc oxydées des gisements se trouvent les minerais non soumis à l'oxydation naturelle et donc dans leur état d'origine sous formes de sulfures avec soufre et des métaux divers tel Cu, Cd, Pb, Zn

La **pyrite** est un minéral qui se retrouve dans la pierre et qui produit de l'acide sulfurique en s'oxydant au contact de l'humidité et de l'oxygène. Lorsque ce phénomène se produit en dessous d'une fondation, il peut provoquer le soulèvement et la fissuration de la dalle de béton.

La **pyrrhotite**, pour sa part, est une espèce minérale composée de sulfure de fer, d'une couleur jaune bronze qui noircit à l'air. En cristallisant en lamelles, elle peut provoquer des fissures dans le béton.

<http://fr.canoe.ca/infos/quebeccanada/archives/2010/12/20/219-072213.html>

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

BRGM/RC-67967-FR – Rapport final

Le produit d'extraction de l'or : le cyanure

Avertissements et précautions d'usage

Les cyanures de sodium et de potassium sont des produits chimiques classés (figure 4) "Très toxiques" (T+) et "Dangereux pour l'environnement" (N).



Figure 4 – Catégories de danger des cyanures [1].

Les cyanures de sodium et de potassium se présentent sous la forme de poudre blanche, hygroscopique, sans odeur à l'état sec. Ils sont solubles dans l'eau et les solutions ont un caractère basique (pH = 11 pour une solution 0,1 N de cyanure de potassium).

Les cyanures de sodium et de potassium sont des produits qui se décomposent lentement au contact de l'eau, de l'humidité de l'air ou du dioxyde de carbone, libérant de faibles quantités de cyanure d'hydrogène, gaz inflammable et très toxique.

Le choix du sel de cyanure utilisé en cyanuration est fonction de sa solubilité dans l'eau et de la disponibilité en cyanure. Étant donné ses propriétés par rapport à d'autres sels, c'est le cyanure de sodium qui est le plus utilisé industriellement (tableau 1).

Conditionnement en fût étanche flottant de 45 kg de contenu et 5kg de métal avec ses pastilles parfois nommées « briquettes » (US)

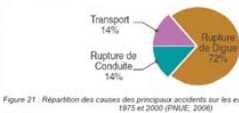


Figure 21 – Répartition des causes des principaux accidents sur les exploitations aurifères entre 1975 et 2000 (PMSE, 2006).

Identification et répartition des causes d'accident cyanure répertoriés

Paramètres d'utilisation et d'usage sécurisé afin d'éviter l'émission de cyanure d'hydrogène gazeux (pH>10)

Géosciences pour une Terre durable
brgm

On relève plusieurs accidents liés aux cyanures dans l'industrie aurifère à travers le monde, dont une trentaine ces 25 dernières années. Ces accidents sont généralement liés à des déversements suite à la rupture d'un bassin de stockage des résidus du fait d'une mauvaise gestion du bilan hydrique (notamment lors de conditions météorologiques extrêmes) ou par défaut de conception et de construction. On relève également quelques accidents relatifs au transport du cyanure (figure 12).

Figure 5 – Équilibre entre HCN et CN⁻ en fonction du pH [3, 4].

Tableau 1 – Caractéristiques de sels de cyanure potentiellement intéressants pour la cyanuration [1, 3, 4]

Réactif	Formule chimique	Cyanure disponible (%)	Solubilité dans l'eau à 25 °C (g/l)
Cyanure de sodium	NaCN	53,1	480
potassium	KCN	40,0	500
calcium	Ca(CN) ₂	56,5	se décompose

Les sels de cyanure se décomposent en acide cyanhydrique (HCN) et en ions (CN⁻). Le degré de décomposition en ces composés dépend du pH (figure 5).

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) - Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure dans nos assiettes

Fruits et légumes qui produisent du cyanure

Fruits à noyaux

Les amandes contenues dans les noyaux de certains fruits renferment une toxine naturelle appelée glycoside cyanogène. Les abricots, les cerises, les pêches, les prunes et les pruneaux sont tous des fruits à noyaux. La chair du fruit en soi n'est pas toxique. Normalement, la seule présence de glycoside cyanogène n'est pas dangereuse. Toutefois, **lorsque l'on mâche les amandes contenues dans les noyaux de ces fruits, le glycoside cyanogène peut se transformer en acide cyanhydrique, qui est toxique pour les humains.** La dose létale de cyanure varie entre 0,5 et 3,0 mg par kilogramme de poids corporel. C'est pour cette raison que l'on ne recommande pas de manger les amandes qui se trouvent à l'intérieur des noyaux de ces fruits.

Bien qu'il ne soit pas recommandé de le faire, certaines personnes ont recours aux amandes d'abricots amères entières ou moulues pour aromatiser les aliments, en tant qu'aliment-santé ou à des fins médicinales. **Pour en savoir plus sur les amandes d'abricots amères, veuillez consulter le site Web de Santé Canada.**

Racine de manioc et pousses de bambou

La toxine du glycoside cyanogène se trouve également dans la racine de manioc et les pousses fraîches de bambou, ce qui rend leur cuisson essentielle avant la mise en conserve ou la consommation. **Le manioc comporte deux grands types : doux et amer. Le premier possède une teneur en cyanure inférieure à 50 mg par kilogramme de poids frais, tandis que celle du manioc amer est supérieure à 50 mg par kilogramme.** En cuisant le manioc doux, on en réduira la teneur en cyanure sous les niveaux jugés non toxiques. Toutefois, le manioc amer contient plus de toxines et doit être préparé et cuit adéquatement avant d'être consommé. En râpant la racine et en trempant les râpures dans l'eau pour une durée prolongée, il y aura lessivage du cyanure et réduction des teneurs en toxines. **En plus du trempage, la cuisson servira à détoxifier davantage les racines avant leur consommation.**

Le glycoside cyanogène que l'on trouve dans le bambou frais se décompose rapidement lorsque le bambou est placé dans l'eau bouillante, ce qui élimine les risques associés à sa consommation. Les pousses de bambou qui sont mises à **bouillir pendant 20 minutes à 98 °C perdent près de 70 pour cent de leur teneur en cyanure,** et peuvent en perdre jusqu'à 96 pour cent si l'on augmente la température et la durée de cuisson. Pour les teneurs élevées, la détoxification maximale est atteinte après deux heures de cuisson.

<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-cyanure.html>

TABLE 1. Cyanide Concentrations in Selected Plants

Plant Species	Concentration (mg.kg ⁻¹)
Cassava (sweet varieties)	
leaves	377-500
roots	138
dried roots	46-100
mash	81
Bamboo tip	Max. 8,000
Lima bean (Burma)	2,100
Almond (Bitter)	280-2,500
Sorghum (young plant, whole)	Max. 2,500

Source: Excerpted from Ender, 1991

<http://www.inspection.gc.ca/aliments/information-pour-les-consommateurs/fiches-de-renseignements-et-infographies/produits-et-risques/fruits-et-legumes/toxines-naturelles/fra/1332276569292/1332276685336>

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure: Identifier-localiser

Étiologie des intoxicationsextraits:

Les formes d'expositions sont nombreuses mais la cause la plus fréquente provient des incendies.

a. Incendie

On dénombre 800 décès chaque année liés aux incendies en France et l'on considère que **80 % d'entre eux sont dus secondairement à une intoxication par les fumées et non par le feu lui-même**. (connue de façon expérimentale depuis les années 70 la présence de cyanure dans les fumées n'a été découverte dans le sang des victimes de fumée d'incendie que dans les années 80. l'ion cyanure fait partie du mélange complexe de substances issues de la **pyrolyse et de la combustion des matières synthétiques et naturelles présentes dans les environnements domestiques**.

Tabac Le tabagisme est responsable d'une exposition chronique au cyanure d'hydrogène, pouvant entraîner des pathologies chroniques

b. Origine industrielle

-L'acide cyanhydrique :

Il est utilisé pour la **fumigation des navires, grands bâtiments, vergers mais aussi dans la synthèse de ses dérivés**. Il est également présent dans les gaz de cokeries et de hauts fourneaux et libéré lors de la pyrolyse de certains polymères.

-Sels élémentaires de l'acide cyanhydrique :

Ils sont utilisés dans le **traitement des minerais d'or et d'argent, dans les bains d'électrolyse (entraînant un risque d'exposition dans les fonderies, poêleries, coutelleries, fabriques d'automobiles, de vélos...)** et dans le **traitement de l'acier pour augmenter sa dureté**. -Le cyanure de calcium est utilisé comme rodenticide -

Cyanogène :

Utilisé comme **fumigant pour insecticide et rodenticide**, il est aussi présent dans les haut-fourneaux.

-Dérivés halogénés :

Intermédiaire de synthèse en chimie organique et agent de fumigation.

-Nitriles :

Solvants d'extraction dans l'industrie agro-alimentaire et en pétrochimie, ils sont des intermédiaires de synthèse de fibres synthétiques et de matières plastiques. On les retrouve également dans les produits de combustion des mousses polyuréthanes.

-Sels de cyanure simples ou complexes, peu dissociables : **extraction de minerais**

Pour confirmer une intoxication professionnelle aux cyanures il faut réaliser un dosage (différentes méthodes sont possibles : colorimétrie, fluorimétrie, détection électrochimique, spectrophotométrie d'absorption atomique et chromatographie.



Morgane Flahaut. Le cyanure dans l'histoire et intoxications actuelles. Médecine humaine et pathologie. 2015.



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure: Identifier- localiser

Cyanide • Gold Mining



<https://medium.com/cyanoblog/cyanide-gold-mining-30385f502815>

«..... Peu de gens sont conscients du fait qu'un grand nombre d'activités économiques dépendent fortement du cyanure industriel.

Pour faire valoir notre point de vue, nous avons rassemblé (ce que nous espérons) une liste plutôt surprenante d'industries.

- Pharmaceutique (production de vitamine B12)
- Aéronautique (pièces d'avion et propulseurs de fusées)
- Electronique informatique
- Sécurité (ignifugeants, plexiglas, sels de voirie)
- Plastiques et polymères (nylon, adhésifs)
- Beauté (dissolvant de vernis à ongles et cosmétiques)
- Chimique (colorants, peintures)
- Transformation alimentaire (sel de table)

Et voici un fait intéressant ...

La majeure partie du cyanure industriel produit aujourd'hui n'est pas utilisée pour le traitement de l'or (ou de l'argent)..... »

Usages du cyanure d'hydrogène Infomine 2001

<https://medium.com/cyanoblog/cyanide-gold-mining-30385f502815>



Les pompiers sont les principales victimes par l'inhalation de cyanures d'hydrogène dans les fumées provoquées par la combustion de polymères contenant de l'azote, comme la laine, la soie, le polyuréthane, le vinyle etc.



LADEPECHE.fr
vendredi 30 avril, 12:21, Sainte Odette
Recherche sur le site
GRAND SUD FRANCE MONDE FAITS DIVERS ÉCONOMIE SPORTS SANTÉ TV PEOPLE LOISIRS



Photo AFP

L'incendie de la tour Grenfell la semaine dernière à Londres, qui a fait au moins 79 morts, a mis en lumière la possible dangerosité d'autres bâtiments du même type en Angleterre, et les lacunes de la réponse des autorités locales. Les tests effectués sur des immeubles recouverts des mêmes panneaux isolants, mis en cause dans la propagation du feu sur la tour Grenfell, ont révélé que quelque 600 immeubles en Angleterre pourraient en être également recouverts.

La piètre qualité du revêtement de la tour, récemment posé, est soupçonnée par les pompiers et les experts d'avoir contribué à la virulence de l'incendie, à sa diffusion rapide le long des 24 étages de la tour et même à l'émission de gaz toxiques qui pourraient avoir empoisonné certaines victimes.

Intervenant jeudi devant le Parlement, la Première ministre Theresa May a assuré que «les autorités compétentes et les pompiers ont été informés» de la présence de ces revêtements hautement inflammables. En plus d'être soupçonnés d'avoir contribué à la virulence de l'incendie, contre laquelle les pompiers n'ont rien pu faire, les panneaux de revêtement pourraient avoir, en brûlant, dégagé du cyanure d'hydrogène, un gaz hautement toxique.



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure: Symptômes et soins

https://fr.wikipedia.org/wiki/Intoxication_au_cyanure

L'intoxication aiguë par inhalation de fortes concentrations de cyanure d'hydrogène entraîne apnée, convulsions, coma, arrêt cardio-circulatoire et la mort survient en quelques dizaines de secondes.

Cette inhalation peut être provoquée par la **combustion de polymères contenant de l'azote, comme la laine, la soie, le polyuréthane, le vinyle**. À des doses plus faibles, la perte de conscience peu peut être précédée par une faiblesse générale, des céphalées, des vertiges, de la confusion et une gêne respiratoire perceptible. Lors de la première phase de perte de conscience, la respiration est souvent normale, parfois même rapide, bien que l'état de la victime évolue vers un coma profond qui peut être associé à un œdème aigu du poumon et finalement conduire à l'arrêt cardiaque.

L'intoxication peut également être provoquée par une exposition chronique (exposition à une faible dose de cyanure sur une longue période). Le cyanure est présent dans des pesticides, des insecticides dans des fumées comme celle du tabac ou d'incendies, et dans des aliments comme les amandes amères, les noyaux d'abricot, les pépins d'orange et le manioc. Cette exposition peut être compensée par un apport de vitamine B12 sous forme d'hydroxocobalamine

<https://www.cyanokit.com/treatment-with-cyanokit>

Each CYANOKIT Consists of:

- 1 Package insert
- 1 Quick-use reference guide
- 1 Sterile transfer spike
- 1 Sterile intravenous infusion set
- One 250-mL glass vial containing 5 g of lyophilized hydroxocobalamin for injection

Diluent not included

CYANOKIT

BRGM Géosciences pour une Terre durable

A Scene Like This Needs An Antidote Like CYANOKIT

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure: Identifier

Kit de détection du cyanure



<https://www.cyano-guard.ch/>

Making Cyanide Visible. Anytime. Anywhere.

Learn more Contact us

Quote Form

Please fill out the form to receive a quote

Position	Quantity Kits (15 tests per kit)	Threshold (ppb/L free cyanide)	Custom threshold
1	Number of kits	0.1 mg/L	Threshold in mg/L
2	Number of kits	0.2 mg/L	Threshold in mg/L
3	Number of kits	0.5 mg/L	Threshold in mg/L
4	Number of kits	1.0 mg/L	Threshold in mg/L
5	Number of kits	5.0 mg/L	Threshold in mg/L
6	Number of kits	10.0 mg/L	Threshold in mg/L
7	Number of kits	Custom (please specify)	Threshold in mg/L

Please indicate your shipping address to include shipping costs

Field	First Name	Last Name
Company	Enter your company name	Enter your last name
Address	Enter your address	Enter your address
City	City	City
Country	Country	Country
ZIP	ZIP Code	ZIP Code
Email Address	Enter your email address	Enter your email address
Your Industry	Mining Chemical Industry Research & Academia Agriculture / Food	Industry

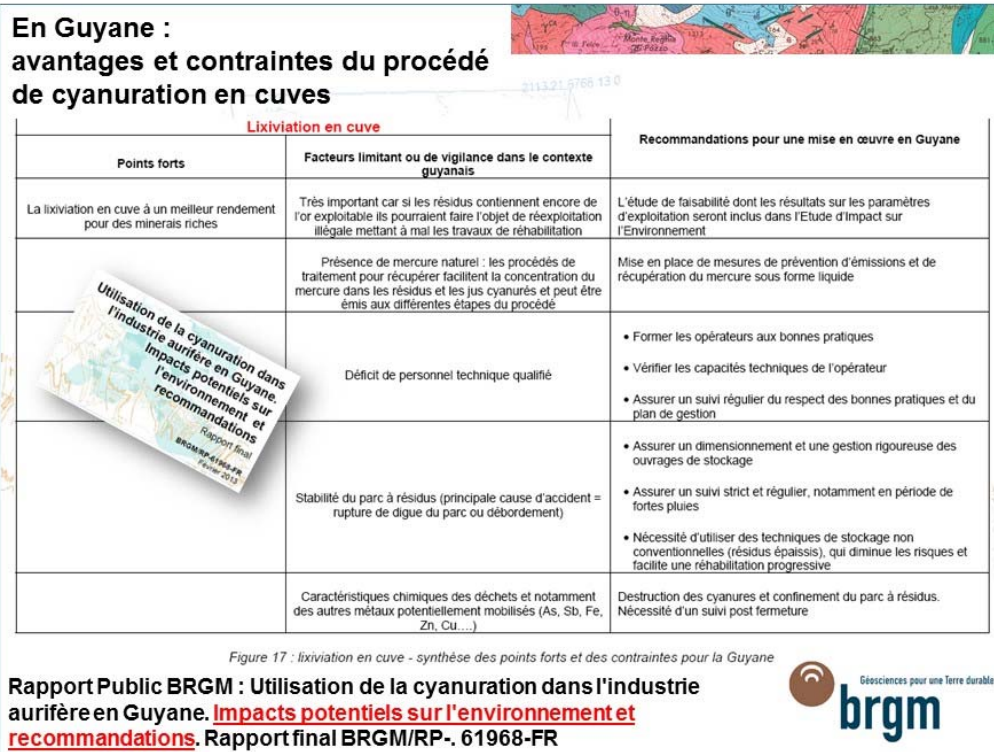
CyanoKit: L'équipement de détection de cyanure le plus rapide et le plus sûr au monde à l'œil nu. CyanoKit est un équipement de test facile et fiable pour la détection semi-quantitative du cyanure dans l'eau, les extraits alimentaires et les échantillons de sang. L'équipement permet aux utilisateurs formés et non formés de détecter en toute sécurité le cyanure en moins de 60 secondes, n'importe où et n'importe quand.

Notre technologie applique des chimiocapteurs innovants immobilisés et à base de corrine pour la détection sans précédent du cyanure libre en un coup d'œil. **CyanoKit peut être facilement adapté à différents seuils et besoins de détection.** Notre système de lecture binaire atteint une précision incomparable de 91% dans les études en méthodes aléatoires des utilisateurs (déterminées selon les normes correspondantes d'AOAC International). Nous proposons des équipements de test avec des seuils de test, ce qui signifie une concentration cible de cyanure libre allant de 0,1 mg / l à 10 000 mg / l.

https://www.youtube.com/watch?time_continue=26&v=t6QLrZ95k5A



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure : rappel des bonnes pratiques concernant l'utilisation (2)

Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations. Rapport final BRGM-41862-FR Février 2013

- Justifier d'un stock de fûts d'hypochlorite de Calcium (cas de son utilisation pour détruire certains cyanures).
- Justifier d'un monitoring de l'étude d'impact et de l'encours du procédé ;
- Justifier d'une « formation « procédé » ;
- Assistance technique externe (suivi de procédé, géotechnique, environnementale) ;
- Zone de rétention étanche, avec facilité de reprise des matériaux, des cuves contenant des solutions cyanurées,
- Réaliser les bilans cyanures à tous les nœuds du procédé, cette comptabilité participe à la maîtrise des flux du stock aux rejets (sur INVENTEO-USIMPAC par exemple),
- Respect strict de la réglementation
- Contrôle strict de la conformité des moyens de transport, de trajets, du conditionnement et de la sécurité des matériaux potentiellement dangereux par des personnes habilitées pour éviter accidents ou malveillances



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Cyanures et activité minière dans l'Union Européenne

Cyanures et activité minière :

La Directive de l'Union Européenne sur la Gestion des Déchets Miniers (2006/21/EC) de mars 2006 permet d'utiliser le cyanure dans ce secteur mais en limitant les concentrations de cyanure dans les bassins de résidus. La directive prévoit la diminution des concentrations maximales de cyanure dans les bassins de résidus pour les anciennes mines existantes qui passent de 50 ppm en mai 2008 à 20 ppm en mai 2013 et à 10 ppm en mai 2018. Actuellement, pour les nouvelles mines ouvertes, la concentration maximum est de 10 ppm.

Sans portée réglementaire actuelle, la résolution du Parlement européen du 5 mai 20102 (2) porte sur l'interdiction générale de l'utilisation des technologies à base de cyanure dans l'industrie minière de l'Union européenne. Ce texte invite, entre autre, « la Commission Européenne à mettre en place une interdiction totale de l'utilisation des technologies à base de cyanure dans l'industrie minière de l'Union européenne avant la fin 2011, seul moyen fiable de protéger nos ressources en eau et nos écosystèmes contre la pollution au cyanure générée par les activités minières, et à réaliser parallèlement une évaluation d'incidence ordinaire ».

Depuis la parution de ce texte, la question suivante (3) a été posée au parlement européen du 21 octobre 2011 : « La Commission entend-elle donner suite à la demande du Parlement européen et interdire, d'ici la fin de l'année, le recours aux technologies à base de cyanure dans l'industrie minière de l'Union européenne ? ».

La réponse de la Commission européenne (4) a été la suivante : la Commission n'a pas l'intention d'introduire une interdiction générale sur l'utilisation du cyanure dans les mines d'or dans l'Union européenne. Jusqu'à présent, aucune alternative adéquate à l'utilisation du cyanure pour l'extraction de l'or n'existe sur le marché. Une interdiction totale de cyanure impliquerait soit l'arrêt de l'extraction européenne, soit l'export des aurifères pour un traitement hors Union européenne où des normes environnementales moins strictes sont en vigueur.... (Commission Européenne, 2011b).

(2) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2011:081E:0074:0077:FR:PDF>

(3) <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+P-2011-009615+0+DOC+XML+V0//FR>

(4) <http://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=P-2011-009615&language=FR>

INERIS, 2011. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France :

Cyanures, DRC-11-118962-11076A, 81 p.

(<http://rsde.ineris.fr/> ou <http://www.ineris.fr/substances/fr/>)

Le cyanure : Les règles ICPE

1.2.2 LES INSTALLATIONS CLASSEES POUR L'ENVIRONNEMENT

Les cyanures sont, selon la nomenclature des ICPE1, assujettis à différentes rubriques. Le détail de la nomenclature des ICPE est disponible sur le site : <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/accueil.php>.

L'arrêté du 2 février 1998 modifié définit les conditions de surveillance des émissions des ICPE dans l'air et dans l'eau (chapitre VII) :

- si le flux horaire d'acide cyanhydrique, de brome, de chlore, ou d'hydrogène sulfuré dépasse 1 kg/h, la mesure en permanence des émissions est réalisée (article 59).
- si le flux journalier autorisé dépasse 200 g/jour de cyanures, une mesure journalière est réalisée à partir d'un échantillon d'eau, prélevé sur une durée de 24 h (article 60).

INERIS, 2011. *Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Cyanures*, DRC-11-118962-11076A, 81 p. (<http://rsde.ineris.fr/> ou <http://www.ineris.fr/substances/fr/>)



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Cyanuration en cuves: le procédé

Le minerai ROM (Run Of Mine) est concassé et broyé à une dimension de 50 à 150µm puis est mis en pulpe agitée avec de l'eau, du cyanure en présence d'air.

Les cinétiques sont rapides (24 à 48h) et les taux de solubilisation de l'or varient de 40 à 99% suivant les types de minerais, des mailles de libération de l'or, des taux d'oxydations des minéraux...

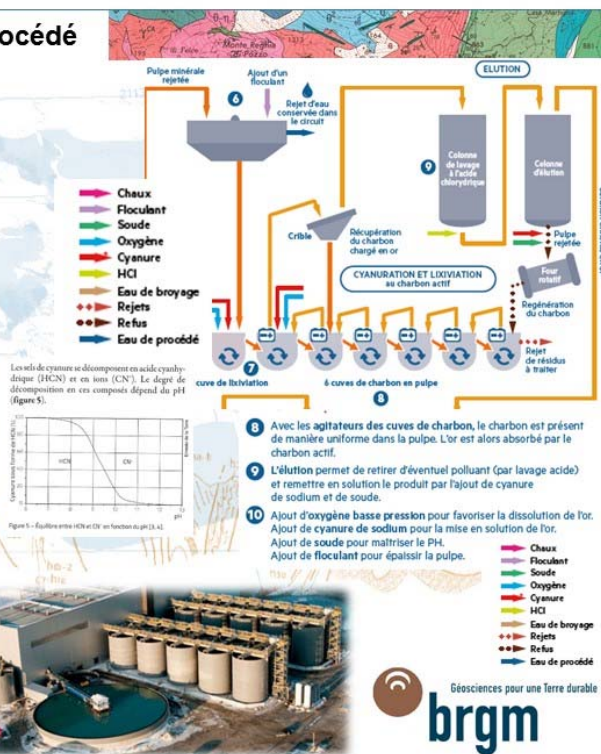
Le rendement de cyanuration d'un minerai d'or saprolitique peut être de 99%.

La récupération de l'or contenu dans les solutions s'effectue par **adsorption sur charbon actif en pulpe**.

Le procédé fonctionne à contre-courant, c'est-à-dire que dans un sens, il y a appauvrissement en or dans la pulpe et dans le sens contraire, le charbon actif s'enrichit en or.

Ce procédé permet d'effectuer la récupération de l'or sans séparation liquide-solide (le charbon étant d'une maille plus importante que les plus grosses particules de minerai).

Les **charbons sont ensuite traités dans un circuit dit DER (Désorption – Electrolyse – Régénération pour recyclage)** afin d'en récupérer l'or et le fondre pour Doré



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure sur site



7 Ajout de cyanure de sodium pour la mise en solution de l'or.
Ajout d'oxygène basse pression pour favoriser la dissolution de l'or.

Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane.
Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations
Rapport final
BRGM/RP-61968-FR
Février 2013

Document public

Arrivée des futs de cyanure NaCN en futs de 50kg

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Cyanuration en tas (1) : réalisation et usages d'aire de lixiviation avec géomembranes et ou liners



Réalisation soigneuses de surfaces planes inclinées

Aplanissement, suppression des vides et soudures

Epanchages de couche drainante en gravillons latéritiques criblée en base de tas reposant sur les géomembranes étanches

Pose de géomembranes ou liners résistantes et imperméables

Etat évolutif des tas avec la structuration en pyramide de couches successives empilées

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Cyanuration en tas (2) : réalisation et usages d'aire de lixiviation avec les géomembranes étanches



Mise en tas

Arrosage par la solution de cyanure des minerais préparés mis en tas

Géomembranes étanches de collecte des solutions cyanurées aurifères

Système de tuyauteries successives de récupération des solutions cyanurées aurifères

Récupération des solutions cyanurées aurifères et confinement dans les bassins servant également à la gestion des dilutions et aux contrôles liés aux à-coups pluviométriques

 Géosciences pour une Terre durable **brgm**

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Transport du cyanure sur site : Big-Bags 1000kg ou Futs 50kg ?

« L'utilisation de cyanure de sodium présente des risques liés à la toxicité de ce produit. Une recherche dans la base de données des accidents ARIA, du ministère chargé de l'environnement, indique que la majorité des accidents observés concerne des fuites de solution cyanurée. Ainsi, avec les moyens mis en œuvre et dispositions prises, le risque d'accident humain et environnemental sera maîtrisé. »

<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>

Le conditionnement en briquettes solides limitera aussi les risques en cas d'accident routier lors de l'approvisionnement du site minier. »

<http://www.inmatrade.com/de/nacn-type-a>

NaCN type A
April 3, 2018 18:48:07 CET
Characteristics
Fraction of total mass of sodium cyanide, % typical 99
Fraction of total mass of sodium cyanide, % min 98
Fraction of total mass of caustic soda, % max 0.8
Fraction of total mass of sodium carbonate, % max 0.3
Fraction of total mass of iron, % max 0.001
Fraction of total mass of heavy metals of sulfur hydrogen group none
Density, kg/dm 1,590
Bulk density, kg/liter 0,85
Properties
Sodium cyanide is mainly used to extract gold and other precious metals in mining.
The main applications of sodium cyanide is gold mining (cyanide leach), as well as smelting and plating metal products.
Sodium cyanide is a highly toxic substance (strong poison).
Sodium is manufactured in the shape of white briquettes.

Packing
- 45 kg net in steel drum with inner PE bag
- 1,000 kg net in UN certified big bag & wooden box

Characteristics of the packing
Weight of the cylinder, kg 5
The cylinder's wall thickness, mm 0,5 - 0,55
Net weight, kg 45, 1,000
Net payload, MT / 20' sea container for 45kg drums 15,345
for 1,000kg big bags in wooden boxes 20,000

Sodium cyanide is also packed into UN-approved 2-ply polypropylene-polyethylene big bags that are stowed into wooden boxes. Net weight of one big bag is 1 000 kg.



 Géosciences pour une Terre durable **brgm**

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure sur site : le déchargement

Mauvaises et bonnes pratiques

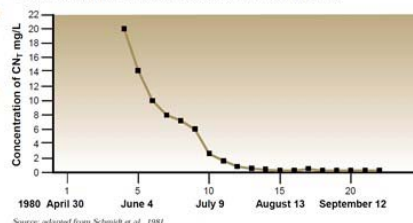
brgm Géosciences pour une Terre durable

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure : sa dégradation (1)



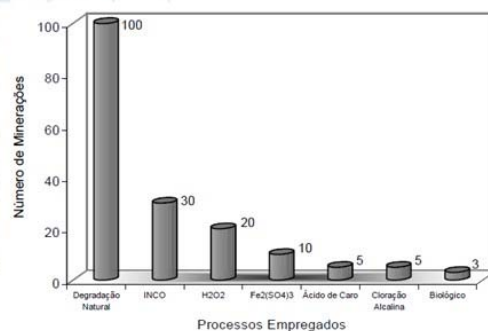
FIGURE 5. Example of Cyanide Degradation in a Shallow Pond



Exemple de dégradation du cyanure dans un bassin à l'air libre, aux UV du soleil et à la température ambiante. La dégradation de 20 à 0mg/L s'effectue ici en 12 semaines.

Exposition maximale aux UV et compartimentage et monitoring sur la verse a résidus de 510ha de la Mine d'Essakane (BF)

Taux d'utilisation des différents procédés de destruction des cyanures.



brgm Géosciences pour une Terre durable

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le cyanure : sa dégradation (2)

Beaucoup de processus peuvent transformer les cyanures : l'oxygène, les UV, l'acide, les bactéries...le schéma suivant regroupe leur comportement en fonction du milieu dans lequel ils se trouvent. On y observe aussi les produits de dégradation dont la plus part sont de l'oxygène et des produits azotés

La norme depuis 2010, pour les rejets d'une installation autorisée après 2008 est de 10 ppm (mg/kg) au point de déversement des résidus dans le bassin. Le cyanure est exprimé en cyanure aisément libérable

Destruction des cyanures résiduels

Un effort particulier devrait être fait pour qu'aucun cyanure de type WAD (cyanure libre + cyanure aisément libérable) ne soit évacué dans les sols ou dans les eaux ou les bassins. Une des méthodes consiste à recycler totalement le cyanure à l'intérieur de l'usine, par un procédé de type AVR (acidification volatilisation recyclage) par exemple.

La destruction des cyanures WAD est souvent réalisée par le procédé INCO (oxydation par SO_2 + air), le procédé à l'acide de Caro, avec l'appui des UV et de l'oxygène de l'air dopé par la température.

Pour des raisons de sécurité, les procédés de destruction des cyanures sont réalisés en amont des bassins de décantation des pulpes.

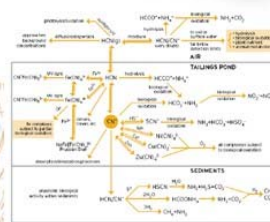


Figure 2 : Comportement et transformation du cyanure à l'intérieur d'un bassin à résidus (dallage poné) et dans différents compartiments de l'environnement (air et sédiments) (Muller et al., 1991)



Le cyanure : sa dégradation (3) : une synthèse

Procédé employé	type	Méthode utilisée	Réactifs de base en jeu	Produits issus de la dégradation
DESTRUCTION DES CYANURES par OXYDATION				
Chloration alcaline	C	Oxydation par le Cl_2 ou NaClO à pH>11	Cl_2 ou ClO^- , NaOH	CNO^- puis en N_2 et CO_3^{2-}
SO_2 /Air	C	Oxydation par SO_2 et air avec catalyseur Cu; procédé INCO	SO_2 , air, Cu comme catalyseur	CNO^-
Péroxyde d'hydrogène H_2O_2	C	Oxydation avec H_2O_2 et Cu^{2+} comme catalyseur	H_2O_2	CNO^- , CO_3^{2-} et CO_2
Acide de Caro H_2SO_5	C	Oxydation	H_2SO_5	CNO^-
Charbon actif (CIP)	C+P	Oxydation avec CA et catalyseur Cu	Charbon actif, air/ O_2 , catalyseur Cu	CNO^- , CO_3^{2-} , NH_4^+
Bio-dégradation	B	Oxydation utilisant les micro-organismes autochtones	Na_2CO_3 , H_3PO_4	CO_3^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-}
Oxydation Catalytique UOP	C	Oxydation avec air à température élevée (175 à 320°) et pression ~550 kPa avec catalyseur	catalyseur	CO_2 , N_2 , NH_4^+
Ozonation	C	Oxydation par l'ozone	O_3	CO_3^{2-} , N_2
Oxydation à l'air humide	C	Oxydation à température élevée (175 à 320°) et haute pression (2100-20700 kPa)		CO_2 , N_2
Photo-catalytique	C+P	Oxydation avec UV (léger visible) avec substrat TiO_2 , ZnO ou CdS	UV et substrat TiO_2 , ZnO ou CdS	CNO^- puis NO_3^- et CO_3^{2-}

Figure 18 : Procédés de destruction des cyanures par oxydation

3.2. TRAITEMENT DES RESIDUS

Les procédés de récupération de l'or par cyanuration produisent des eaux très alcalines, riches en ions cyanures, en complexes de cyanures métalliques stables et en produits de transformation des cyanures. Ainsi, en plus d'ions cyanure libres, les eaux contiennent généralement des complexes de cuivre, de fer, de nickel, et de zinc de type métallo-cyanures ainsi que du thiocyanate, du cyanate et de l'ammoniac. La concentration de ces composants est surtout fonction de la composition chimique du minéral.

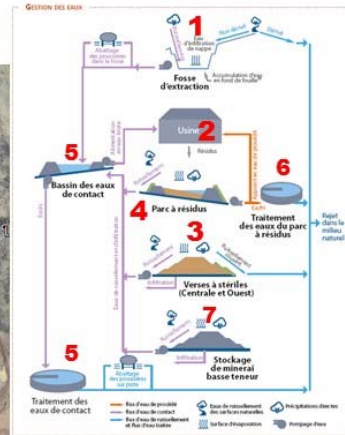
Le cyanure peut être détruit ou récupéré par plusieurs procédés, ils peuvent être chimiques ou biologiques.

3.2.1. Les processus chimiques

Le choix du traitement chimique le plus approprié dépend de la nature chimique de la solution à traiter, de son volume et des conditions environnementales acceptables. Les procédés de traitements des cyanures fonctionnent sur le principe de conversion du cyanure en composés moins toxiques par réaction d'oxydation (figure suivante).



Exemple minier : Infrastructures de traitement et gestion des eaux



Mine d'Essakane (BF)

Répartition des différentes infrastructures et compartimentage de monitoring sur la verse à résidus de 510ha



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le stockage des « stériles » et résidus miniers

LE STOCKAGE DES STÉRILES ET DES RÉSIDUS MINERS

« Deux verses de stockage des stériles d'extraction (verses à stériles) et un parc de stockage des résidus de traitement miniers sont prévus. La verse à stériles centrale et le parc à résidus seront situés sur le « flat 80 » de la crête Infirmes, zone qui a fait l'objet d'intenses travaux d'orpaillage depuis la fin du XIX^{ème} siècle (exploitation historique) jusqu'à ces dernières années. Son altitude est d'environ 90 m NGG 81. Après 12 années d'exploitation, le parc à résidus d'une superficie de 190 ha aura une capacité de 45 millions de m³, avec une hauteur maximale de 57 mètres après quatre phases de rehaussement étalées sur les 12 ans. Il sera délimité sur 3 de ses flancs par des digues et sur le dernier par le bas du versant de la montagne Pauline. Les zones de stockage des stériles et le parc à résidus miniers ont été conçus de façon à garantir leur stabilité tout en assurant une imperméabilité et préserver ainsi les eaux de surface et les eaux souterraines durant l'opération et après la fermeture de la mine (voir page 93). »



Ancien fond de flat ou placer orpaillé (Grand Yaoni) avec présence de débris métalliques et blocs anguleux pouvant, à la compaction différentielle, cisailier et perforer des géomembranes non adaptées

« Pour le parc de stockage des résidus miniers, l'étanchéité du fond du bassin sera assurée au moyen d'une géomembrane 82 imperméable recouvrant l'intégralité du fond et des flancs. »



80 Vallée à fond plat

81 NGG : nivellement général de la Guyane- ensemble de repères permettant de déterminer l'altitude d'un lieu. En Guyane, le niveau de référence est le niveau moyen de la mer à Cayenne.

82 Matériau synthétique ou naturel, se présentant sous forme de bande, utilisé en contact avec le sol pour assurer une fonction d'étanchéité et soumis à des normes de qualité spécifiques à cette fonction.



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Le stockage des « stériles » et résidus miniers

Le risque de rupture de digue du parc à résidus

Afin de prévenir ce risque, et d'assurer une stabilité optimale des digues, les études géotechniques déjà réalisées sont actuellement complétées de manière à avoir une très bonne connaissance du site et de parfaitement définir les critères de conception et les procédures de construction de l'ouvrage.

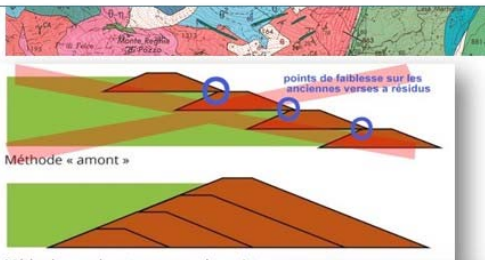
La base de données spécialisée de Riskope intitulée « 100 ans de retour d'expérience de ruptures de digues de parc de stockages de résidus miniers » est en accès libre sur le site : <https://www.riskope.com/2017/02/22/hundred-years-lessons-learned-tailings-dams-failures/>.

Cette accidentologie couvre 289 événements, sans limitation géographique, survenus entre 1915 et 2016. A noter que le nombre total d'accidents par décennie est passé de 50 accidents dans la période 1960-1980, à moins de 30 par décennie depuis les années 2000, bien que le nombre de digues de parcs à résidus miniers dans le monde ait augmenté.

Lorsque le type de construction est documenté, 58 % des digues incriminées avaient été construites selon le mode de construction « amont », alors que celles construites selon la méthode « aval » représentent 17 % de cet échantillon.

« La méthode de construction « amont » consiste à rehausser la digue en s'appuyant sur les résidus stockés qui, lorsqu'ils ne sont pas assez consolidés, fragilisent le soubassement de l'ouvrage.

La méthode de construction « aval », qui consiste à ajouter des matériaux sur le versant extérieur des digues permettant ainsi d'assurer une meilleure stabilité, a été retenue pour le projet Montagne d'Or. »



Méthode « amont »

Méthode « aval » retenue pour le projet

Source : Campagne minière Montagne d'Or

La méthode de construction « aval », nécessite de gros volumes de matériaux stériles inertes qui seront valorisés à partir des morts terrains de la fosse à ciel ouvert diminuant de ce fait, le volume des versés à stériles

LES 10 RÈGLES DE BONNE PRATIQUE

- 1 Choix du site et implantation
- 2 Géométrie et mètres
- 3 Choix des géosynthétiques
- 4 Qualité du support de pose
- 5 Conditions climatiques de pose
- 6 Qualité de pose
- 7 Traitement des points singuliers
- 8 Suivi qualité
- 9 Livraison de l'ouvrage
- 10 Exploitation de l'ouvrage

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Géosynthétiques-Géotextiles-Liners Documentations et liens utiles

UTILISATION DES GÉOSYNTHÉTIQUES DANS LES APPLICATIONS

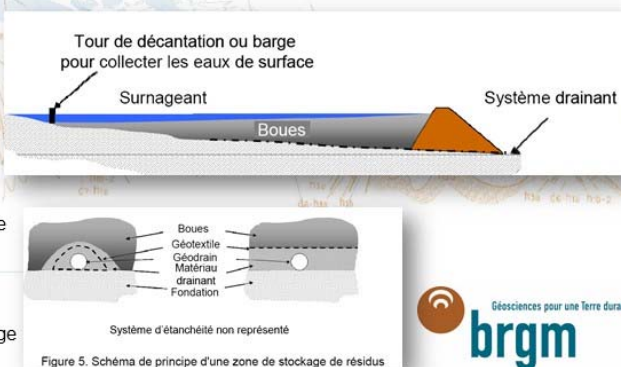
MINIÈRES <http://www.cfg.asso.fr/sites/default/files/files/cd-rom-2009/art02.pdf>

RÉSUMÉ – Après une présentation de **différentes structures à base de géosynthétiques** rencontrées dans les **installations minières (aires de lixiviation, zones de stockage de résidus de lixiviation ainsi que stockages de stériles)**, ce rapport discute des structures d'étanchéité et de drainage mises en place dans ces ouvrages. On aborde ensuite la problématique du dimensionnement et de la durabilité des systèmes drainants et d'étanchéité sous les fortes contraintes mécaniques typiquement rencontrées dans les installations minières. **Puis on discute les transferts liquides et gazeux ainsi que l'atténuation des métaux dans les géosynthétiques bentonitiques.**

Mots-clés : applications minières, géosynthétiques, drainage, étanchéité, GSB.

3.2. Zones de stockage de résidus de lessivage

Une couche drainante continue ou intermittente peut également être mise en place sur la barrière d'étanchéité pour **favoriser la consolidation de la suspension ou fournir un drainage interne à la structure** et potentiellement **recupérer la solution pour réutilisation dans le process minier**. Là encore les matériaux géosynthétiques qui peuvent être utilisés dans la conception du système drainant sont des tuyaux en matériau polymérique, des géotextiles et des géodrain. Un schéma de principe du système drainant pour une zone de stockage des résidus est présenté sur la figure 5.



15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Géosynthétiques-Géotextiles-Liners Documentations et liens utiles

**COMITÉ FRANÇAIS
DES GÉOSYNTHÉTIQUES**

Nom d'utilisateur Mot de passe OK

Inscription à la Newsletter Rechercher

Les Géosynthétiques Nos missions Les membres Publications Événements Les Acteurs et Associations Photothèque

CFG - 9 rue du Gué - 92500 RUEIL-MALMAISON | Tél +33(0)1 41 96 90 93 | Fax +33(0)1 41 96 91 05 | secretariat@cfg.asso.fr

Figure 1
Composition du dispositif d'étanchéité par géosynthétiques

> Téléchargement au format PDF (15 Mo - 53 pages)

Exemple de dispositif d'étanchéité :

Dispositif	Structures	Composants
D.E.G.	Structure de protection	Géotextile de protection
	Structure d'étanchéité	Géomembrane Géocomposite bentonitique
	Structure support	Géotextile de séparation Géotextile Géotextile de filtration Tout venant compacté

Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets

Ce fascicule, clair et concis, s'intéresse autant à la conception spécifique des C.S.D., qu'au rôle fondamental des géosynthétiques, ainsi qu'à leur mise en œuvre, leur contrôle et l'assurance de la qualité. Reconnu par les autorités réglementaires, il est devenu une référence incontournable.

brgm Géosciences pour une Terre durable

http://www.cfg.asso.fr/sites/default/files/files/publications/recommandations_utilisation_n11.pdf

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Géosynthétiques-Géotextiles-Liners Documentations et liens utiles

AFAG

L'Association Française des Applicateurs de Géomembranes (AFAG) fédère les entreprises désireuses de promouvoir la qualité de leurs prestations.

les 10 règles de bonnes pratiques

- Choix du site et implantation
- Géométrie et métrés
- Choix des géosynthétiques
- Qualité du support de pose
- Conditions climatiques de pose
- Qualité de pose
- Traitement des points singuliers
- Suivi qualité
- Livraison de l'ouvrage
- Exploitation de l'ouvrage

**CERTIFICATION ET QUALIFICATION
ASQUAL DES GÉOSYNTHÉTIQUES**

<http://www.cfg.asso.fr/sites/default/files/files/cd-rom-2017/RG2017%20pp%20323.pdf>

RÉSUMÉ – Les certifications de produits et de services et la qualification d'entreprises du secteur des géosynthétiques, reconnues en France et prescrit dans des ouvrages de génie civil et de l'environnement, évoluent régulièrement pour tenir compte des évolutions en matière de réglementation, des nouveaux besoins exprimés par les utilisateurs, du développement des technologies et des innovations « produit/process » par les fournisseurs. Cet article vise à fournir une information synthétique et actualisée sur les certifications et la qualification d'entreprises aux parties intéressées du secteur des géosynthétiques (donneurs d'ordre, prescripteurs, bureaux d'études, entreprises de produits et services certifiés, ...).

brgm Géosciences pour une Terre durable

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG n°

La carrière à ciel ouvert : la nécessité d'une gestion des eaux et la mise en place d'infrastructures de pompages et d'assèchement (exhaure)

Eau de ruissellement en saison des pluies : Ravinement infiltration altération et ou destruction du réseau de collecte d'eau sur les talus et banquettes de la carrière

Eau de remontée de nappe envahissant le chantier d'extraction par absence de pompages d'exhaure

Coulée de liquéfaction par saturation des argiles expansives des saprolites d'altération

GESTION DES EAUX

Abatage des poussières dans la fosse

Fosse d'extraction

Eau d'infiltration de nappe

Non dérivé

Dérivé

Accumulation d'eau en fond de fouille

Suivi des niveaux de nappes et de l'efficacité du pompage pour une extraction d'un minéral sec dans des chantiers de qualité et sécurisés

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

La carrière à ciel ouvert : la nécessité d'une étude géotechnique des roches dures et altérées (saprolite**) et des impacts en stabilité des terrains**

SRK Consulting (U.S.), Inc.
NI 43-101 Technical Report on Updated Resource - Montagne d'Or Gold Deposit, Paul Isnard Project- Pages 63
Table 13.1.6: **Saprolite** Variability Compositing List
Hole ID Met-14-04 From 2.0 (m) To 51.8 (m)
Length 49.8(m) Weight 106 (kg)
Source: Inspectorate, 2015

Carotte de sondage de **Saprolite** exposée à l'air 24h en saison sèche avec

Smectites : Argile expansives se craquelant à la chaleur

carrière en 2014

carrière en 2018

Parement des talus en saprolite en saison sèche

Parement des talus en saprolite en saison des pluies 2012

Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG



Mines à ciel ouvert et infrastructures



Mine d'Essakane (BF)

Coupole antiforme de concentration minérale



Limite des saprolite et recouvrement avec la coupole antiforme



Compartimentage de la verse à résidus acidogènes avec les bassins de traitement des eaux



Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Abattage des poussières sur piste

Valorisation des productions locales

Etude de « EBS Soil Stabilizer » comme matériaux de revêtement sur les routes en terre : cas des routes minières d'Essakane S.A.

Tableau 7 : Comparatif des deux stabilisateurs

	EBS	MELASSE
Composition chimique	Nano copolymère	une faible quantité de sucre, de la vitamine B6 et des minéraux (calcium, magnésium, potassium et fer).
Etat physique	Liquide	Liquide
Couleur	Blanc laiteux (avant de traiter) transparent (une fois traité)	noire
Provenance	Afrique du sud	Cote d'Ivoire
Superficie d'application	224 906 m ²	224 906 m ²
Equipements utilisés	- Niveleuse - Chargeuse - Benne - Tracto pelle - Compacteur - Citerne d'eau - Citerne pour le produit	- Niveleuse - Compacteur - Citerne d'eau - Citerne pour le produit - Chargeuse - Benne
Technique d'application	- Racler la surface - Arroser d'eau - Enduire la latérite - Compacteur - Arroser du produit	- Niveler - Compacteur - Scarifier - Arroser d'eau - Arroser du produit
Contraintes	Fermeture de la route traitée	Fermeture de la route traitée (épandage nocturne)
Entretien	Journalier : bûlage du gravier Annuel : épandage du produit	Journalier : aucune maintenance Annuel : Faible circulation : 2 fois/an Forte circulation : 3 fois/an
Quantité de produit	101 207,7 litres (0,450/m ²)	899 624 litres (40/m ²)
Ratio d'eau/produit	20 : 1	- Couche mince : 3 : 1 - Couche épaisse : 2 : 1 ou 1 : 1
Solubilité	Soluble (avant de traiter) Insoluble (une fois traité)	Soluble avant et après le traitement

http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1252




le dépoussiérage des pistes de roulage à l'eau génère des flaques argileuses glissantes en augmentant les ruissellement et la création de nid de poules



la mélasse pour endurcir la surface et éviter le dépoussiérage à l'eau des pistes de roulage des lieux de vie et bureau



Géosciences pour une Terre durable
brgm

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG

Documentations et liens utiles

Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations. Rapport final BRGM/RP-. 61968-FR, 120 pages.. MOISAN M. et BLANCHARD F - 2012
<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61968-FR.pdf>

La mine responsable en France – Référentiel technique – Tome 8 - Exploration et exploitation minière en Guyane
http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/tome_08_guyane_final24032017.pdf

Cyanure Guyane Ineris- Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques.pdf
<https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/3097>

Projet Montagne d'or - dossier du maitre d'ouvrage
<https://montagnedor.debatpublic.fr/images/Documents-Mo-montagnedor/Montagnedor-dossier-maitre-ouvrage-vweb.pdf>

Fine Gold Recovery – Alternatives to Mercury and Cyanide Purpose of study January 2007
<https://www.researchgate.net/publication/314237371>

SRK Consulting (U.S.), Inc. NI 43-101 Technical Report on Updated Resource - Montagne d'Or Gold Deposit, Paul Isnard Project <http://www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2015-06-03-Paul-Isnard-SRK.pdf>

Columbus Gold Corporation Paul Isnard Project Montagne d'Or Prospect 4 August 2014
<http://www.columbusgoldcorp.com/i/pdf/techrep-2014-08-04-Paul-Isnard.pdf>

Méthodes d'exploitation aurifères au Guatemala
<https://nosuerte.com/in-the-beginning-there-was-gold/>

ETUDE DE « L'EBS SOIL STABILIZER » COMME MATERIAUX DE REVETEMENT SUR LES ROUTES EN TERRE: CAS DES ROUTES MINIERES D'ESSAKANE S.A http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1252

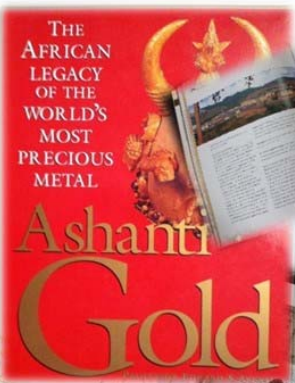
Les certifications de produits et de services ASQUAL et la qualification d'entreprises du secteur des géosynthétiques
<http://www.cfq.asso.fr/sites/default/files/files/cd-rom-2017/RG2017%20pp%20323.pdf>

Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets
http://www.cfq.asso.fr/sites/default/files/files/publications/recommandations_utilisation_n11.pdf



Géosciences pour une Terre durable

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG





La valorisation de l'activité aurifère par les parties prenantes

Le Ghana et la Gold Coast




Géosciences pour une Terre durable

15/04/2018 Mines, Or et cyanure : Contribution au Débat public Projet "Montagne d'or" (CNDP) Pol URIEN DGR/OEG



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale “Guyane”

Domaine de Suzini – Route de Montabo
BP 10552

97333 – Cayenne Cedex 2 – France

Tél. : 05 94 30 06 24