

TABLE DES MATIÈRES

7. ÉTUDE DE DANGERS.....	1
7.1 Cadre méthodologique.....	1
7.1.1 Appréciation du niveau de risque	2
7.1.2 Probabilité et gravité par la méthode qualitative	3
7.1.3 Appréciation de la cinétique	3
7.1.4 Probabilité et gravité par la méthode quantitative	3
7.2 Identification des potentiels de dangers et des cibles.....	5
7.2.1 Sources de dangers externes au site	5
7.2.1.1 Phénomènes naturels	5
7.2.1.2 Activités anthropiques	7
7.2.1.3 Activités industrielles.....	7
7.2.2 Sources de dangers internes au site.....	7
7.2.2.1 Dangers liés aux produits mis en œuvre.....	7
7.2.2.2 Dangers liés aux procédés et aux équipements	34
7.2.2.3 Dangers associés aux Zones ATEX.....	34
7.2.3 Identification des cibles potentielles.....	34
7.3 Accidentologie et retour d'expérience.....	39
7.3.1 Préambule	39
7.3.2 Accidents survenus sur les installations analogues au niveau international.....	39
7.3.3 Analyse des résultats de la recherche accidentologue	42
7.3.4 Conclusion	46
7.4 Étude préliminaire des risques.....	46
7.4.1 Préambule	46
7.4.2 Découpage en zone	46
7.4.3 Présentation des résultats.....	48
7.4.4 Synthèse de l'analyse des risques	63
7.5 Étude détaillée des risques	63
7.5.1 Préambule	63
7.5.2 Méthodes de quantification des effets	63
7.5.2.1 Cas particulier de stockage d'engins explosifs	63
7.5.3 Modélisation des conséquences d'accidents.....	64
7.5.3.1 Explosion du stockage des amorces	64

7.5.3.2	Explosion du four à induction	69
7.5.3.3	Feu de cuvette d'un réservoir de 500 m ³ de gasoil	71
7.5.4	Évaluation quantitative des différents scénarios d'accidents modélisés	74
7.5.4.1	Évaluation de la probabilité	74
7.5.4.2	Évaluation de la gravité :.....	75
7.5.4.3	Niveau de risque global	76
7.6	Identification des barrières de sÉCURITÉ	77
7.6.1	Préambule	77
7.6.2	Moyens techniques et organisationnels proposés	81
7.6.2.1	Procédures de gestion des risques pour la santé, la sécurité, l'environnement et les communautés d'AGEM Sénégal.....	81
7.6.2.2	Sécurité incendie	81
7.6.2.3	Sécurité électrique	81
7.6.2.4	Risques toxiques / détection des gaz cyanhydriques	83
7.6.2.5	Propositions de moyens complémentaires	83
7.7	Analyse des risques professionnels.....	89
7.7.1	Identification des dangers et risques professionnels liés aux travaux préparatoires.....	89
7.7.1.1	Risques professionnels liés à la préparation de la mine.....	89
7.7.1.2	Risques professionnels liés au montage de l'usine de traitement et de l'atelier de maintenance	89
7.7.1.3	Risques professionnels liés à l'installation du stockage de gasoil	90
7.7.1.4	Risques professionnels liés à la construction du bassin de décantation des résidus	90
7.7.1.5	Risques professionnels liés à l'augmentation de la capacité d'accueil du camp minier	90
7.7.1.6	Résumé des dangers et risques associés, liés aux travaux préparatoires	91
7.7.2	Identification des dangers et risques professionnels liés à la mise en service de la mine	92
7.7.2.1	Risques professionnels liés à la mine à ciel ouvert.....	92
7.7.2.2	Risques professionnels liés à l'usine de traitement	93
7.7.2.3	Risques professionnels liés au stockage de gasoil.....	93
7.7.2.4	Risques professionnels liés au bassin de résidus.....	93
7.7.2.5	Risques professionnels liés au barrage d'eau.....	93
7.7.2.6	Risques professionnels liés à la circulation des véhicules	94

7.7.2.7	Risques professionnels liés au camp minier	94
7.7.2.8	Risques professionnels liés aux ateliers de maintenance	94
7.7.3	Évaluation des risques professionnels et proposition des mesures de prévention	98
7.7.4	Présentation de la grille d'évaluation	98
7.7.5	Évaluation des risques liés aux travaux préparatoires	100
7.7.6	Évaluation des risques liés à la mise en service de la mine	103
7.8	Conclusion	109

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 7.1	Matrice des niveaux de risque	2
Tableau 7.2	Niveaux des facteurs (P, G) pour l'élaboration d'une matrice des risques	3
Tableau 7.3	Valeurs de référence des effets thermiques dus à un incendie	4
Tableau 7.4	Valeurs de référence des surpressions dues à une explosion	4
Tableau 7.5	Appréciation quantitative du niveau de probabilité	5
Tableau 7.6	Appréciation quantitative du niveau de gravité	5
Tableau 7.7	Consommation et stocks de produits mis en œuvre sur le site	8
Tableau 7.8	Propriétés physico-chimiques de l'émulsion explosive	9
Tableau 7.9	Données de sécurité de l'émulsion explosive	10
Tableau 7.10	Propriété physico-chimique du booster d'amorçage	11
Tableau 7.11	Données de sécurité de l'amorce explosive	12
Tableau 7.12	Propriétés physico-chimiques du cyanure de sodium	14
Tableau 7.13	Données de sécurité du cyanure de sodium	15
Tableau 7.14	Propriétés physico-chimiques l'acide chlorhydrique	17
Tableau 7.15	Données de sécurité de l'acide chlorhydrique	18
Tableau 7.16	Propriétés physico-chimiques de la soude caustique	19
Tableau 7.17	Données de sécurité de la soude caustique	20
Tableau 7.18	Propriétés physico-chimiques de la chaux calcique vive	21
Tableau 7.19	Données de sécurité de la chaux calcique vive	22
Tableau 7.20	Propriétés physico-chimiques du charbon actif	23
Tableau 7.21	Données de sécurité du charbon actif	23
Tableau 7.22	Propriétés physico-chimiques du borax	24
Tableau 7.23	Données de sécurité du borax	24
Tableau 7.24	Propriétés physico-chimiques du silicium	24
Tableau 7.25	Données de sécurité du silicium	25
Tableau 7.26	Propriétés physico-chimiques du nitrate de sodium	26
Tableau 7.27	Données de sécurité du nitrate de sodium	26
Tableau 7.28	Propriétés physico-chimiques du fioul lourd	27
Tableau 7.29	Données de sécurité du fuel-oil 180	28
Tableau 7.30	Propriétés physico-chimiques du gasoil	29
Tableau 7.31	Données de sécurité du gasoil	30
Tableau 7.32	Produits mis en œuvre sur le site et les dangers et risques associés	31

Tableau 7.33	Dangers liés aux procédés et équipements	32
Tableau 7.34	Classification des zones ATEX	34
Tableau 7.35	Distances entre ces cibles potentielles et les infrastructures du projet	35
Tableau 7.36	Liste des accidents survenus sur des installations similaires au niveau international (liste non exhaustive, 30 cas étudiés de 1994 à 2015)	40
Tableau 7.37	Découpage en zones du site	47
Tableau 7.38	Résultats de l'analyse préliminaire des risques par zone d'activités du projet	49
Tableau 7.39	Scénarios d'accidents retenus	63
Tableau 7.40	Zones d'effets de charge de produits explosifs	64
Tableau 7.41	Données d'entrée pour le scénario d'explosion du stockage des amorces	65
Tableau 7.42	Résultats de la modélisation de l'explosion du stockage des amorces.....	65
Tableau 7.43	Données d'entrée pour le scénario d'explosion du four à induction	69
Tableau 7.44	Distances des effets de surpression de l'explosion du four	70
Tableau 7.45	Paramètres d'entrée pour la modélisation du feu de cuvette d'un réservoir de gasoil	71
Tableau 7.46	Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques	72
Tableau 7.47	Appréciation quantitative du niveau de probabilité	75
Tableau 7.48	Appréciation quantitative du niveau de gravité	75
Tableau 7.49	Résumé de dangers et risques professionnels liés à la phase préparatoire	91
Tableau 7.50	Résumé des dangers et risques professionnels liés à la mise en service de la mine	97
Tableau 7.51	Niveaux des facteurs (P, G) de la grille d'évaluation des risques professionnels.....	99
Tableau 7.52	Grille d'évaluation des risques.....	99
Tableau 7.53	Évaluation des risques liés aux travaux préparatoires	100
Tableau 7.54	Évaluation des risques liés à la phase chantier.....	100
Tableau 7.55	Évaluation des risques liés à la mise en service de la mine.....	103

LISTE DES FIGURES

Figure 7.1	Démarche adoptée pour l'EDD (extrait du module de Formation INERIS, 2010)	2
Figure 7.2	Démarche de l'analyse qualitative.....	4
Figure 7.3	Les événements dangereux	42
Figure 7.4	Produits et équipements impliqués dans les accidents	43
Figure 7.5	Installations impliquées dans les accidents	44
Figure 7.6	Causes des accidents	45
Figure 7.7	Conséquences des accidents	45
Figure 7.8	Représentation graphique du scénario d'explosion dans le creuset du four.....	70
Figure 7.9	Évolution du flux radiatif en fonction de la distance cible/front de flamme du feu de cuvette	72
Figure 7.10	Représentation graphique du scénario « Feu de cuvette de rétention »	73
Figure 7.11	Séquences accidentelles par la méthode du nœud papillon.....	79

LISTE DES CARTES

Carte 7.1	Distances des cibles potentielles et les infrastructures du projet.....	37
Carte 7.2	Représentation graphique du scénario « Explosion du stockage d'amorces ».....	67

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ANFO	Ammonium Nitrate Fuel Oil
EPI	Equipment de Protection Individuelle
FDS	Fiche de Données de Sécurité
ICPE	Installation classée pour la protection de l'Environnement

7. ÉTUDE DE DANGERS

Dans le cadre de l'Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) du projet d'exploitation d'une mine d'or à ciel ouvert de capacité 2,5 MT/an sur le permis de Boto au Sénégal, par AGEM Sénégal (ci-après nommé AGEM), une analyse des risques technologiques ou étude de dangers (EDD) est nécessaire et constitue une partie intégrante de l'EIES conformément à la réglementation en vigueur au Sénégal.

L'étude de dangers est au cœur du processus de gestion des risques d'origine accidentelle pour les Installations Classées. Elle est un outil d'une importance capitale servant de référence pour l'exploitant, mais également pour les services en charge de la protection de l'environnement, de la sécurité industrielle et de l'urbanisation autour de l'établissement. L'EDD :

- Détermine, de façon exhaustive, les accidents majeurs susceptibles de se produire dans l'établissement;
- Évalue les conséquences potentielles de ces accidents;
- Étudie les effets potentiels susceptibles d'impacter les personnes, les biens et l'environnement du site d'exploitation;
- Décrit et justifie les mesures de prévention et de protection destinées à réduire et à maîtriser les risques.

Les résultats attendus dans cette EDD sont, entre autres :

- Tous les risques associés à l'exploitation future de la Mine d'Or de Boto sont inventoriés et analysés en détail;
- L'étendue et la gravité des conséquences potentielles de scénarios d'accidents majeurs sont évaluées;
- L'acceptabilité des risques technologiques associés à l'exploitation future du projet est jugée sur la base d'une analyse quantitative;
- Les éventuelles perspectives d'amélioration en matière de prévention, de prévision et de protection sont proposées;
- Des données et informations de base nécessaires à la mise en place d'un Plan d'Opération Interne (POI) du site sont également fournies.

7.1 CADRE MÉTHODOLOGIQUE

La méthodologie d'évaluation des risques utilisée pour la réalisation de cette étude de dangers est conforme au Guide méthodologique d'étude de danger du ministère en charge de l'environnement (version octobre 2005). La démarche globale suivie pour cette étude est la suivante (figure 7.1) :

- Description des activités et installations du projet;
- Identification des dangers potentiels et des cibles;
- Accidentologie et retour d'expérience;
- Étude préliminaire des risques;
- Analyse détaillée des risques (évaluation des effets et des conséquences);
- Identification des barrières de sécurité (prévention, détection, protection et d'intervention).

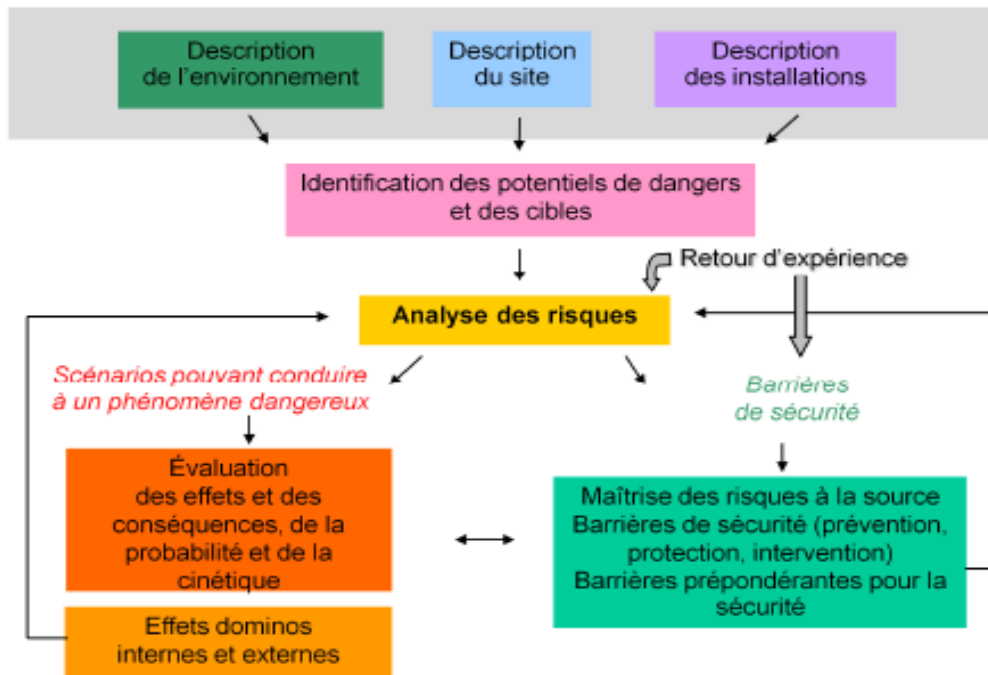


Figure 7.1 Démarche adoptée pour l’EDD (extrait du module de Formation INERIS, 2010)

Il est à noter que la description du projet et la description du milieu ont été présentées aux chapitres 2 et 4, respectivement.

7.1.1 Appréciation du niveau de risque

Afin de déterminer le niveau de risque technologique global du projet d’exploitation de la mine à ciel ouvert de Boto, nous avons procédé par deux méthodes : une méthode qualitative et une méthode quantitative. Dans les deux cas, l’estimation du niveau de risque se fera par la même approche, celle proposée dans le guide précité. Il s’agit de considérer le niveau de risque (NR) comme étant le produit de deux facteurs : la probabilité d’occurrence (P) et l’importance de la gravité (G).

$$\text{Niveau de risque} = \text{Probabilité} \times \text{Gravité}$$

En combinant les deux niveaux (P, G), nous formons une matrice des risques considérés comme acceptables ou non, en leur attribuant un code de couleurs allant du vert au rouge, comme indiqué dans le tableau 7.1.

Tableau 7.1 Matrice des niveaux de risque

NIVEAU DE RISQUE		Conséquences (Gravité G)				
		5	4	3	2	1
Probabilité (P)	5					
	4					
	3					
	2					
	1					

- Un risque très limité (tolérable) sera considéré comme acceptable. Dans ce cas, aucune action n’est requise.
- Un risque important. Dans ce cas un plan de réduction doit être mis en œuvre à court, moyen et long terme.
- Un risque élevé inacceptable va nécessiter une étude détaillée de scénarios d’accidents majeurs. Le site doit disposer des mesures de réduction immédiates en mettant en place des moyens de prévention et de protection.

7.1.2 Probabilité et gravité par la méthode qualitative

À l'issue de l'identification et la caractérisation des dangers potentiels liés à l'exploitation de la mine, il sera quantifié les niveaux de probabilité et de gravité d'événements redoutés présentant un fort potentiel de danger. Pour ce faire, une méthode qualitative a été utilisée comme indiqué dans le tableau 7.2. Les niveaux de probabilité d'apparition peuvent aller d'improbable à constant et les niveaux de gravité de négligeable à catastrophique.

Tableau 7.2 Niveaux des facteurs (P, G) pour l'élaboration d'une matrice des risques

Échelle de probabilité (P)		Échelle de gravité (G)	
Score	Signification	Score	Signification
P ₁ = improbable	<ul style="list-style-type: none"> Jamais vu dans ce secteur industriel; Presque impossible dans l'établissement 	G ₁ = négligeable	Impact mineur sur le personnel Pas d'arrêt d'exploitation Faibles effets sur l'environnement
P ₂ = rare	<ul style="list-style-type: none"> Déjà rencontré dans ce secteur industriel; Possible dans l'établissement 	G ₂ = mineur	Soins médicaux pour le personnel Dommages mineur Petite perte de produits Effets mineurs sur l'environnement
P ₃ = occasionnel	<ul style="list-style-type: none"> Déjà rencontré dans l'établissement; Occasionnel, mais peut arriver quelques fois dans l'établissement 	G ₃ = important	Personnel sérieusement blessé (arrêt de travail prolongé) Dommages limités Arrêt partiel de l'exploitation effets sur l'environnement importants
P ₄ = fréquent	<ul style="list-style-type: none"> Arrive deux à trois fois par an dans l'établissement 	G ₄ = critique	Blessure handicapante à vie, (1 à 3 décès) Dommages importants Arrêt partiel de l'exploitation effets sur l'environnement importants
P ₅ = constant	<ul style="list-style-type: none"> Arrive plusieurs fois par an dans l'établissement (supérieur à 3 fois par an) 	G ₅ =catastrophique	Plusieurs morts Dommages très étendus Long arrêt de production

7.1.3 Appréciation de la cinétique

L'appréciation de la cinétique (C) d'un accident permet de caractériser, de manière qualitative, la vitesse à laquelle cet événement indésirable va se dérouler et de juger de la réactivité des mesures de protection prévues. Elle est représentée par une lettre R (rapide), M (modérée) ou L (lente).

7.1.4 Probabilité et gravité par la méthode quantitative

L'évaluation quantitative de la probabilité et de la gravité sera appliquée aux scénarios d'accidents modélisés lors de l'analyse détaillée des risques et dont les effets sont désastreux et sortent hors des limites du site. Il sera d'abord évalué les conséquences des scénarios d'accident retenus lors de l'étude préliminaire des risques et selon la démarche présentée sur la figure 7.2.

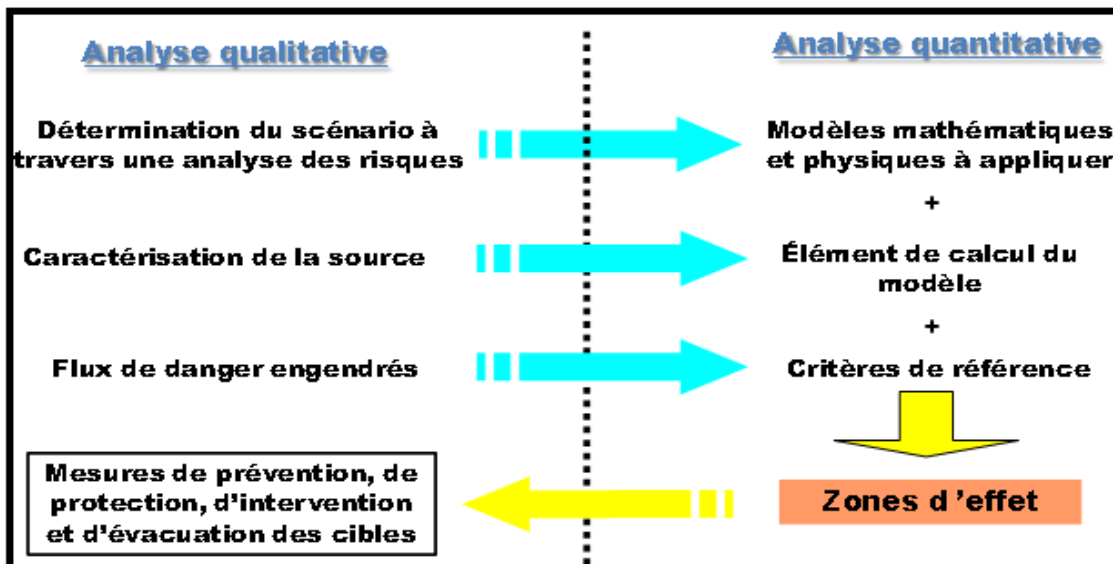


Figure 7.2 Démarche de l'analyse qualitative

Chaque scénario fera l'objet d'un calcul de distances à risques en référence aux seuils d'effets (thermiques et surpression) définis par le guide d'étude de dangers du ministère en charge de l'environnement (tableaux 7.3 et 7.4).

Tableau 7.3 Valeurs de référence des effets thermiques dus à un incendie

Valeur de référence		Effets sur l'homme
Phénomène ≥ 2 mn Flux thermique (kW/m ²)	Phénomène ≤ 2 mn Doses thermiques [kW/m ²] ^{4/3} .s	
3	600	Seuil des effets irréversibles (SEI), cloques en 30 s pour les personnes non protégées
5	1 000	Seuil des premiers effets létaux (SEL)
10	2 600	Seuil des effets létaux très significatifs (SELS) Brûlures au troisième degré
Valeur de référence (kW/m ²)		Effets sur les structures
5		Seuil de destruction des vitres par effet thermique
10		Effets domino Risque d'inflammation pour les matériaux combustibles
20		Destruction ou rupture des éléments de structures Tenue du béton pendant des heures

Tableau 7.4 Valeurs de référence des surpressions dues à une explosion

Surpression (hPa ou mbar)	Effets sur les personnes	Effets sur les structures
20	Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects sur l'homme	Seuil de destruction des vitres supérieure à 10 %
50	Seuil des effets irréversibles (SEI) correspondant à la zone des dangers significatifs pour l'homme	Seuil des dégâts légers sur les structures, destruction de 75 % des vitres
140	Seuil des premiers effets létaux (SEL)	Seuil des effets domino Effondrement partiel des murs et toits des maisons

À partir des résultats de calcul des distances d'effets, une nouvelle cotation du niveau de risque sera réalisée, en fonction des données disponibles, à partir de la probabilité des phénomènes dangereux et la gravité potentielle des effets susceptibles d'être ressentis hors des limites de propriété de l'usine. Pour ce faire, il sera attribué une échelle de probabilité des phénomènes dangereux et la gravité des effets en 5 niveaux (voir tableaux 7.5 et 7.6).

Tableau 7.5 Appréciation quantitative du niveau de probabilité

Classe de probabilité	Niveaux d'occurrence (par unité et par an)
P1 = improbable	$\leq 10^{-5}$
P2 = rare	Compris entre 10^{-5} et 10^{-4}
P3 = occasionnel	Compris entre 10^{-4} et 10^{-3}
P4 = fréquent	Compris entre 10^{-3} et 10^{-2}
P5 = constant	$> 10^{-2}$

Tableau 7.6 Appréciation quantitative du niveau de gravité

Classe de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs (ZELS)	Zone délimitée par le seuil des effets létaux (ZEL)	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine (ZEI)
G1 = négligeable	La zone létale 5 % ne sort pas	La zone létale 1 % ne sort pas	Moins d'une personne exposée
G2 = mineur	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
G3 = important	Moins de 10 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
G4 = critique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
G5 = catastrophique	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées

7.2 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS ET DES CIBLES

Dans cette partie, le consultant fait un inventaire exhaustif des dangers potentiels liés à l'environnement, aux produits manipulés, aux installations et aux procédés, susceptibles de conduire à des accidents industriels sur les sites de la future exploitation minière de Boto.

7.2.1 Sources de dangers externes au site

Cette partie présente les dangers liés à l'environnement comme une source d'agression externe de la mine, de l'usine de traitement et des installations annexes. Les composantes de l'environnement qui peuvent constituer un danger pour l'établissement sont d'ordre naturel, anthropique et industriel.

7.2.1.1 Phénomènes naturels

7.2.1.1.1 Foudre

La foudre est un phénomène naturel ayant deux effets majeurs : les effets directs, liés à l'impact de la foudre et les effets indirects engendrés par des surtensions transitoires. Tous ces effets sont dangereux pour les personnes et les installations exposées. Pour les installations électriques, la foudre peut être à l'origine de dommages sur des équipements dont la défaillance peut créer un dysfonctionnement de l'usine de traitement des minerais.

La foudre étant une importante source d'ignition pour les matières inflammables, son impact sur le stockage des hydrocarbures, les produits explosifs, pourrait être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion qui aurait de lourdes conséquences aussi bien pour les matières stockées que pour le personnel exposé aux rayonnements thermiques, à la fumée et aux ondes de choc. La base de données ARIA recense

101 accidents survenus entre octobre 1967 et juillet 2007, liés à la foudre et affectant des installations classées.

Vu la fréquence des orages dans cette région du sud-est du Sénégal (Kédougou), le risque de foudre est bien présent et peut être à l'origine d'un accident. Pour protéger le camp minier et l'usine de traitement des minerais, « AGEM Sénégal » a déjà prévu la mise en place un système de mise à la terre et de protection contre la foudre. Toutes les structures bâties de l'usine bénéficieront d'une protection contre la foudre. Les sous-stations et les postes de sectionnement de l'usine et les points élevés des structures seront équipés de paratonnerres d'une hauteur et d'une quantité suffisante pour assurer que tous les points exposés soient couverts. Les systèmes de protection contre la foudre auront leurs propres électrodes indépendantes de mise à la terre et seront interreliés au système de mise à la terre principal du système électrique.

Ces installations devraient être régulièrement contrôlées par un organisme spécialisé.

7.2.1.1.2 Inondation

Les inondations sont des phénomènes naturels très fréquents au Sénégal à cause d'une pluviométrie abondante ces dernières décennies, provoquant des désagréments importants. La propriété Boto se trouve entre 100 et 300 m au-dessus du niveau de la mer. C'est une zone naturellement surélevée favorisant une évacuation rapide des eaux de pluie. Une inondation du site est peu probable.

Seules des précipitations très extrêmes pourraient affecter les activités minières avec l'approfondissement progressif de la mine à ciel ouvert qui offre des conditions favorables à l'accumulation des eaux de pluie dans la fosse. Toutefois, il faut noter que les mines sont toujours dotées d'un système de pompage des eaux de pluie et des eaux qui s'infiltrent par les parois de la fosse. Dans ces conditions, le risque d'inondation du site sera donc relativement faible.

Au niveau de l'usine de traitement, l'exploitant devrait prévoir la mise en place d'un réseau d'évacuation des eaux de pluie pour éviter une éventuelle inondation du site de traitement des minerais.

7.2.1.1.3 Tremblement de terre

Un séisme ou tremblement de terre est le résultat de la libération brusque d'énergie accumulée par les contraintes exercées sur les roches. Cette activité souvent très puissante, compte parmi les catastrophes naturelles les plus destructrices. Le risque sismique n'est pas le même dans tous les points du globe. Le Sénégal est situé dans une zone continentale relativement stable, où l'activité sismique est quasi nulle. Par conséquent le risque de tremblement de terre est quasi inexistant, comme le confirment la géologie de la zone et les statistiques des tremblements de terre dans le monde.

7.2.1.1.4 Animaux sauvages

La zone du projet minier de Boto Gold, comme les autres entreprises aurifères de la région de Kédougou, est implantée en zone de forêt plus ou moins dense et qui abrite divers animaux sauvages dont certains peuvent être dangereux pour le personnel de l'entreprise (voir le chapitre 4 pour les informations relatives aux espèces présentes dans le secteur du projet). Les animaux les plus dangereux et imprévisibles sont surtout les reptiles tels que les serpents de toutes sortes et les hippopotames particulièrement présents dans la zone.

On peut également noter le danger lié à la présence de grandes fauves. Bien qu'elles soient moins fréquentes en pleine journée, elles sont tout de même présentes dans la zone, surtout aux abords des rivières. D'où la nécessité de renforcer la sensibilisation du personnel sur le danger lié à ces animaux.

Les insectes nuisibles tels que les moustiques sont particulièrement présents dans la zone et pourraient être source de maladies comme le paludisme; ce qui affecterait le rendement des travailleurs. L'entreprise doit, dans ces conditions, mettre en place des moyens de préventions efficaces tels que les moustiquaires imprégnés, les vaporisateurs antimoustiques.

7.2.1.2 Activités anthropiques

Bien qu'elle soit loin des habitations, l'usine de traitement des minerais d'or pourrait être sous la menace des feux de brousse qui sont particulièrement fréquents dans la zone. Ces feux sont souvent l'œuvre des agriculteurs et des éleveurs qui opèrent dans le secteur. Dans la mesure où l'usine est clôturée par du grillage à la base duquel poussent beaucoup d'herbes qui sont de puissants combustibles en saison sèche, il est possible que le feu atteigne les installations de l'usine.

Pour préserver les installations d'une telle catastrophe, l'entreprise devrait désherber régulièrement non seulement la cour de l'usine, mais également les alentours (au-delà de 10 m de la clôture) pour créer un pare-feu.

7.2.1.3 Activités industrielles

Les dangers liés à l'environnement industriel d'un site sont étudiés pour prévoir les risques industriels qui, par effet domino, pourraient avoir des conséquences néfastes sur le site. Cependant, les installations du projet seront les seules construites dans le périmètre couvert par le permis de Boto couvrant 148 km². Il n'y a donc pas de danger lié à des installations industrielles environnantes.

7.2.2 Sources de dangers internes au site

Dans cette partie, nous allons mettre en exergue toutes les sources de dangers inhérentes aux sites du projet minier. Elles concernent : les produits, le procédé et les équipements.

7.2.2.1 Dangers liés aux produits mis en œuvre

Cette section traite des dangers associés aux produits susceptibles d'être manipulés dans le cadre du projet d'exploitation de la mine à ciel ouvert de Boto. L'accent sera surtout mis sur les caractéristiques physico-chimiques, l'inflammabilité, l'explosivité et la toxicité. L'analyse est fondée sur les fiches de données de sécurité (FDS) et sur les fiches toxicologiques de ces produits obtenus par recherche dans les sites en ligne.

Les produits les plus importants à considérer dans l'identification des dangers sont ceux particulièrement dangereux et/ou stockés en grande quantité sur le site. Ces produits sont listés dans le tableau 7.7.

Tableau 7.7 Consommation et stocks de produits mis en œuvre sur le site

Produit chimique	Lieu d'utilisation	Consommation annuelle (Unité)	Quantité maxi stockée (Unité)	Mode d'entreposage
Emulsion non sensibilisée	Dépôt / Mine	6 000 T		Dépôt isolé
Booster d'amorçage	Dépôt / Mine	12 192 unités		Dépôt isolé
Dynamite	Dépôt / Mine	12 192 unités		Dépôt isolé
Cyanure de sodium	Usine de traitement	2 250 T		Sac de 1 t dans des boîtes, entrepôt de réactifs
Acide chlorhydrique	Usine de traitement	200 T		Tôtes (IBC), 1 100 litres, entrepôt de réactifs
Soude caustique	Usine de traitement et raffinerie	325 T		Sac de 1 t, entrepôt de réactifs
Chaux	Usine de traitement	2 500 T		Sac de 1 t, entrepôt de réactifs
Charbon	Usine de traitement	100 T		Sac de 0,5 t, entrepôt de réactifs
Anti-tartre	Usine de traitement	2,7 T		Baril sur palette, entrepôt de réactifs
Silice	Raffinerie	1,271 T		Sac de 25 kg sur palette, entrepôt de réactifs et à raffinerie
Borax	Raffinerie	1,907 T		Sac de 25 kg sur palette, entrepôt de réactifs et à raffinerie
Nitrate de sodium	Raffinerie	1,907 T		Sac de 25 kg sur palette, entrepôt de réactifs et à la raffinerie
Oxydant – ILR	Usine de traitement	5 T		Baril sur palette, entrepôt de réactifs
Floculant	Usine de traitement	100 T		Sac de 25 kg, entrepôt de réactifs
Fioul-Oil 180	Groupe électrogène		7 500 m ³	Réservoir sous rétention
Gasoil	Matériel roulant		500 m ³	Réservoir sous rétention

Les tableaux présentés dans les sections suivantes résumant, pour chaque produit, ses caractéristiques physico-chimiques, son inflammabilité, sa toxicité, ses pictogrammes de danger et ses conditions de stockage.

7.2.2.1.1 *Émulsions explosives en vrac*

L'explosif de type émulsions est constitué d'un mélange d'une solution aqueuse de nitrate d'ammonium de l'ordre de 80 à 90 % (comburant) avec une matrice liquide à base de 4 à 10 % d'huile minérale (combustible) et de paraffine contenant une faible portion d'émulsifiant. Sous cette forme, l'émulsion mère n'est pas explosive. La sensibilité de l'émulsion mère est assurée lors du pompage de celle-ci par gazéification. Elles se présentent en vrac amorçables par un détonateur.

Il est principalement utilisé pour l'abattage de roches en carrières, mines et chantiers de travaux publics. Dans le cadre de ce projet, l'utilisation des explosifs à émulsion est requise pour le dynamitage du socle rocheux et de la couche de transition plus ou moins dure.

Les propriétés physico-chimiques de l'émulsion explosive sont indiquées dans le tableau 7.8.

Tableau 7.8 Propriétés physico-chimiques de l'émulsion explosive

Émulsions explosives	
Propriété	Valeur
État physique	Pâte épaisse
Couleur	Beige clair à gris
Odeur	Inodore
Densité relative	1,2 (Eau = 1)
Point d'éclair	Sans objet
Point de fusion	Ramollissement au-delà de +50 ° C.
Point d'ébullition	Non applicable
Température d'auto-inflammation	Non applicable
Limite d'inflammabilité	Non applicable
pH (solution 1 % eau)	Non applicable
Solubilité	Insoluble dans l'eau

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : il présente un danger d'explosion en masse, c'est-à-dire affectant de façon pratiquement instantanée la quasi-totalité de la charge.



En sus du danger d'explosion, en cas d'incendie ou de chaleur, il y a risque de réaction violente avec possibilité d'émission de gaz toxiques dangereux et de vapeurs ainsi que de la formation de produits de pyrolyse, par exemple, le monoxyde de carbone, oxydes azotes (gaz nitreux), ammoniac.

Une synthèse des risques liés à l'émulsion explosive et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.9.

7.2.2.1.2 *Booster d'amorçage ou Amorce explosive*

L'amorce, comme son nom l'indique, est un petit objet qui sert de relais d'amorçage d'un explosif. Il est constitué d'un étui cylindrique étanche en polypropylène contenant une petite quantité de trinitrotoluène (TNT) avec une charge d'ignition intégrée faite à partir du tétranitrate de pentaérythritol (PETN) ou Penthrite. Il sert à améliorer la détonation et peut être initié uniquement par un détonateur correctement installé.

Tableau 7.9 Données de sécurités l'émulsion explosive

EMULSION EXPLOSIVE				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H201 : Explosif; danger d'explosion en masse.</p> <p>H319 : Provoque une sévère irritation des yeux.</p>	 <p>SGH 01 : Explosif.</p>  <p>SGH 07 : Nocif, Irritant.</p>	<p>Dans les conditions normales de stockage le produit est stable chimiquement.</p> <p>Toutefois, il présente des risques d'explosion particulièrement en :</p> <ul style="list-style-type: none"> - présence d'impuretés, - d'inclusions d'amorçage, - influence mécanique (choc, écrasement, heurt, frottement), - de forte chaleur (température >50°C, feu, étincelles, autres sources d'inflammation), ou - contact avec des substances incompatibles. - Ondes magnétiques (ex : téléphone) 	<p>Les composantes de l'émulsion (nitrates minéraux et phase grasse) sont irritantes pour les yeux et la peau.</p> <p>Après l'ingestion, trouble gastro-intestinaux.</p> <p>En cas d'incendie, il y a risque de réaction violente avec possibilité d'émission de gaz nocifs</p> <p>La phase grasse est toxique pour les organismes aquatiques et peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.</p> <p>L'apport excessif de nitrate d'ammonium peut entraîner l'eutrophisation des eaux et la sur fertilisation du sol.</p>	<p>Stockage : Stocker conformément à la réglementation. Ne pas stocker avec les produits hors classe 1, groupe D ou de S.</p> <p>Les emballages doivent être empilés de façon stable à l'abri des intempéries.</p> <p>Dans des conditions de stockage standard il est recommandé d'utiliser ces explosifs dans un délai de 12 mois suivant la date de fabrication.</p> <p>La manipulation : Lors des opérations, tenir le produit à l'écart de la chaleur, des flammes et des étincelles, éviter tout choc et tout frottement. Il est strictement interdit de fumer et de disposer de feux nus.</p> <p>Contact à éviter avec les matières incompatibles.</p>

Ainsi, l'amorce appartient à la classe des matières et objets comportant un risque d'explosion en masse (une explosion en masse est une explosion qui affecte de façon pratiquement instantanée la quasi-totalité du chargement) et à la sous classe 1.1 D (selon l'arrêté français du 20 avril 2007 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques).

Il est principalement utilisé pour booster l'amorçage des explosifs dans les mines, carrières et chantiers de travaux publics.

Les propriétés physico-chimiques du booster d'amorçage sont indiquées dans le tableau 7.10.

Tableau 7.10 Propriété physico-chimique du booster d'amorçage

Propriété	Valeur
État physique	Poudre conditionnée à l'intérieur d'un étui scellé
Couleur	blanche - brunâtre
Odeur	Inodore
Densité relative	1,35 (Eau = 1)
Point d'éclair	Sans objet
Point de fusion	80 °C, fusion de hexolite et ramollissement de l'étui.
Point d'ébullition	Non applicable
Température d'auto-inflammation	Non applicable
Limite d'inflammabilité	Non applicable
pH (solution 1 % eau)	Non applicable
Solubilité	Insoluble dans l'eau

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : il présente un danger d'explosion en masse, c'est à dire affectant de façon pratiquement instantanée la quasi-totalité de la charge.

Aussi ses produits de décomposition sont toxiques (oxydes d'azote NOx et monoxyde de carbone), en cas d'incendie ou de chaleur.

Une synthèse des risques liés à l'émulsion explosive et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.11.

7.2.2.1.3 Détonateurs


Les détonateurs sont de petits tubes en métal cylindriques chargés d'un produit très explosif : le Pentaerythritol tetranitrate (PETN) ou Penthrite. Les détonateurs sont utilisés pour initier l'explosion des explosifs à émulsion dans les trous de mine.

Dans la mesure où la puissance explosive des détonateurs est faible et peut ne pas être suffisante pour déclencher l'explosif, le détonateur est placé à l'intérieur de l'amorce. L'explosion du détonateur initie celle de l'amorce dont la puissance explosive est assez importante pour déclencher l'explosion de l'explosif.

Le produit de base du détonateur étant le Pentaerythritol tetranitrate (PETN) ou Penthrite, il appartient à la classe des matières et objets comportant un risque d'explosion en masse (une explosion en masse est une explosion qui affecte de façon pratiquement instantanée la quasi-totalité du chargement) et à la sous classe 1.1 D (selon l'arrêté français du 20 avril 2007 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques).

En raison de l'ensemble complexe du produit et du caractère scellé du détonateur, la plupart des propriétés physico-chimiques du détonateur ne peuvent pas être données.

Tableau 7.11 Données de sécurités de l'amorce explosive

AMORCE ou BOOSTER EXPLOSIF				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H201 : Explosif; danger d'explosion en masse.</p>	 <p>SGH 01 : Explosif.</p>	<p>Dans les conditions normales de stockage le produit est stable chimiquement.</p> <p>Toutefois, il peut exploser sous influence mécanique (choc, écrasement, heurt, frottement), forte chaleur (température >50°C), feu, étincelles ou aux contacts de substance incompatibles.</p>	<p>Etant donné l'assemblage scellé du produit, aucun contact avec les ingrédients n'est possible dans le cadre d'une utilisation normale.</p> <p>En cas d'incendie, il y a risque de réaction violente avec possibilité d'émission de gaz nocifs</p>	<p>Stockage : Stocker conformément à la réglementation. Ne pas stocker avec les produits hors classe 1, groupe D ou de S.</p> <p>Empiler les emballages de façon stable à l'abri des intempéries.</p> <p>Dans des conditions de stockage standard il est recommandé d'utiliser ces explosifs dans un délai de 5 ans suivant la date de fabrication.</p> <p>La manipulation : Lors des opérations, tenir le produit à l'écart de la chaleur, des flammes et des étincelles, éviter tout choc et tout frottement. Il est strictement interdit de fumer et de disposer de feux nus.</p> <p>Contact à éviter avec les matières incompatibles (les alcalis, amines, acides forts, métaux alcalins, cuivre, zinc et les lessives).</p> <p>Protection : En cas d'incendie du produit en dépôt ou pendant le transport : ne pas intervenir, mais s'éloigner rapidement à la distance de sécurité nécessaire et barrer les accès.</p>

Dangers particuliers : il présente un danger d'explosion en masse, c'est à dire affectant de façon pratiquement instantanée la quasi-totalité de la charge. Il présente des risques d'explosion par choc, friction, feu, étincelles, décharges électrostatiques ou au contact des acides et bases.

L'isolant jaune du fil d'alimentation contient une substance extrêmement dangereuse : le jaune de sulfochromate de plomb.

Aussi, en cas d'incendie ou de forte chaleur, ses produits de décomposition sont dangereux, car ils contiennent du plomb, des oxydes d'azote (NOx) et du monoxyde de carbone (CO).

Pour la toxicologie, aucun contact avec les ingrédients dangereux n'est possible dans le cadre d'une utilisation normale, en raison de l'assemblage scellé du produit.

Conseils de prudence : les détonateurs doivent être stockés conformément à la réglementation. Lors des opérations, tenir le produit à l'écart de la chaleur, des flammes et des étincelles. Il est strictement interdit de fumer et de disposer de feux nus dans la zone de stockage ou de manipulation. Éviter tout choc et tout frottement. Éviter tout contact avec les matières incompatibles (les alcalis, amines, acides forts, métaux alcalins, cuivre, zinc et les lessives). Éviter d'utiliser tout appareil pouvant provoquer des ondes magnétiques ou électrostatiques (ex. : téléphone).

Protection : En cas d'incendie du produit en dépôt ou pendant le transport, il est conseillé de ne pas intervenir, mais de s'éloigner rapidement à la distance de sécurité nécessaire et barrer les accès.

7.2.2.1.4 Cyanure de sodium

Le cyanure de sodium (NaCN) est un produit chimique obtenu en faisant réagir du carbonate de sodium avec du carbone et de l'ammoniac ou du cyanure d'hydrogène avec de l'hydroxyde de sodium. Il peut également être formé en chauffant un amide de sodium en présence de carbone ou en faisant fondre un mélange de chlorure de sodium et de cyanamide de calcium.

Il est utilisé en galvanoplastie, en photographie, dans la fabrication de pigments, de produits pharmaceutiques et surtout dans le traitement des minerais pour l'extraction de l'or et de l'argent. Dans le cadre de ce projet, le cyanure de sodium est utilisé pour l'extraction de l'or. Il est stocké sous forme solide, mais utilisé en solution.

Les propriétés physico-chimiques du cyanure de sodium sont indiquées dans le tableau 7.12.

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : le cyanure n'est pas inflammable, mais le contact avec les acides ou les sels d'acides entraîne le dégagement de grandes quantités de cyanure d'hydrogène, gaz inflammable et très toxique.

Le cyanure de sodium est un produit qui se décompose 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.

À des températures supérieures à 50 °C, le cyanure de sodium s'hydrolyse en ammoniac et formiate de sodium; la réaction est irréversible; l'augmentation de la température au cours de la réaction accélère le processus et peut entraîner des effets de surpression dans des réacteurs clos.

Tableau 7.12 Propriétés physico-chimiques du cyanure de sodium

Propriété	Valeur
État physique	Solide, granulés ou briquettes
Couleur	Blanc
Odeur	Inodore ou ammoniacal si humide
Densité relative	1,6 (Eau = 1)
Point d'éclair	Ne brule pas
Point de fusion	653 °C
Point d'ébullition	1496°C
Température d'auto-inflammation	Non disponible
Limite d'inflammabilité	Non disponible
pH (solution 1 % eau)	11,3 – 11,7
Solubilité	48 g/ 100 cc à 10 °C

Les cyanures sont des agents réducteurs qui peuvent réagir violemment (risque d'explosion) avec de nombreux composés : chlorates, nitrites, acide nitrique, fluor, trichlorure d'azote, etc.


Une synthèse des risques liés au cyanure de sodium et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.13.

7.2.2.1.5 Acide chlorhydrique

L'acide chlorhydrique est une solution aqueuse constituée d'acide fort et stable. Cette solution réagit violemment avec les bases. Corrosif, il réagit aussi violemment avec les oxydants en formant un gaz toxique (chlore). Au contact de l'air, l'acide chlorhydrique dégage des fumées corrosives qui sont plus lourdes que l'air. Il attaque un grand nombre de métaux en formant un gaz inflammable/explosif (hydrogène).

L'acide chlorhydrique est utilisé dans les industries métallurgiques, chimiques, pharmaceutiques, les industries de production d'engrais, etc. Dans le cadre de ce projet, il intervient dans le traitement des minerais d'or, plus précisément au niveau du rinçage du charbon actif.

Tableau 7.13 Données de sécurités du cyanure de sodium

CYANURE DE SODIUM				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H300 : Mortel en cas d'ingestion</p> <p>H330 : Mortel par inhalation.</p> <p>H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.</p> <p>EUH032: Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique.</p>	 <p>SGH 06 : Toxique.</p>  <p>SGH 09 : Dangereux pour le milieu aquatique</p>	<p>Le cyanure de sodium n'est pas inflammable. Il n'est pas combustible. Toutefois, en présence d'acides et de produits à réaction acide, ils s'hydrolysent en libérant du cyanure d'hydrogène, gaz très inflammable et toxique.</p> <p>Lorsque ces produits sont impliqués dans un incendie, ils peuvent se décomposer à la chaleur libérant du cyanure d'hydrogène et des oxydes d'azote.</p>	<p>Le cyanure de sodium peut provoquer des intoxications cyanhydriques par : inhalation de cyanure d'hydrogène, résultant le plus souvent de la mise en présence accidentelle de cyanures avec un acide, ingestion de cyanure, aboutissant à la formation rapide de cyanure d'hydrogène au contact de l'acidité gastrique, pénétration cutanée, facilitée par l'existence de plaies, de brûlures, voire de lésions minimales, par les souillures vestimentaires et par l'hyperhidration.</p> <p>Mode d'action : L'ion cyanure est un poison cellulaire. Il se lie à certains ions métalliques, en particulier à l'ion ferrique de la cytochrome-oxydase mitochondriale (cerveau et rétine), bloquant ainsi la respiration cellulaire.</p>	<p>En raison de la grande toxicité des cyanures, des mesures très sévères de protection s'imposent lors de leur stockage et de leur manipulation. Instruire le personnel de la très grande toxicité et des risques présentés par les cyanures, Stocker le produit dans des locaux spéciaux, bien ventilés, fermés à clef et d'accès interdit à toute personne ne possédant pas une autorisation spéciale, à l'abri de l'humidité, de la chaleur et des rayons du soleil, à l'écart des produits incompatibles (acides, chlorates, nitrates...).</p> <p>La manipulation à main nue des cyanures à l'état sec ou en solution sera interdite. Mettre à la disposition du personnel des équipements de protection individuelle. Une équipe d'intervention pourrait former et être prêt à intervenir au</p>

CYANURE DE SODIUM				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
				moment de la manipulation pour intervenir en cas de problème (l'équipe pourrait être composée du même nombre de personnes que le même nombre de personnes qui manipule avec un kit d'intervention par personne)

Les propriétés physico-chimiques l'acide chlorhydrique sont indiquées dans le tableau 7.14.

Tableau 7.14 Propriétés physico-chimiques l'acide chlorhydrique

Propriété	Valeur
État physique	Liquide
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore
Densité relative	1,02 g/cm ³ à 20 °C
Point d'éclair	Non disponible
Point de fusion	Non disponible
Point d'ébullition	Non disponible
Température d'auto-inflammation	Non disponible
Limite d'inflammabilité	Non disponible
pH (solution 1 % eau)	< 1 à 20 °C
Solubilité	Soluble à 20 °C

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : L'acide chlorhydrique n'est pas combustible. Par conséquent, il ne présente pas de risque d'incendie et d'explosion dans les conditions normales d'utilisation. Cependant, le contact avec l'humidité ou l'eau peut produire suffisamment de chaleur pour enflammer les substances combustibles.


Le contact avec le produit provoque un effet corrosif pour la peau et les muqueuses. Le contact avec les yeux entraîne un effet fortement corrosif. L'inhalation des vapeurs de l'acide chlorhydrique provoque l'irritation des voies respiratoires.

L'absorption orale du produit a un fort effet corrosif sur la cavité buccale et le pharynx et présente un danger de perforation du tube digestif et de l'estomac.

Du fait de la très faible valeur du pH, l'acide chlorhydrique est nocif pour les organismes aquatiques.

Une synthèse des risques liés à l'acide chlorhydrique et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.15.

Tableau 7.15 Données de sécurité de l'acide chlorhydrique

ACIDE CHLORHYDRIQUE (SOLUTION ACQUEUSE > 25%)				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H290 : Peut être corrosif pour les métaux.</p> <p>H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.</p> <p>H335 : Peut irriter les voies respiratoires.</p> <p>.</p>	 <p>SGH 05 : Corrosif.</p>	<p>Produit chimiquement stable dans les conditions ambiantes.</p> <p>Possibilité de réaction avec les métaux en dégageant un gaz ou des vapeurs dangereuses.</p> <p>Possibilité de réaction violente avec l'eau.</p>	<p>La substance ou le mélange n'est pas classée comme toxique.</p> <p>L'acide chlorhydrique est corrosif et peut provoquer, en cas d'exposition à une concentration suffisante, des brûlures chimiques de la peau, des yeux et des muqueuses respiratoire et digestive. Les effets d'une exposition chronique sont également de type irritatif.</p>	<p>Stockage : l'acide chlorhydrique sera stocké dans des locaux frais et bien ventilés, à l'écart des produits incompatibles, notamment oxydants et bases.</p> <p>La manipulation : Pour les dilutions avec l'eau (réaction exothermique), verser lentement l'acide concentré dans l'eau par petites quantités et en agitant. Ne jamais verser l'eau dans l'acide.</p> <p>Premiers secours : En cas de contact avec la peau : laver abondamment à l'eau. En cas d'ingestion : Faire boire de l'eau (2 verres maxi).</p>

7.2.2.1.6 Soude caustique

La soude caustique ou hydroxyde de sodium (NaOH) est un solide blanc, inodore, très hygroscopique, déliquescent.

En solution, la soude est un liquide incolore et transparent très soluble, d'aspect plus ou moins visqueux suivant la concentration.

La soude est utilisée dans l'industrie métallurgique, industrie de l'aluminium (production de l'aluminium et autres métaux à partir des minerais, traitements de surface.); industries des textiles artificiels, de raffinage du pétrole et dans les savonneries. Elle est aussi utilisée dans le traitement de l'eau ou la stabilisation du pH de celle-ci, la régénération des résines échangeuses d'ions, élimination des métaux lourds.

Dans le cas de ce projet, la soude caustique est utilisée dans le traitement des minerais d'or, plus précisément pour le rinçage du charbon actif.

Les propriétés physico-chimiques de la soude caustique sont indiquées dans le tableau 7.16.

Tableau 7.16 Propriétés physico-chimiques de la soude caustique


Propriété	Valeur
État physique	Solide
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore
Densité relative	2,13 g/cm ³ à 20 °C
Point d'éclair	Non disponible
Point de fusion	318 °C
Point d'ébullition	1 388 °C
Température d'auto-inflammation	Non disponible
Limite d'inflammabilité	Non disponible
pH (solution 1 % eau)	< 1 à 20 °C
Solubilité	Soluble à 20 °C

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : L'hydroxyde de sodium est un produit très hygroscopique qui absorbe rapidement l'humidité de l'air et, en même temps, fixe le dioxyde de carbone avec lequel il forme du carbonate de sodium. La dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau s'accompagne d'une libération très importante de chaleur, la réaction peut être violente. Les solutions aqueuses libèrent également de la chaleur lorsqu'elles sont diluées : une solution à 40 % ou plus d'hydroxyde de sodium génère, lors de sa dilution dans l'eau, une grande quantité de chaleur portant la température au-delà du point de fusion, ce qui peut conduire à des projections sporadiques et incontrôlées de liquide corrosif.

L'hydroxyde de sodium est une base forte dont les solutions aqueuses, très alcalines, réagissent vigoureusement avec les acides. Les réactions de l'hydroxyde de sodium avec de nombreux composés organiques ou minéraux tels que le phosphore, l'hydroquinone, le méthanol, le chloroforme, les acides forts, les chlorures d'acides, les anhydrides, les cétones et les glycols peuvent être violentes, voire explosives.

En présence d'eau, l'hydroxyde de sodium réagit avec les nitroalcanes en formant des sels qui sont explosifs à l'état sec. Certains métaux tels que l'aluminium, le zinc, l'étain, le plomb ainsi que le bronze et le laiton sont attaqués par les solutions aqueuses d'hydroxyde de sodium avec dégagement d'hydrogène, gaz très inflammable et explosible. Une synthèse des risques liés à la soude caustique et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.17.

Tableau 7.17 Données de sécurité de la soude caustique

SOUDE CAUSTIQUE				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.</p>	 <p>SGH 05 : Corrosif.</p>	<p>La caustique soude est stable et non combustible dans les conditions ambiantes.</p> <p>La dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau s'accompagne d'une libération très importante de chaleur, la réaction peut être violente.</p> <p>Certains métaux tels que l'aluminium, le zinc, l'étain, le plomb ainsi que le bronze et le laiton sont attaqués par les solutions aqueuses d'hydroxyde de sodium avec dégagement d'hydrogène, gaz très inflammable et explosible.</p>	<p>La soude caustique et ses solutions aqueuses sont corrosives pour la peau ou toute muqueuse avec laquelle ils entrent en contact. La gravité des lésions dépend de la quantité appliquée, de la concentration de la solution et du temps de contact.</p>	<p>Stockage : dans des locaux bien ventilés, à l'écart des acides et autres produits incompatibles. <i>Matériaux à éviter :</i> aluminium, zinc et alliages, cuivre et alliages.</p> <p>La manipulation : La dissolution d'hydroxyde de sodium solide dans l'eau doit s'effectuer très progressivement par petites quantités et en agitant en raison de la forte quantité de chaleur qui peut se dégager et entraîner une vaporisation de l'eau accompagnée de violentes projections. Ne pas verser d'eau sur l'hydroxyde de sodium.</p> <p>Premiers secours : En cas de contact avec la peau ou les muqueuses : laver abondamment à l'eau. En cas d'ingestion : faire rincer la bouche et boire un ou deux verres d'eau.</p>

7.2.2.1.7 Chaux calcique vive

La chaux vive de formule CaO est une matière sèche alcaline obtenue par calcination du calcaire. Elle est utilisée depuis l'Antiquité, notamment dans la construction (voies et bâtiments), dans la métallurgie comme fondant (traitement de minerais et élaboration d'aciers intermédiaires), dans le traitement des eaux (floculant), dans l'agriculture pour amender les sols acides et dans d'autres usages divers.

Dans le cadre de ce projet, la chaux sera utilisée dans le procédé du traitement de minerais. Elle neutralise les acides produits au cours des réactions d'oxydation et qui sont nuisibles à la qualité du métal final. Les propriétés physico-chimiques de la chaux calcique vive sont indiquées dans le tableau 7.18.

Tableau 7.18 Propriétés physico-chimiques de la chaux calcique vive

Propriété	Valeur
État physique	Solide cristalline
Couleur	blanche
Odeur	Légère odeur terreuse
Densité relative	3,25 – 3,38 (eau = 1)
Point d'éclair	Non disponible
Point de fusion	2 570 - 2 625 °C
Point d'ébullition	2 850 °C
Température d'auto-inflammation	Non disponible
Limite d'inflammabilité	Non inflammable
pH (solution 1 % eau)	< 12,45 à 25 °C
Solubilité dans l'eau	0,125/ 100 g solution à 20 °C


Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : La chaux calcique ou oxyde de calcium est un produit très hygroscopique qui absorbe rapidement l'humidité de l'air et, en même temps, fixe le dioxyde de carbone avec lequel il forme l'hydroxyde de calcium et du carbonate de calcium.

Elle n'est pas combustible. Toutefois, elle réagit violemment avec les acides forts. Elle réagit de manière exothermique avec l'eau. La chaleur produite, lorsque mélangée à l'eau ou à l'air humide, est suffisante pour enflammer les matières combustibles avoisinantes telles papier, bois ou tissus. Aussi, l'eau peut se mettre à bouillir et projeter de la chaux, qui est corrosive. Elle est irritante pour la peau, les voies respiratoires et ne doit surtout pas entrer en contact avec les yeux.

Il est de ce fait conseillé d'utiliser des lunettes et des gants lors de la manipulation et de verser progressivement la poudre dans l'eau et non pas l'inverse. Il est également recommandé de brasser le mélange eau/chaux vive tout au long de sa préparation, ceci afin de limiter les risques de projection.

En cas de contact avec la substance, rincez abondamment pendant plusieurs minutes la zone concernée et contactez rapidement un médecin ou les urgences. Une synthèse des risques liés à la chaux calcique et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.19.

Tableau 7.19 Données de sécurité de la chaux calcique vive

CHAUX CALCIQUE VIVE				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H315 : Provoque une irritation cutanée.</p> <p>H318 : Provoque des lésions oculaires graves.</p>	 <p>SGH 05 : Corrosif.</p>	<p>La chaux calcique vive n'est pas très stable, elle absorbe l'humidité et le dioxyde de carbone de l'air pour former des hydroxydes de calcium et des carbonates de calcium.</p> <p>Elle réagit violemment avec les acides forts. Elle réagit de manière exothermique avec l'eau. La chaleur produite, lorsque mélangée à l'eau ou à l'air humide est suffisante pour enflammer les matières combustibles avoisinantes telles papier, bois ou tissus.</p>	<p>La chaux calcique est corrosive pour la peau ou toute muqueuse avec laquelle ils entrent en contact.</p> <p>Irritation ou brûlure grave de la peau et des muqueuses.</p> <p>Inhalé sous forme de poussière, irritation du nez, de la cavité buccale et de la gorge.</p> <p>Inflammation des voies respiratoires</p> <p>Ingéré, brûlures et œdème des voies digestives, salivation abondante, difficultés à avaler et à respirer, chute de pression sanguine.</p>	<p>Stockage : garder les contenants fermés dans un endroit frais, sec, bien aéré et à l'abri des acides.</p> <p>La manipulation : Respecter le mode opératoire. Eviter tout contact avec la peau et les yeux. Minimiser la production de poussière. Porter des lunettes, un masque, des gants et un vêtement couvrant toute la peau.</p> <p>Premiers secours : En cas de contact avec la substance, rincer abondamment pendant plusieurs minutes la zone concernée et contacter rapidement un médecin ou les urgences.</p>

7.2.2.1.8 Charbon actif

Le charbon actif est fabriqué par pyrolyse de différentes matières premières carbonées telles que la houille, le bois et les coques de noix de coco. Il est composé de plusieurs pores de tailles différentes. Grâce à ses propriétés d'adsorption, le charbon actif est utilisé dans le processus d'extraction de l'or. L'adsorption est le processus par lequel les molécules liquides ou gazeuses se fixent ou sont piégées sur la surface d'un solide. Les propriétés physico-chimiques du charbon actif sont indiquées dans le tableau 7.20.

Tableau 7.20 Propriétés physico-chimiques du charbon actif

Propriété	Valeur
État physique	Solide (granulés ou poudre)
Couleur	Noir
Odeur	Inodore
Densité relative	0,4 – 0,7 g/cm ³ (eau = 1)
Point d'éclair	Non disponible
Point de fusion	4 200 °C
Point d'ébullition	Non disponible
Température d'auto-inflammation	>220°C
Limite d'inflammabilité	Non inflammable
pH (solution 1 % eau)	Non disponible
Solubilité dans l'eau	Insoluble dans l'eau

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : Produit non classé dangereux. Mais incompatible avec certains produits : les agents oxydants forts, acides forts et acétones. C'est aussi un produit d'aspect inesthétique pour l'environnement.

Une synthèse des risques liés au charbon actif et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.21.

Tableau 7.21 Données de sécurité du charbon actif

Mentions de danger	Pictogramme de danger	Réactivité - inflammabilité	Toxicité et effet locaux/écotoxicité	Conseils de prudence
Non classé dangereux. Mais c'est un produit d'aspect inesthétique pour l'environnement.	NÉANT	Stable dans les conditions normales. Ne brûle pas	En cas d'incendie les produits de décomposition thermique sont toxiques (oxydes de carbone). Le produit n'est pas un irritant cutané primaire. Le produit peut irriter légèrement le nez, la gorge et les voies respiratoires.	Stockage : dans un lieu sec, frais et ventilé. Non compatible avec les acides forts, les agents oxydants forts, les acétones.

7.2.2.1.9 Borax

Le borax est une espèce minérale de borate de sodium hydraté, de formule brute Na₂B₄O₇•10H₂O. Le borax commercial ou industriel se présente souvent sous forme d'une poudre d'aspect salin, inodore et incolore. En métallurgie, il est utilisé comme flux dans la fusion et la soudure des métaux. C'est un fondant qui permet le décapage des métaux. Il permet la formation d'un film protecteur qui s'étale sur la surface, va absorber les scories et éviter la formation d'oxydes. Pour ces propriétés, il est utilisé dans le raffinage de l'or dans ce projet. Les propriétés physico-chimiques du borax sont indiquées dans le tableau 7.22.

Tableau 7.22 Propriétés physico-chimiques du borax

Propriété	Valeur
État physique	Solide (Poudre cristalline)
Couleur	Blanche
Odeur	inodore
Densité relative	0,769 g/cm ³ (eau = 1)
Point d'éclair	Non disponible
Point de fusion	62 °C
Point d'ébullition	Non disponible
Température d'auto-inflammation	>220°C
Limite d'inflammabilité	Non inflammable
ph (solution à 3 %)	9,25 à 20 °C
Solubilité dans l'eau	5,8 % à 20 °C

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : Produit non classé dangereux. Mais incompatible avec certains produits : les agents oxydants forts, acides forts et zirconium. Une synthèse des risques liés au borax et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.23.

Tableau 7.23 Données de sécurité du borax

Mentions de danger	Pictogramme de danger	Réactivité - inflammabilité	Toxicité et effet locaux/écotoxicité	Conseils de prudence
Non classé dangereux.	NÉANT	Stable à des températures et pressions normales. Non compatible avec les oxydants forts, acides, zirconium.	Produits de décomposition thermique peuvent inclure des oxydes toxiques de sodium et de bore. Aucun effet de santé chronique n'est attendu.	Stockage : À conserver dans un endroit frais et sec à l'écart des substances incompatibles.

7.2.2.1.10 Silicium

Les propriétés physico-chimiques du silicium sont indiquées dans le tableau 7.24.

Une synthèse des risques liés au silicium et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.25.

Tableau 7.24 Propriétés physico-chimiques du silicium

Propriété	Valeur
État physique (20 °C)	Solide
Aspect Couleur	Cristalline
Densité relative	2,26 – 2,65
Point fusion / Point d'ébullition / Point d'éclair	
Pictogrammes de danger	Non classée dangereux selon les critères du règlement (CE) N°1272/2008.
Stabilité / réactivité	Très peu réactif
Dangers dus à la substance	H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.
Toxicité / écotoxicité	L'exposition aiguë à des poussières de silice peut être responsable d'irritation des yeux et du tractus respiratoire. L'exposition chronique par inhalation peut entraîner une silicose ou pneumoconiose fibrosante. Risque accru de cancer broncho-pulmonaire parmi les sujets silicotiques

Tableau 7.25 Données de sécurité du silicium

Mentions de danger	Pictogramme de danger	Réactivité - inflammabilité	Toxicité et effet locaux/écotoxicité	Conseils de prudence
Non classé dangereux	Néant	Dans les conditions normales de stockage en masse, le produit est stable chimiquement. Toutefois, il présente des risques d'explosion particulièrement de poussières et d'air	Dangereux en cas d'inhalation légèrement en cas de contact cutané, de contact avec les yeux et d'ingestion	Stockage : Tenir au frais, à l'abri de la chaleur, des étincelles et des flammes. Garder dans un local bien aéré. Entreposer à l'écart de toute substance incompatible. Manipulation : manipuler dans un endroit bien ventilé ou sous une hotte appropriée. Manipuler et ouvrir le contenant avec prudence. Ce produit doit être manipulé par des personnes qualifiées.

7.2.2.1.11 Floculant

Un floculant est un polymère (substance composée de macromolécules) utilisé pour assurer le traitement des eaux par floculation. Cette dernière est le processus physico-chimique au cours duquel des matières en suspension dans un liquide s'agglomèrent pour former des particules plus grosses, généralement très poreuses, nommées floccs. Les floccs ainsi formés vont permettre d'accélérer la vitesse de sédimentation et de favoriser une séparation efficace des phases liquide et solide. Dans le cadre de ce projet, les floculants utilisés dans le traitement des eaux de procédé dans des épaisseurs. Comme il existe sur le marché de nombreux produits floculants ayant des propriétés variables, il n'est pas pertinent de présenter ici les propriétés de chacun.

7.2.2.1.12 Nitrate de sodium

Le nitrate de sodium (NaNO_3) est un minéral naturel, principal composant du salpêtre du Chili, qui fût une matière première fondamentale pour l'industrie chimique européenne. Il peut être utilisé dans l'extraction de l'or comme substitut en poudre de l'acide nitrique pour faire l'eau régale.



L'eau régale est un mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique utilisé pour dissoudre l'or. Le principe est que l'acide chlorhydrique dissout une petite partie d'or qui est oxydé par l'acide nitrique. Le nitrate de sodium peut être substitué à l'acide nitrique, car étant plus simple à obtenir et manipuler. Il faudra ensuite neutralisation de l'acide (ici avec la chaux calcique), puis la précipitation de l'or sous forme de boue. La boue est ensuite fondue et devient ainsi de l'or métallique. Les propriétés physico-chimiques du nitrate de sodium sont indiquées dans le tableau 7.26.

Tableau 7.26 Propriétés physico-chimiques du nitrate de sodium

Propriété	Valeur
État physique	Solide (cristaux)
Couleur	blanc
Odeur	inodore
Densité relative	2,26 g/cm ³ (eau = 1)
Point d'éclair	Sans objet
Point de fusion	312 °C
Point d'ébullition	380 °C
Température d'auto-inflammation	Non disponible
Limite d'inflammabilité	Non inflammable
Ph (solution 1 % eau)	5,5 - 8,3
Solubilité dans l'eau	Facilement soluble dans l'eau froide

Dangers particuliers liés aux propriétés chimiques : Produit comburant et nocif en cas d'inhalation et d'ingestion. Présente un danger d'inflammabilité avec les substances combustibles, organiques, oxydables. Un risque d'explosion et/ou danger de gaz toxiques avec certaines substances. Une synthèse des risques liés au nitrate de sodium et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.27.

Tableau 7.27 Données de sécurité du nitrate de sodium

MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	RÉACTIVITÉ - INFLAMMABILITÉ	TOXICITÉ ET EFFET LOCAUX/ÉCOTOXICITÉ	CONSEILS DE PRUDENCE
H272 : Comburant; peut aggraver un incendie.		Instable. Peut exploser au choc, à la friction ou à des températures élevées.	Produit irritant pour les yeux, les voies respiratoires, les muqueuses et pour la peau. L'ingestion peut causer des douleurs de l'estomac, des vomissements, vertiges, etc. Dégage des vapeurs toxiques dans des conditions d'incendie (Oxydes d'azote et de sodium).	P280 : Porter des gants de protection/des vêtements de protection/un équipement de protection des yeux/ du visage Stockage : Tenir au frais, à l'abri de la chaleur, des étincelles, des flammes et de toute matière organique et inflammable.
H319 : Provoque une sévère irritation des yeux.				
H302 : Nocif par ingestion.				
H332 : Nocif par inhalation.				
H335 : Peut irriter les voies respiratoires.				

7.2.2.1.13 Fioul-oil 180




Le Fuel-oil 180 ou mazout, est un combustible notamment utilisé dans les installations de combustion (fours, chaudières), les moteurs diesel pour la production de chaleur et d'électricité. C'est un hydrocarbure résiduel issu du raffinage du pétrole. Il est également connu sous l'acronyme HFO, qui signifie *heavy fuel oil* en anglais. Les propriétés physico-chimiques du fioul lourd sont indiquées dans le tableau 7.28.

Tableau 7.28 Propriétés physico-chimiques du fioul lourd

Propriété	Valeur
État physique	Visqueux à 20 °C
Couleur	Brun à noir
Odeur	Type hydrocarbure
Masse volumique	920 - 1010 kg/m ³ Température (°C) 15
Point d'éclair	> 60 °C
Température d'auto-inflammation	> = 250 °C
Limite d'inflammabilité - inférieure (%)	0,5 %
Limite d'inflammabilité - supérieure (%)	5 %
Densité de vapeur	> 5 (air=1)
Viscosité	< 200 mm ² /s à 100 °C

Une synthèse des risques liés au fioul-oil 180 et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.29.

Tableau 7.29 Données de sécurité du fuel-oil 180

FIOUL-OIL 180				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H332 : nocif par inhalation</p> <p>H350 : peut provoquer le cancer</p> <p>H361d : Susceptible de nuire au fœtus.</p> <p>H373 : risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée par contact cutané.</p> <p>H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.</p> <p>EUH066 : l'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau.</p>	 <p>SGH 07 : Irritant, nocif.</p>  <p>SGH 08 : Cancérogène</p>  <p>SGH 09 : Dangereux pour le milieu aquatique</p>	<p>Produit stable dans les conditions recommandées de manipulation et de stockage. Aucune réaction dangereuse ne se produit</p> <p>Liquide combustible : en présence de points chauds, risque particulier d'inflammation ou d'explosion, dans certaines conditions lors de dégagement accidentels de vapeurs ou fuites de produit sous pression. Le contact avec le produit chaud provoque des brûlures thermiques.</p>	<p>Toxicité aiguë par inhalation des vapeurs.</p> <p>Les vapeurs ou brouillards sont irritants pour les muqueuses oculaires.</p> <p>Une combustion incomplète est susceptible de donner lieu à un mélange de particules solides et liquides en suspension dans l'air et de gaz, notamment le monoxyde de carbone.</p> <p>Très toxique pour les organismes aquatiques.</p>	<p>P201 : Se procurer les instructions avant utilisation.</p> <p>P260 : Ne pas respirer les poussières ou brouillards.</p> <p>P281 : Utiliser l'équipement de protection individuel requis.</p> <p>P301 + P310 : En cas d'ingestion : appeler immédiatement un centre antipoison ou un médecin.</p> <p>P331 : Ne pas faire vomir.</p> <p>P501 : Eliminer le contenu/le conteneur dans un centre d'incinération agréé.</p> <p>P273 : Eviter le rejet dans l'environnement.</p>

7.2.2.1.14 Gasoil





Le gasoil ou gas-oil, ou encore gazole, est un carburant pour moteur diesel ou brûleur de chaudières. Physiquement, c'est un fioul léger et, réglementairement, un carburant (norme fiscale) issu du raffinage du pétrole. C'est un liquide inflammable de catégorie 3. Il est également connu sous l'acronyme LFO, *light fuel oil* en anglais. Les propriétés physico-chimiques du gasoil sont indiquées dans le tableau 7.30.

Tableau 7.30 Propriétés physico-chimiques du gasoil

Propriété	Valeur
État physique	Liquide à 20 °C
Couleur	Jaune
Odeur	Caractéristique
Masse volumique	820 - 845 kg/m ³ Température (°C) 15
Point d'éclair	> 55 °C
Température d'auto-inflammation	> = 250 °C
Limite d'inflammabilité - inférieure (%)	0,5
Limite d'inflammabilité - supérieure (%)	5
Densité de vapeur	> 5 (air=1)
Viscosité	< 7 mm ² /s à 40 °C

Une synthèse des risques liés au gasoil et les moyens de protection associés sont présentés dans le tableau 7.31.

Tableau 7.31 Données de sécurité du gasoil

GASOIL				
MENTIONS DE DANGER	PICTOGRAMME DE DANGER	REACTIVITE - INFLAMMABILITE	TOXICITE ET EFFET LOCAUX/ECOTOXICITE	CONSEILS DE PRUDENCE
<p>H226 : Liquides inflammables, Catégorie 3.</p> <p>H332 : nocif par inhalation</p> <p>H315 : Provoque une irritation cutanée.</p> <p>H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.</p> <p>H351 : Susceptible de provoquer le cancer.</p> <p>H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée par contact cutané.</p> <p>H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.</p>	 <p>SGH 02 : Inflammable</p>  <p>SGH 07 : Irritant, nocif.</p>  <p>SGH 08 : Cancérogène</p>  <p>SGH 09 : Dangereux pour le milieu aquatique</p>	<p>Produit stable mais inflammable. Dans des conditions normales de stockage et d'utilisation, aucune réaction dangereuse ne se produit</p> <p>Quand la température approche celle du point éclair, la tension de vapeur est telle qu'elle permet l'établissement d'une atmosphère explosive au dessus du produit stocké.</p>	<p>L'exposition aux produits de décomposition peut présenter des risques pour la santé. Les effets graves d'une exposition peuvent être différés</p> <p>Toxique pour les organismes aquatiques</p>	<p>P210 : Tenir à l'écart de la chaleur/des étincelles /des flammes nues/des surfaces chaudes. – Ne pas fumer.</p> <p>P201 : Se procurer les instructions avant utilisation.</p> <p>P260 : Ne pas respirer les poussières ou brouillards.</p> <p>P304 + P340 : En cas d'inhalation : Transporter la victime à l'extérieur et la maintenir au repos dans une position où elle peut confortablement respirer.</p> <p>P301 + P310 : En cas d'ingestion : appeler immédiatement un centre antipoison ou un médecin.</p> <p>P331 : Ne pas faire vomir.</p> <p>P501 : Eliminer le contenu/le conteneur dans un centre d'incinération agréé.</p> <p>P273 : Eviter le rejet dans l'environnement.</p>

7.2.2.1.15 Synthèse des dangers associés aux produits

Tableau 7.32 Produits mis en œuvre sur le site et les dangers et risques associés

Produit chimique	Quantité Cons. ou stock maxi (Unité)	Lieu d'utilisation	Danger	Risques associés
Emulsion non sensibilisée	6 000 T /an	Dépôt / Mines	Explosion en masse	Explosion
Booster d'amorçage	12 192 U /an	Dépôt / Mines	Explosion en masse	Explosion
Détonateurs	12 192 U /an	Dépôt / Mines	Explosion en masse	Explosion
Cyanure de sodium	2 250 T/an	Usine de traitement	Toxique	Risque Toxique
			Réaction avec acides (cyanure d'hydrogène)	Incendie / Risque toxique
Acide chlorhydrique	200 T/an	Usine de traitement	Corrosif	Risques pour la santé
			Réaction avec l'eau	Incendie
Soude caustique	325 T/an	Usine de traitement et raffinerie	Corrosive	Risques pour la santé
			Réaction avec eau ou certains métaux	Incendie/Explosion
Chaux vive	2 500 T/an	Usine de traitement	Corrosive	Risques pour la santé
			Réaction avec acides	Incendie
Charbon	100 T/an	Usine de traitement	Non classé	-
Anti-tartre	2,7 T/an	Usine de traitement	Nocif	Risques pour la santé
Oxydant – ILR	5 T/an	Usine de traitement		
Floculant	100 T/an	Usine de traitement	Nocif	Risques pour la santé
Silice	1,271 T/an	Raffinerie	Non classé	-
Borax	1,907 T/an	Raffinerie	Non classé	-
			Nocif	Risques pour la santé
Nitrate de sodium	1,907 T/an	Raffinerie	Comburant	Explosion et émission toxique
Fioul-Oil 180 (HFO)	7 500 m ³	Groupe électrogène	Liquide combustible	Incendie / Explosion
			Nocif	Risques pour la santé
Gasoil (LFO)	500 m ³	Matériel roulant	Liquide inflammable	Incendie / Explosion
			Nocif	Risques pour la santé

L'analyse des différentes Fiches de Données de Sécurité (FDS), a montré que le **cyanure de sodium** est le produit le plus dangereux du point de vue toxicologique pour les personnes et les organismes aquatiques.

Le danger du **gasoil** qui sera stocké en grande quantité, surtout à l'usine de traitement, réside sur son caractère inflammable. Le risque d'incendie impliquant ce produit est bien réel et pourrait être lourd de conséquences pour la production. L'**acide chlorhydrique** (acide fort), la **soude caustique** et la **chaux vive** (bases fortes) sont surtout corrosifs et incompatibles.

Le **nitrate de sodium**, bien qu'il ne soit pas inflammable, reste un puissant **comburant**. Il peut détoner en mélange avec des matières organiques ou réductrices. Il peut se décomposer ou exploser si deux des trois facteurs suivants sont réunis : chaleur, fort confinement, contamination (en particulier par des matières organiques). Le **charbon actif** et le floculant sont les produits les moins dangereux, mais nécessitent tout de même des précautions lors de leur manipulation par les travailleurs.

Tableau 7.35 Dangers liés aux procédés et équipements

Éléments du procédé	Matériels, installations ou équipements	Facteurs de risques	Événement à redouter	Localisation
Opérations - stockage, transport et manipulation des explosifs	<ul style="list-style-type: none"> Explosifs et matériels explosifs Dépôt d'explosifs Véhicules de transport d'explosif 	<ul style="list-style-type: none"> Stockage d'explosif Circuit électrique Manutention Circulation interne Manipulation Erreur humaine 	<p>Explosion du dépôt</p> <p>Collision/Choc véhicule chargé d'explosifs</p> <p>Explosion dans la carrière</p>	Entrepôt explosifs (
Opérations - extraction du minerais	<ul style="list-style-type: none"> Fosse à ciel ouverts, Système de pompage engins lourds engins explosifs Équipement de manutention 	<ul style="list-style-type: none"> Eau en grande quantité (pluie, eau d'exhaure) Défaillance matériel (système de pompage engins lourds) Sols meubles sur les gradins Manipulation d'explosifs Erreur humaine 	<p>Inondation de la fosse</p> <p>Chute de rocs ou glissement de dépôt</p> <p>Éboulement</p> <p>Explosion dans la carrière</p> <p>Renversement et chute d'un engin lourd</p>	Carrière (zone de mines)
Opérations - traitement industriel du minerais	<ul style="list-style-type: none"> Circuit concassage et de broyage Les équipements de manutention (convoyeurs) Circuit de cyanuration Circuit d'élution Raffinage de l'or (les fours) 	<ul style="list-style-type: none"> Matières combustibles Produits chimiques dangereux et parfois incompatibles Frottements, échauffements Électricité Défaillance matériel (corrosion, choc, projectile) Métal en fusion Erreur humaine Foudre 	<p>Incendie (convoyeurs, court circuit)</p> <p>Explosion (fuite cyanure, métal en fusion)</p> <p>émission gaz toxiques (Fuite sur circuit de cyanuration)</p>	Usine de traitement du minerais
Stockage des résidus	<ul style="list-style-type: none"> Digues rétention des résidus. Canalisation reliant l'usine au parc à résidus 	<ul style="list-style-type: none"> Fortes pluies Vieillessement de l'ouvrage Défaillance équipement Erreur humaine 	Rupture bassin de stockage et déversement de boues	Parc à résidus.
Équipements auxiliaires (utilités)	<ul style="list-style-type: none"> Barrage hydraulique Réservoirs de stockage d'hydrocarbures (fioul-oil, et gasoil) Circuit de dépotage hydrocarbures Groupes électrogènes Installations électriques (armoires, coffrets, câbles...). 	<ul style="list-style-type: none"> Fortes pluies et remontée des eaux Présence de liquides inflammables et dangereux pour l'environnement Électricité Défaillance équipement Erreur humaine 	<p>Rupture de la digue du barrage</p> <p>Perte de confinement du réservoir</p> <p>Fuite de produit</p> <p>Incendie / explosion</p> <p>Électrocution</p> <p>Pollution du sol et des eaux.</p>	Zone de stockage des combustibles.
Transport des hydrocarbures	<ul style="list-style-type: none"> Citernes de livraison 	<ul style="list-style-type: none"> Liquides inflammables et dangereux pour l'environnement Circulation routière 	<p>Accident de circulation</p> <p>Fuite de produit</p> <p>Incendie</p> <p>Pollution du sol</p>	Circulation
Campement minier	<ul style="list-style-type: none"> Logements du 	<ul style="list-style-type: none"> Électricité 	Incendie	Camp Boto

Éléments du procédé	Matériels, installations ou équipements	Facteurs de risques	Événement à redouter	Localisation
	personnel <ul style="list-style-type: none"> • Installations électriques • Véhicules • Bombonnes de gaz (Restaurant) 	<ul style="list-style-type: none"> • Matières combustibles • Fumeurs • Défaillance équipement • Erreur humaine. 		

7.2.2.2 Dangers liés aux procédés et aux équipements

L'exploitation de la Mine d'Or de Boto comportera des opérations de réception et de stockage d'explosifs, d'extraction du minerai et de traitement industriel du minerai. Ces opérations mettent en œuvre des équipements tels que les engins lourds (chariot élévateur, pelle mécanique, grappin, grue, etc.), et des installations industrielles dont certains présentent des risques d'accident. Le tableau 7.33 donne une idée des risques associés aux procédés, équipements de production et autres installations classées qui seront exploités dans ce projet de mine d'or.

7.2.2.3 Dangers associés aux Zones ATEX

Les zones ATEX sont des atmosphères explosives. Ce sont des zones présentant un risque d'explosion due à la présence de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs, de brouillards ou de poussières combustibles. Lorsqu'elles sont mélangées avec l'air, les substances inflammables ou combustibles sont considérées comme pouvant donner lieu à la formation d'une atmosphère explosive. Les zones ATEX sont classées¹ en fonction de la nature, de la fréquence ou de la durée de présence d'une atmosphère explosive (tableau 7.34).

Tableau 7.34 Classification des zones ATEX

Fréquence Durée Nature	En permanence, ou pendant de longues périodes ou fréquemment	Présence occasionnelle en fonctionnement normal	N'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou présence de courte durée
Substances inflammables (gaz, vapeurs ou brouillards)	Zone 0	Zone 1	Zone 2
Poussières combustibles (nuage)	Zone 20	Zone 21	Zone 22

En considérant le classement des zones ATEX définies dans le tableau 7.35, on peut distinguer deux zones ATEX dans ce projet de mine à ciel ouvert de Boto :

- ZONE 2 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée. Cette zone correspond :
 - Au secteur de stockage des hydrocarbures (fioul-oil et gasoil) et,
 - À l'entrepôt des réactifs (la soude caustique ou le nitrate de sodium peuvent libérer des gaz inflammables suite à un contact avec d'agents incompatibles)

7.2.3 Identification des cibles potentielles

Les installations du projet de mine d'or à ciel ouvert d'AGEM sont dans la limite du permis exclusif de Boto. Les villages les plus proches des installations à risques industriels majeurs sont Guémedji, Kouloumindé et Fadougou.

Les cours d'eau permanents susceptibles d'être fréquentés par les populations de ces villages sont les rivières de Balinko et de la Falémé.

Les distances entre ces cibles potentielles et les infrastructures du projet sont consignées dans le tableau 7.35 et à la carte 7.1.

¹ Source : Arrêté français du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive

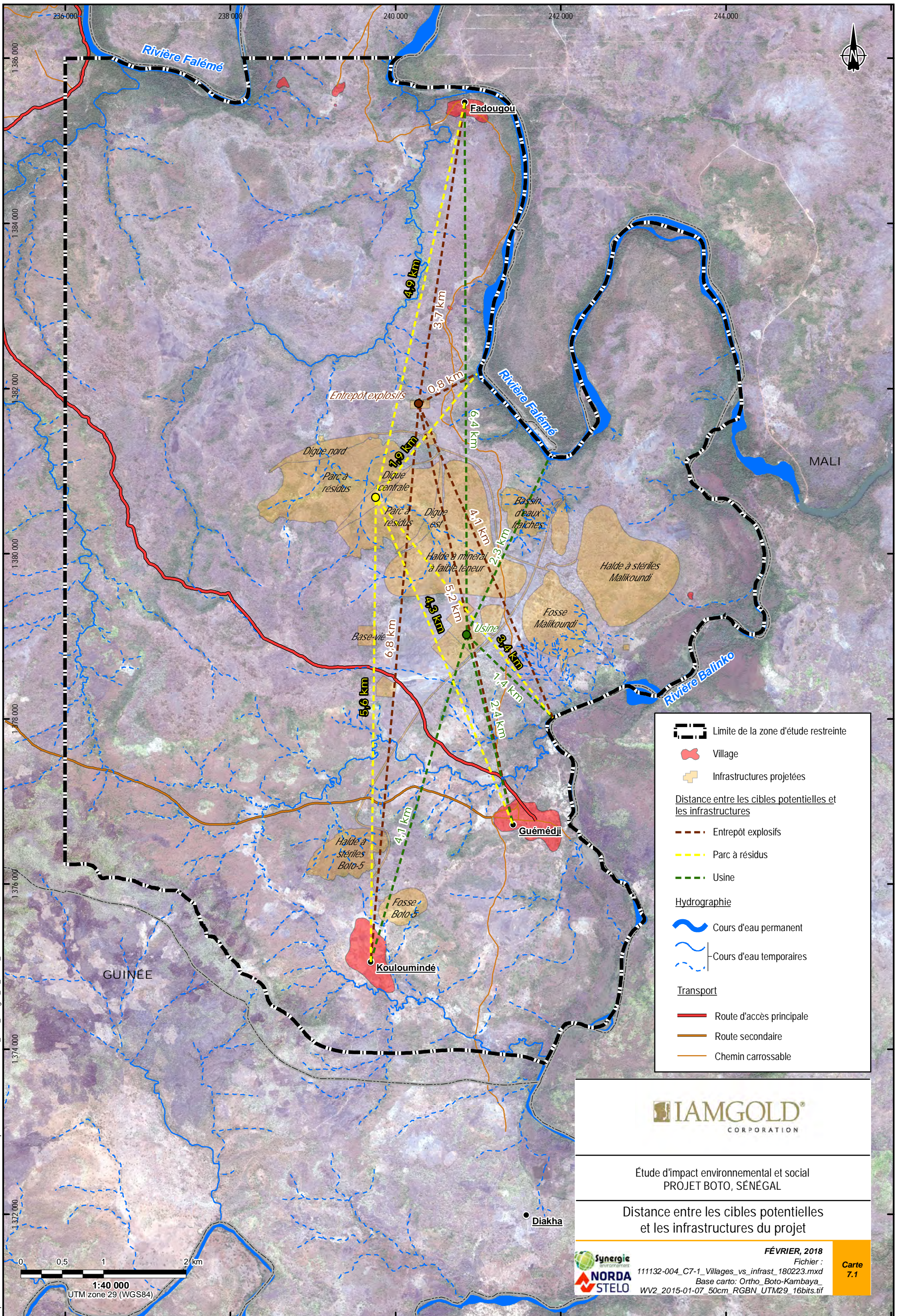
Tableau 7.35 Distances entre ces cibles potentielles et les infrastructures du projet

Cibles potentielles	Installation à risques majeurs du projet			
	Usine de traitement	Dépôt d'explosifs	Parc à résidus	Mine (*)
Village de Guémedji	2,4 km	5,2 km	4,3 km	1,4 km
Village de Kouloumindé	4,1 km	6,8 km	5,6 km	0,5 km
Village de Fadougou	6,4 km	3,7 km	4,9 km	3,7 km
Rivière Balinko	1,4 km	4,1 km	3,4 km	0,4 km
Rivière Falémé	2,3 km	0,8 km	1,9 km	0,5 km

N. B. Les distances entre la mine et les zones sensibles peuvent être variables en fonction des résultats d'exploration, mais elles devraient toujours être supérieures à 500. () : correspond à la distance entre la cible potentielle et l'installation minière la plus près.*

Les voies de circulation reliant les sites du projet sont réglementées. En plus, l'analyse de la carte d'occupation des sols montre que les voies de circulation empruntées par les véhicules transportant des matières dangereuses ne traversent pas les villages de la zone d'étude restreinte.

En conclusion, on peut considérer qu'il n'y a pas d'éléments sensibles (ou cibles potentielles) aux alentours immédiats (moins de 500 m) des installations du projet (usine, dépôt d'explosifs, parc à résidus et mine), mis à part le personnel d'exploitation.



Limite de la zone d'étude restreinte

Village

Infrastructures projetées

Distance entre les cibles potentielles et les infrastructures

- Entrepôt explosifs
- Parc à résidus
- Usine

Hydrographie

- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau temporaires

Transport

- Route d'accès principale
- Route secondaire
- Chemin carrossable

IAMGOLD
CORPORATION

Étude d'impact environnemental et social
PROJET BOTO, SÉNÉGAL

Distance entre les cibles potentielles
et les infrastructures du projet

FÉVRIER, 2018
Fichier : 111132-004_C7-1_Villages_vs_infrast_180223.mxd
Base carto: Ortho_Boto-Kambaya_WV2_2015-01-07_50cm_RGBN_UTM29_16bits.tif

Synergie
environnement
NORDA
STELO

Diakha

0 0,5 1 2 km
1:40 000
UTM zone 29 (WGS84)

Carte 7.1

Emplacement: P:\111132-004\200-CONTENU\26-Geomatique\Donnees\WXD\111132-004_C7-1_Villages_vs_infrast_180223.mxd

7.3 Accidentologie et retour d'expérience

7.3.1 Préambule

L'étude de l'accidentologie est souvent très riche en enseignement et permet d'étayer l'analyse des risques. Elle consiste à une revue des accidents déjà survenus dans des installations analogues (mettant en œuvre les mêmes produits, les mêmes procédés et/ou les mêmes installations) que ceux du projet. Elle permet d'identifier les circonstances dans lesquelles ces accidents sont survenus et fournit notamment de nombreuses informations sur :

- La nature des événements pouvant conduire à la libération de potentiels de dangers;
- Les conséquences potentielles d'un événement redouté;
- La pertinence des barrières de sécurité qui peuvent prévenir, détecter ou contrôler l'apparition d'un phénomène dangereux ou en réduire les conséquences.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des accidents concernant l'activité minière a été réalisée à partir des éléments disponibles sur la base de données ARIA du Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles (BARPI), rattaché au Service de l'Environnement industriel du Ministère Français de l'Écologie et du Développement Durable.

7.3.2 Accidents survenus sur les installations analogues au niveau international

Cette recherche sur l'accidentologie concernant l'activité minière a été limitée dans l'intervalle des vingt dernières années (1994-2015). Dans la mesure où l'activité minière regroupe en son sein plusieurs sous-activités ou installations, la recherche d'accident a été basée sur les termes suivants :

- Préparation et utilisation des explosifs;
- Traitement des minerais;
- Digue de rétention des résidus de lixiviation;
- Barrage d'eau.

L'exploitation minière et celle des carrières ayant pour la plupart les mêmes installations (convoyeurs, concasseurs, broyeurs, explosifs), l'accidentologie concernant les carrières a également été pris en compte.

Un nombre assez important d'accidents a été recensé, toutefois, seuls les plus instructifs donnant des enseignements sur les risques liés à l'activité minière, ont été retenus pour cette étude.

Les résultats de la recherche sont donnés dans le tableau 7.36.

Tableau 7.36 Liste des accidents survenus sur des installations similaires au niveau international (liste non exhaustive, 30 cas étudiés de 1994 à 2015)

N°	Lieu et année	Événement dangereux	Produit/Equipements impliqués	Installations impliqués	Causes	Pertes humaines estimées
1	N° 47369 - 05/11/2015 - Bento Rodrigues (Brésil)	Rejet matières dangereuses/polluantes	Déchets minerais de fer	Bassin de rétention	Défaillance matérielle (insuffisance contrôle)	19 morts, 50 blessés et dégâts écologiques
2	N° 46802 - 06/08/2015 - Silverton (Etats-Unis)	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de métaux lourds (Pb, Cu, arsenic)	Bassin de rétention	Erreur humaine	Pas de victime
3	N° 45640 - 06/08/2014 - Mexique - 00 - NC	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de métaux lourds et d'acides.	Bassin de rétention	Fortes pluies selon l'exploitant.	Pas de victime
4	N° 45268 - 13/05/2014 - Turquie - 00 - NC	Explosion	Transformateur électrique	Mine	Inconnues	282 morts et 80 blessés.
5	N° 45256 - 06/05/2014 - France - 988 - MONT-DORE	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de métaux lourds et d'acides.	Canalisation effluents	Erreur humaine (dépose d'une vanne sur le circuit)	Dégâts écologiques (milliers poissons tués)
6	N° 45194 - 15/04/2014 - France - 83 - Saint-Raphael	Collusion engin et véhicule	Engins lourds (chargeur)	Carrière	Erreur humaine (marche arrière sans regarder)	Pas de victime
7	N°40682- 02/08/2011 Espira-De-L'Agly (France)	Chute d'engins	Engin lourd (chargeur)	Carrière	Inconnues	1 blessé
8	N°39776 -17/12/2010 Ningxiang (Chine)	Explosion	Explosifs (amorces)	Transport explosif / Câble électrique	Accident circulation (camion heurte poteau)	9 morts et 9 blessés.
9	N°38678 04/05/2010 Tessy-Sur-Vire (France)	Chute d'engins	Engin lourd (pelle mécanique)	Carrière	Glissement de terrain	1 mort
10	N°36208 - 23/04/2009 Salsigne (France)	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de métaux lourds et cyanures.	Bassin de rétention	Fortes pluies	Pollution
11	N°34326 - 29/02/2008 Hoerdt (France)	Incendie	Convoyeur	Manutention minerais	Erreur humaine (Travaux de soudure)	Pas de victime
12	N°31865 17/06/2006 Dangtu (Chine)	Explosion	Explosifs	Fabrication d'explosifs	Substances chimiques seraient embrasées.	14 morts et 30 blessés
13	N°31750 - 30/04/2006 Miliang (Chine)	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de cyanures	Bassin rétention	Défaillance matérielle (rupture digue)	17 morts.
14	N°29743 - 28/04/2005 Chastreix (France)	Incendie	Convoyeur	Manutention minerais	Inconnues	Pas de victime, dégâts
15	N°29698 - 20/04/2005 (Zambie)	Explosion	Explosifs	Fabrication d'explosifs	Erreur humaine (non respect de consignes)	50 morts.

N°	Lieu et année	Événement dangereux	Produit/Équipements impliqués	Installations impliqués	Causes	Pertes humaines estimées
16	N°27014 28/04/2004 Mouen (France)	Incendie	Convoyeur	Manutention minerais	Inconnues	Pas de victime, ni dégâts
17	N°27983 11/03/2004 Lesgor (France)	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de cyanures	Bassin rétention effluents	Erreur humaine	Pollution
18	N°24150 08/02/2003 Damavand (Iran)	Explosion	Explosifs	Carrière (Forage, dynamitage)	Défaillance matérielle (Fonctionnement prématuré d'un détonateur)	3 blessés graves
19	N°23945 22/01/2003 Saint-Paulien (France)	Explosion	Explosifs	Dépôt explosif (chargement)	Erreur humaine (chargement des explosifs)	3 à 4 blessés
20	N°22581 28/03/2002 Marrakech (Maroc)	Incendie	Liquide inflammable	Réservoirs de stockage	Foudre	Pas de victime
21	N°21015 16/08/2001 Katpadi (Inde)	Explosion	Explosifs	Fabrication d'explosifs	Feu intempestif	27 morts, 3 blessés
22	N°20589 -19/05/2001 Yemen- AL-BAYDA	Explosion	Explosifs (dynamite)	Dépôt d'explosifs	Auto combustion	15 morts et 16 blessés.
23	N° 18268 05/08/1998 Walden (Canada)	Explosion	Explosifs (ANFO)	Transport d'explosifs	Inconnues	Pas de victime, dégâts matériels.
24	N°17793 24/05/2000 Carthage (Etats-Unis)	Explosion	Explosifs (dynamite)	Fabrication d'explosifs	Inconnues	Quelques blessés légers.
25	N°17265 30/01/2000 Baia Mare (Roumanie)	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de métaux lourds et cyanures.	Bassin de décantation	Fortes pluies et défaut de conception	1200 T de poissons morts millier cadavres d'animaux
26	N°16843 27/07/1999 Chongqing (Chine)	Explosion	Explosifs (amorces)	Transport d'explosifs	Inconnues	15 morts et 48 blessés.
27	N°15441 - 26/12/1998 Chine	Explosion	Explosifs (amorces)	Transport d'explosifs	Collusion de véhicules	18 morts et 60 blessés.
28	N°13862 25/09/1998 Rancogne France	Incendie	Convoyeur	Manutention minerais	Échauffement	Pas de victime
29	N° 12831 - 25/04/1998 Aznalcollar (Espagne)	Rejet matières dangereuses/polluantes	Eau chargée de métaux lourds et acides	Bassin de rétention	Rupture digue suite glissement de terrain.	30 T de poissons morts, dizaines milliers d'oiseaux
30	N°5235 09/05/1994 L'Isle-D'Abeau (France)	Explosion	Explosifs	Carrière (tir de mine)	Inconnues	1 blessé grave et 03 blessés légers.

7.3.3 Analyse des résultats de la recherche accidentologique

Nature des événements dangereux : En référant à cette liste (non exhaustive) d'événements consignés dans le tableau de nos résultats de recherche sur l'accidentologie, on constate que les événements dangereux qui surviennent souvent dans les unités extractives de minerai sont, par ordre d'importance, les explosions impliquant le plus souvent des explosifs sensibilisés (43 %), les pollutions suite à des rejets de matières dangereuses contenues dans les eaux de procédé (30 %), les incendies impliquant surtout les circuits de manutention (17 %), les chutes ou collisions d'engins lourds (10 %) et éventuellement d'autres cas isolés (figure 7.3).

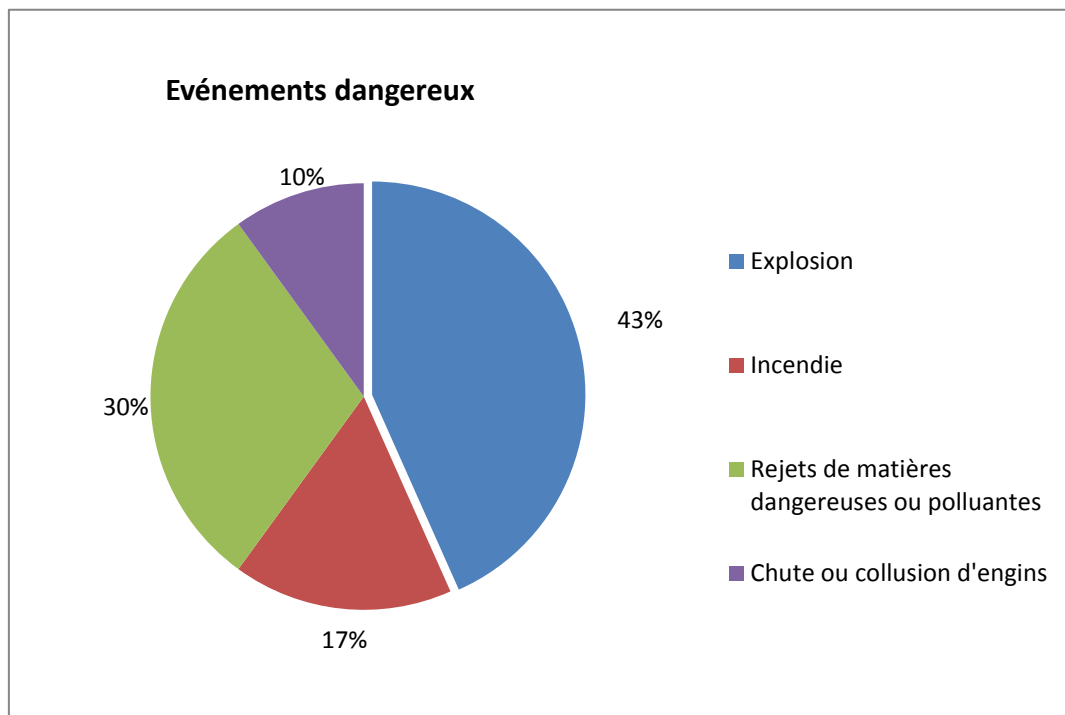


Figure 7.3 Les événements dangereux

Les produits et équipements impliqués : Ces événements dangereux (accidents) impliquent surtout les explosifs sensibilisés (40 %) des cas et les effluents chargés de matières dangereuses (30 %) (figure 7.4).

L'accidentologie montre aussi que les convoyeurs et les engins lourds sont également impliqués dans une moindre mesure dans les accidents survenus au niveau des unités extractives de minerai, respectivement 14 % et 10 % des cas.

Les hydrocarbures (fioul-oil, gasoil), bien que possédant une propriété inflammable ou combustible, contribuent pour 3 % aux accidents dans ce secteur d'activité. Ils méritent néanmoins, une gestion sérieuse du fait des conséquences dramatiques que pourraient occasionner les accidents dont ils sont impliqués.

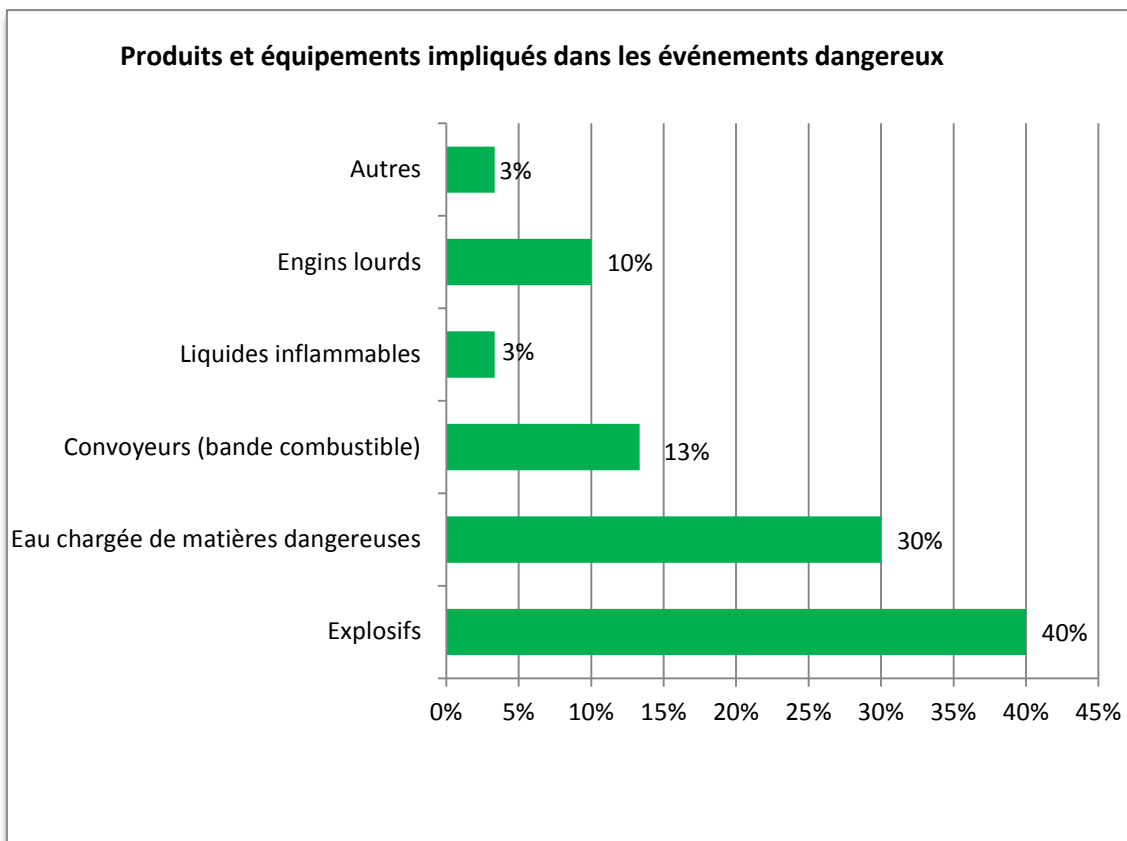


Figure 7.4 Produits et équipements impliqués dans les accidents

Les installations impliquées : La figure 7.5 montre que les bassins de rétention des eaux résiduelles de procédé (30 % des cas), et les carrières (20 %) sont les installations les plus impliquées dans les accidents. Les installations impliquant les explosifs totalisent 33 % des cas d'accidents répartis entre les unités de fabrication (13 %), les dépôts d'explosifs (7 %) et le transport (13 %). Les circuits de manutention du minéral (convoyeurs à bande) sont également sources d'accidents avec 13 % des cas. Quelques rares cas ont été notés, impliquant les réservoirs de stockage d'hydrocarbures (3 %).

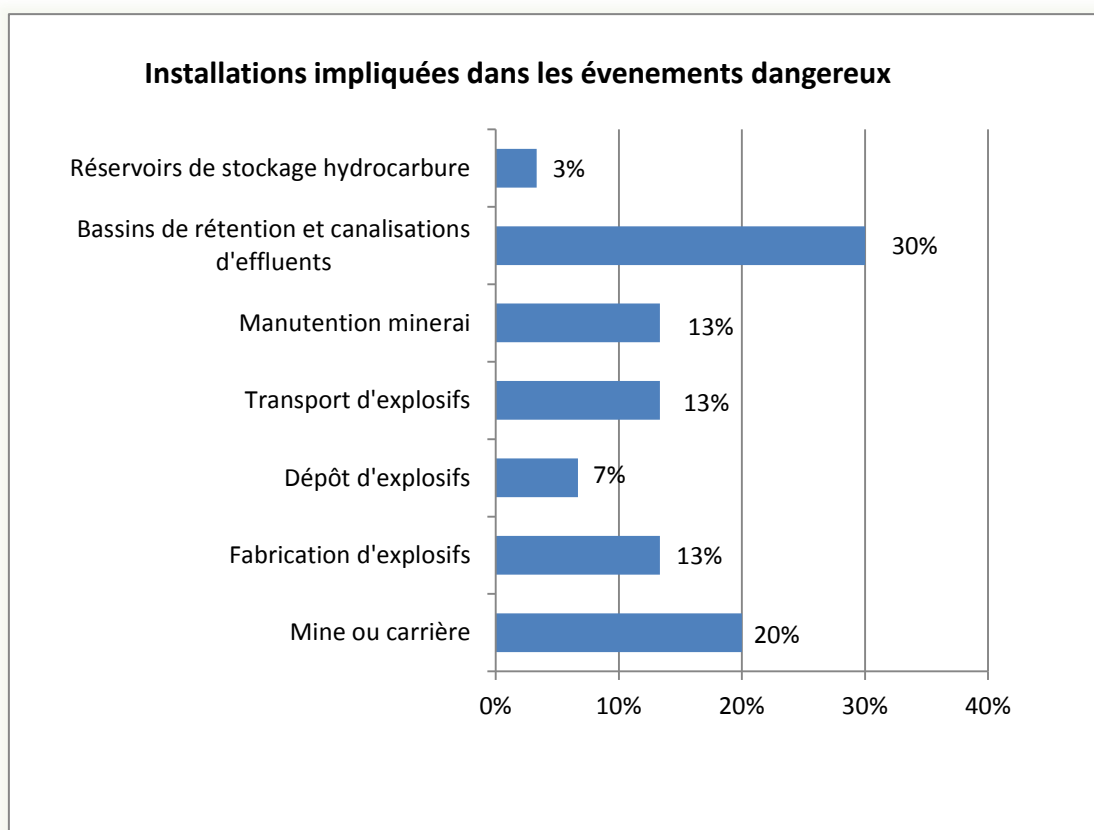


Figure 7.5 Installations impliquées dans les accidents

Les causes des événements dangereux : L'analyse des accidents passés montre que les causes précises ne sont pas toujours connues (27 % des cas) (figure 7.6). Cependant, pour certains accidents, les enquêtes ont montré que les erreurs humaines (23 %) sont les causes des accidents les plus rencontrées, suivies des causes naturelles telles que les fortes pluies, les glissements de terrain ou la foudre (20 %). Il est alors important d'établir des instructions et consignes de travail et sensibiliser le personnel sur ces méthodes de travail. Il est aussi nécessaire de protéger le site par un bon dimensionnement des canalisations d'évacuation des eaux de pluie, la mise en place de parafoudres et de systèmes de mise à terre des installations fixes.

Par ailleurs, d'autres causes d'accidents sont notées dans ce secteur d'activité. Il s'agit des échauffements par frottement et les autocombustions, responsables de 13 % des accidents. Les défaillances matérielles contribuent pour 10 % des cas et, enfin, les causes liées à la circulation des engins et des véhicules sont de 7 %.

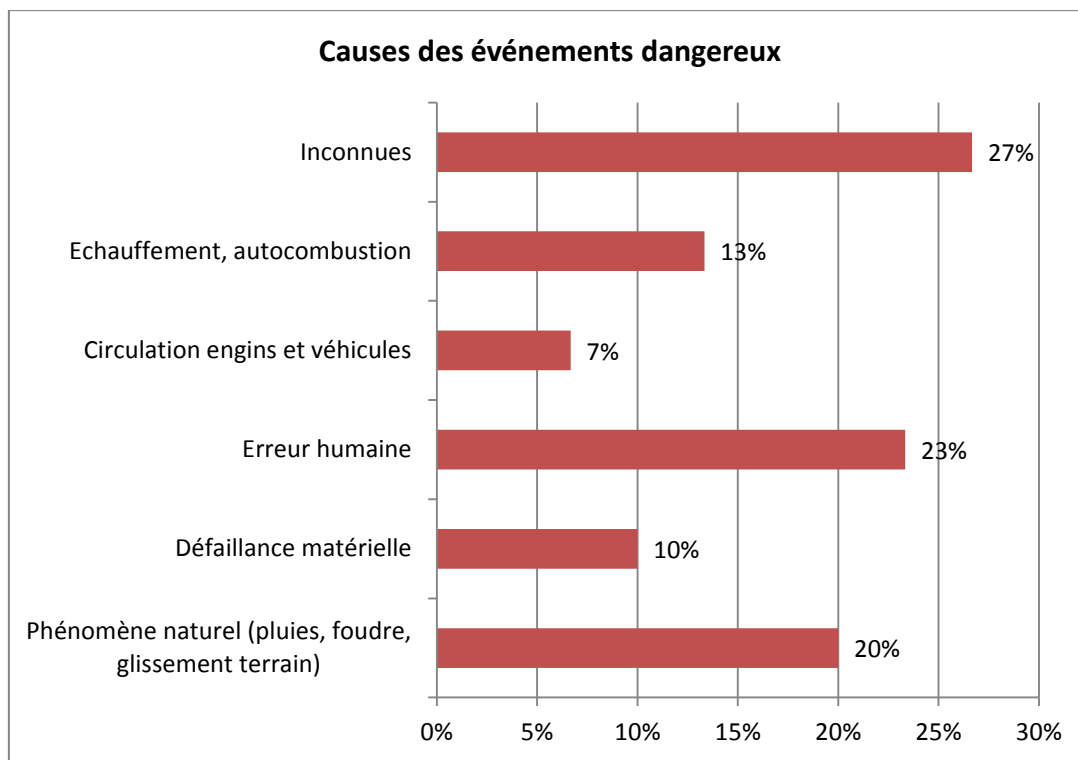


Figure 7.6 Causes des accidents

Gravité des événements dangereux : La gravité des accidents est certes mesurée par l'ampleur des conséquences sur le personnel occasionnées, mais également les conséquences sur l'environnement sont des éléments très importants sur lesquels on se base pour juger de la gravité d'un accident.

La figure 7.7 montre que 37 % des accidents ont entraîné la mort d'homme, 17 % ont entraîné des blessés, 23 % ont occasionné des catastrophes écologiques et 23 % n'ont pas provoqué de victimes ni de conséquences significatives sur l'environnement.

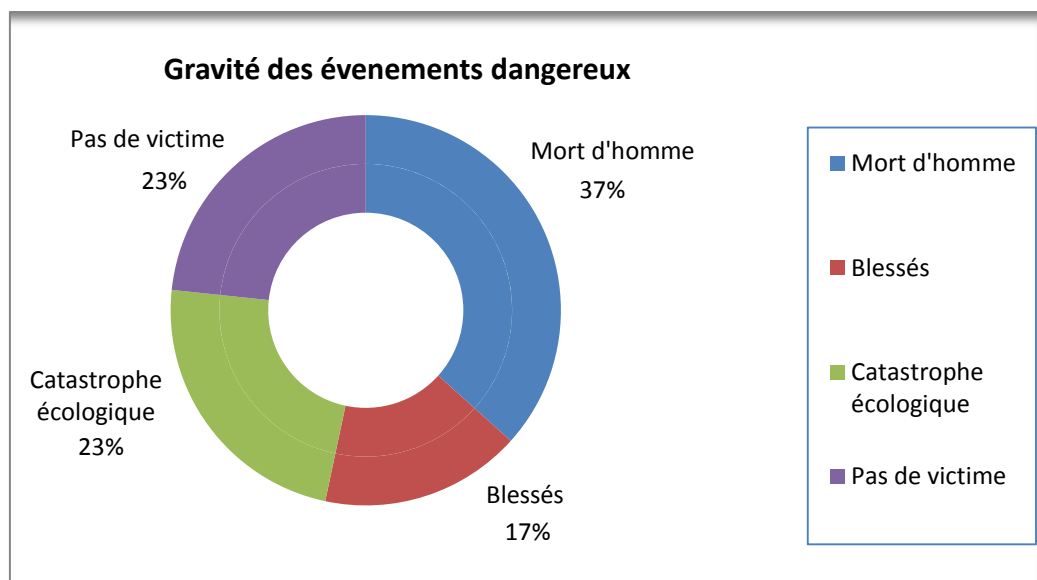


Figure 7.7 Conséquences des accidents

7.3.4 Conclusion

L'analyse des accidents passés survenus dans des unités analogues montre que les sinistres fréquemment rencontrés dans les installations d'extraction minières sont les explosions (43 %) impliquant les explosifs et accessoires (booster d'amorçage et détonateurs) et les pollutions (30 %) liées à des rejets de matières dangereuses (cyanures, acides et métaux lourds) suite à des débordements ou la rupture des digues de rétention.

Les explosions ont souvent lieu dans les dépôts d'explosifs, lors leur transport vers la mine ou lors de leur manipulation dans la carrière.

Les ruptures de digue des bassins de rétention sont généralement causées par des phénomènes naturels (fortes précipitations) et par quelques rares défauts de construction. En plus des dégâts humains occasionnés, elles sont généralement à l'origine de graves catastrophes écologiques.

La prévention de tels événements passe donc par une analyse exhaustive des risques de chaque zone de la mine à ciel ouvert et de l'usine de traitement du minerai.

7.4 Étude préliminaire des risques

7.4.1 Préambule

Après l'identification des potentiels de danger liés au projet d'une part, et le retour d'expérience issu de l'accidentologie d'autre part, l'étude préliminaire des risques (ou analyse des risques) s'attache à passer en revue et de manière exhaustive, chaque événement dangereux potentiellement associé au projet d'exploitation de la Mine d'Or de Boto.

Comme énoncé dans le chapitre méthodologie, l'étude préliminaire des risques permet de déterminer les causes et conséquences de chacun des événements redoutés puis d'exposer les mesures de sécurité (mesures de prévention, de protection et d'intervention) mises en place (ou prévues) sur une installation ou équipement. S'il arrive que les mesures de sécurité en place soient insuffisantes par rapport au niveau de risque, des mesures complémentaires seront proposées.

Elle permet aussi d'infirmer ou de confirmer la nécessité de réaliser, pour un événement redouté, une étude détaillée des scénarios d'accident majeur. Ceci, par l'intermédiaire d'une cotation permettant d'apprécier le niveau de risque initial et résiduel des scénarios d'accident. Ceux qui auront un niveau risque résiduel non acceptable feront l'objet d'une étude beaucoup plus détaillée (chapitre suivant) pour mieux appréhender les conséquences.

7.4.2 Découpage en zone

Afin de faciliter la réalisation et la compréhension de l'analyse préliminaire des risques, le projet minier de Boto Gold a été découpé en plusieurs zones d'activités (tableau 7.37). Pour chaque zone, l'analyse portera sur les installations, équipements et/ou substances présentant des dangers potentiels.

Pour chaque zone, on définira des événements redoutés, on présentera leurs causes et conséquences, on définira des mesures de prévention et de protection prévues ou à mettre en place et enfin évaluera les risques associés de manière qualitative. La méthodologie d'évaluation qualitative des risques a été déjà présentée en introduction.

Tableau 7.3 Découpage en zones du site

ZONES		INSTALLATIONS / ACTIVITES
1	Stockage et transport des explosifs	<ul style="list-style-type: none"> - Dépôt d'explosifs (émulsions, détonateurs, booster d'amorçage) - Transport explosifs vers la mine
2	Mine	<ul style="list-style-type: none"> - Fosses à ciel ouvert (Boto 5, Malikoundi) - Manipulation des explosifs - Engins lourds (chargeuses, pelle mécaniques...) - Installations électriques (transformateurs, armoires, coffrets, câbles...)
3	Usine de traitement du minerai	<ul style="list-style-type: none"> - Convoyeurs de manutention du minerai - Circuit de cyanuration - Circuit d'élution - Raffinerie de l'or - Entrepôt des réactifs - Dépotage des hydrocarbures - Réservoirs de fioul et de gasoil - Groupes électrogènes - Installations électriques (transformateurs, armoires, coffrets, câbles...)
4	Parc à résidus	<ul style="list-style-type: none"> - Digue de rétention des eaux résiduaires du procédé - Canalisation reliant l'usine au parc à résidus
5	Barrage d'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Barrage d'eau - Installations électriques (transformateurs, armoires, coffrets, câbles...)
6	Camp minier	<ul style="list-style-type: none"> - Transformateur électrique 11 Kv/400V - Gaz butane de cuisine
7	Route	<ul style="list-style-type: none"> - Transport de matières dangereuses (TMD)

7.4.3 Présentation des résultats

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau 7.38. Pour chaque événement redouté, il a été déterminé d'une part, les causes, les mesures de prévention et la probabilité d'occurrence et d'autre part, les conséquences, les moyens de maîtrise, la gravité en cas d'accident et en déduire les risques résiduels initiaux et finaux. L'estimation de la cinétique (C) de l'accident permet de caractériser, de manière qualitative, la vitesse à laquelle cet événement indésirable va se dérouler et de juger de la réactivité des mesures de protection prévues. Elle est représentée par une lettre R (rapide), M (modérée) ou L (lente). La méthodologie d'évaluation qualitative des risques est présentée à la section 7.1.

ZONE 1 : Stockage et transport des explosifs			Installations concernées : Dépôt d'explosifs (cartouches d'émulsion, booster d'amorçage, détonateurs) – Transport des explosifs vers la mine.								
N° /Événements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque Initial	Moyens de maîtrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
1.1. Explosion cartouche d'émulsion	<ul style="list-style-type: none"> – Influence mécanique (choc, écrasement, frottement, heurt) – Point chaud (feu, étincelle, mégot de cigarette, feu de brousse, autres sources d'inflammation.) – Fortes chaleur (température >50°C) – Contact une substance incompatible (alcalis, amines, acides forts, métaux alcalins, cuivre, zinc et les lessives) 	<ul style="list-style-type: none"> – Explosion et destruction de tout le stockage d'explosifs. – Emission d'une puissante et dangereuse onde de choc pouvant atteindre des personnes aux alentours. – Décès de personnes exposées aux effets de surpression et thermiques, 	2	5	10	<ul style="list-style-type: none"> – Interdiction formelle de fumer ou d'apporter une flamme nue – Pictogrammes de dangers affichés à la clôture et visible de loin – Produit manipulé par des spécialistes – Intérieur et alentour de la zone de stockage régulièrement dés herbés – Produit non confiné et non mélangé à aucune autre substance – Stockage séparé des détonateurs et amorces par une digue de 2m de hauteur – Stockage clôturé et surveillé par des gardiens. 	<ul style="list-style-type: none"> – Extincteurs prévus à proximité pour étouffer tout départ de feu ; – Alerte aux équipiers de première intervention en cas de feu de brousse dans la zone – Zone de stockage bien éloignée de toutes autres zones d'activités – Appel des secours et des urgences du département ou de la région en cas de nécessité – Déclenchement du POI 	1	5	5	R
1.2. Allumage des amorces au niveau du stockage	<ul style="list-style-type: none"> – Erreur humaine – Balle perdue (de chasseur) – Foudre – Acte de sabotage 	<ul style="list-style-type: none"> – Explosion et destruction du stockage d'amorces – Emission d'une onde de choc plus importante que celle qu'aurait provoqué l'explosion des détonateurs – Décès de personnes exposées aux effets thermiques et de surpression, 	3	5	15	<ul style="list-style-type: none"> – Interdiction formelle de fumer ou d'apporter une flamme nue – Engins manipulés par des spécialistes – Stockage selon les normes internationales ; – Mise à terre des containers de stockage – Stockage clôturé et surveillé par des agents de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> – Des extincteurs sont prévus à proximité pour étouffer tout départ de feu – Alerte aux équipiers de première intervention en cas de feu de brousse dans la zone, – Zone de stockage bien éloignée de toutes autres zones d'activités – Appel des secours et des urgences du département ou de la région en cas de nécessité – Déclenchement du POI 	2	5	10	R
1.3. Allumage des détonateurs au niveau du stockage		<ul style="list-style-type: none"> – Explosion et destruction du stockage de détonateurs – Emission d'une onde de choc 	3	4	12		<ul style="list-style-type: none"> – Appel des secours et des urgences du département ou de la région en cas de nécessité – Déclenchement du POI 	2	3	6	R

ZONE 1 : Stockage et au transport des explosifs			Installations concernées : Dépôt d'explosifs (cartouches d'émulsion, booster d'amorçage,détonateurs) – Transport des explosifs vers la mine.								
N° /Événements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maîtrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
1.4. Explosion d'une cargaison d'explosifs, de détonateurs ou d'amorces lors du transport vers la mine	<ul style="list-style-type: none"> – Accident du véhicule de transport et incendie, – Non respect des consignes de chargement, – Choc, friction – Stationnement à un endroit non sécurisé – Erreur humaine – Mégot de cigarette – Foudre 	<ul style="list-style-type: none"> – Explosion de la cargaison pouvant endommager le véhicule de transport et blesser (ou tuer) les occupants ou d'autres personnes à proximité. 	3	5	15	<ul style="list-style-type: none"> – Détonateurs et amorces protégés dans des caisses en bois – Pictogrammes de dangers affichés sur le véhicule – Inspection et maintenance régulière du véhicule – Interdiction de fumer à bord ou au voisinage – Réfection de route prévue – Conducteur formé au transport des TMD 	<ul style="list-style-type: none"> – Des extincteurs prévus dans le véhicule de transport pour étouffer tout départ de feu – Interdiction de transporter le personnel de la mine avec le véhicule des explosifs – Déclenchement du POI 	2	4	8	R

ZONE 2 : Mine			Installations ou Equipements concernés : Fosse à ciel ouvert – Explosifs – Engins lourds (chargeur, pelle mécanique...) – transformateur électrique 11 KV / 400 V								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maîtrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
2.1. Explosion dans la carrière lors de la préparation d'un tir et du chargement de l'explosif dans les forages	<ul style="list-style-type: none"> - Fonctionnement prématuré d'un détonateur - Un tir raté (l'explosif n'est pas amorcé et reste dans la mine) - Non respect des consignes de manipulation, - Influence mécanique (choc, écrasement, frottement, heurt) - Point chaud (feu, étincelle, mégot de cigarette, autres sources d'inflammation.) - Fortes chaleur (température >50°C) - Erreur humaine - Mégot de cigarette - Foudre 	<ul style="list-style-type: none"> - Explosion pouvant blesser (ou tuer) les opérateurs de dynamitage ou d'autres personnes à proximité. 	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Etablir des instructions et consignes de manipulation des explosifs, - Manipulation des explosifs par spécialistes. - Interdiction de fumer ou de générer du feu dans la zone de tir. - Entretien des installations électriques 	<ul style="list-style-type: none"> - Des extincteurs prévus dans le véhicule des agents de dynamitage pour étouffer tout départ de feu - Interdiction de toute personne non concernée par les opérations de s'approcher de la zone. - Déclenchement du POI 	2	3	6	R
2.2. Entrée d'eau dans la fosse	<ul style="list-style-type: none"> - Fortes pluies - Infiltration d'eau suite à des dommages à la roche résultant des sautages, à des failles dans la structure rocheuse présentant des conduits hydrauliques 	<ul style="list-style-type: none"> - Inondation de la fosse ; - Difficulté dans l'exploitation des minerais ; - Risque de noyade en cas de chute accidentelle d'un travailleur 	4	2	8	<ul style="list-style-type: none"> - Déviation de toutes les eaux autour du projet - Surveillance des effets des sautages sur la création de conduits hydrauliques; - Informations de la météo de la zone régulièrement recueillies auprès du bureau de Kédougou 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un dispositif de pompage des eaux de la fosse - Arrêt des travaux en cas de menace d'inondation 	2	1	2	L

ZONE 2 : Mine			Installations ou Equipements concernés : Fosse à ciel ouvert – Explosifs – Engins lourds (chargeur, pelle mécanique...) – transformateur électrique 11 KV / 400 V								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maitrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
2.3. Chute de rocs ou glissement de dépôts meubles le long des parois de la fosse	– Rocs ou dépôt meubles déstabilisés par les vibrations provoquées lors des sautages (dynamitage) ;	– Ecrasement de travailleurs au niveau des paliers inférieurs ; – Endommagement de chargeuse ou de camions	3	4	12	– Paliers horizontaux et verticaux dimensionnés pour assurer la stabilité de la pente de la fosse ; – Surveillance régulière des potentiels de glissements de terrains ou de rocs dans la fosse ;	– Plan d'urgence pour la mine avec moyens d'alerte et formation du personnel ; – Evacuation du personnel vers un lieu sûr à l'intérieur de la mine en cas de menace de chute de rocs ou de dépôt meubles	2	3	6	R
2.4. Renversement ou Chute d'engins lourds à partir des gradins de la fosse.	– Glissement de terrain, – Erreurs humaines ; – Fausse manœuvre	– Ecrasement de travailleurs au niveau des paliers inférieurs ; – Endommagement de chargeuse ou de camions – Blessures graves ou décès des opérateurs	3	4	12	– Paliers horizontaux et verticaux dimensionnés pour assurer la stabilité de la pente de la fosse ; – Surveillance régulière des potentiels de glissements de terrains ou de rocs dans la fosse ; – Conducteurs engins habilité	– Interdiction d'accès à la fosse au personnel non essentiel – Faire appel au service de secours ou d'urgence du département ou de la région en cas blessés graves – Déclenchement du POI	2	3	6	R
2.5. Projections de rocs lors du dynamitage.	– Charges d'explosifs trop importantes ; – Anomalies géologiques ;	– Endommagement d'équipements sur site ; – Blessures graves ou mortelles des opérateurs ou de personnes hors de la mine	3	3	9	– Respect des instructions de dynamitage, – Dynamitage réalisé par des spécialistes, – Procédures sautages incluant l'évacuation du personnel et la couverture d'un rayon de sécurité	– Plan d'urgence pour la mine avec moyens d'alerte et formation du personnel ; – Faire appel au service de secours ou d'urgence du département ou de la région en cas blessés graves	2	2	4	R

ZONE 2 : Mine			Installations ou Equipements concernés : Fosse à ciel ouvert – Explosifs – Engins lourds (chargeur, pelle mécanique...) – transformateur électrique 11 KV / 400 V								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maîtrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
2.6. Rupture d'une ligne HT arrivée transformateur électrique de la mine	<ul style="list-style-type: none"> - Vent violent, orage - Heurt d'un poteau support par un engin lourd, 	<ul style="list-style-type: none"> - Electrocutation, - Arrêt de production plus ou moins long 	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification régulière de la ligne HT - Surveillance régulière du fonctionnement des installations - Maintenance régulière des installations ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositifs contre les risques électriques : tabouret isolant, perche de sauvetage électrique, casque isolant ; gants isolants ; vêtement de travail en matière ignifugée ; chaussures de sécurité isolantes ; extincteur - Alerte de l'équipe de première intervention du site - Alerte des sapeurs-pompiers de Kédougou en cas de menace des installations par un feu de brousse 	2	3	6	M
2.7. Défaillance du transformateur électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Surtensions /surintensités d'origine externe au transformateur - Détérioration de l'isolation - Surcharge du transformateur et échauffement des conducteurs - Humidité - Foudre 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie pouvant consumer le transformateur, - Electrocutation - Arrêt temporaire de production 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance périodique - Procédure de remplacement de l'huile en place - Installation de paratonnerre 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositifs contre les risques électriques : tabouret isolant, perche de sauvetage électrique, casque isolant ; gants isolants ; vêtement de travail en matière ignifugée ; chaussures de sécurité isolantes ; extincteur 	1	3	3	M

ZONE 3 : Usine de traitement du minerai			Installations ou Equipements concernés : Convoyeurs, circuit de cyanuration, circuit d'élution, raffinerie de l'or, poste de dépotage des hydrocarbures, les réservoirs de stockage de fioul et de gasoil, groupes électrogènes, installations électriques.								
N° /Événements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maitrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
3.1. Ignition de courroie de convoyeurs à l'usine de traitement	<ul style="list-style-type: none"> - Echauffement excessif de la courroie en caoutchouc dû au frottement; - Travaux par point chaud à proximité du convoyeur - Court-circuit électrique - Feu de brousse dans la zone proche de l'usine - foudre - Acte de malveillance 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie au niveau du convoyeur ; - Possible propagation du feu dans l'usine, - Arrêt de production plus ou moins long 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> - Interdiction de fumer dans l'enceinte de l'usine - Mise en place de sondes de température - Mise en place de système de permis de feu pour les travaux par point chaud, - Maintenance régulière des installations ; - Désherbage régulière de toute la cours de l'usine ; - paratonnerre, - Ronde régulière des agents de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de détecteurs et d'alarme incendie sur le site - Mise en place d'extincteurs et de RIA appropriés en nombre suffisant ; - Equipements munis d'un système d'arrêt d'urgence ; - Alerte de l'équipe de première intervention du site et des sapeurs-pompiers de Kédougou en cas de menace des installations par un feu de brousse 	2	2	4	M
3.2. Fuite au niveau du circuit de cyanuration	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion du réservoir ou de la tuyauterie ; - Défaillance au niveau d'une vanne, - Choc de projectile, - Foudre, - Acte de malveillance, 	<ul style="list-style-type: none"> - Pollution du sol - Intoxication du personnel par émission de cyanure d'hydrogène gazeux - Arrêt de production plus ou moins long 	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Système de détection des gaz cyanhydriques - Inspection et maintenance préventive régulière de toutes les installations de l'usine en particulier le circuit de cyanuration - Paratonnerre, - Ronde régulière des agents de sécurité ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de détecteurs et d'alarme de gaz cyanhydrique - Confinement du personnel à un lieu à l'abri du vent en attendant l'arrêt de la fuite par le personnel formé à cet effet ; - Disposer d'appareils respiratoires isolant (ARI) - Faire appel aux services d'urgence du département ou de la région en cas blessés graves - Déclenchement de plan d'urgence 	2	3	6	M

ZONE 3 : Usine de traitement du minerai			Installations ou Equipements concernés : Convoyeurs, circuit de cyanuration, circuit d'élu­tion, raffinerie de l'or, entrepôt des réactifs, poste de dépotage des hydrocarbures, les réservoirs de stockage de fioul et de gasoil, groupes électrogènes, installations électriques.								
N° /Événements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maitrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
3.3. Fuite et projection d'acide chlorhydrique	<ul style="list-style-type: none"> – Corrosion ou dommages mécaniques (usure joints, brides, ...) – Défaillance au niveau d'une vanne, – Non respect du mode opératoire d'utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> – Brûlures graves d'un opérateur, – Contact avec le cyanure de sodium et formation de composés inflammables ou explosifs. 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> – Inspection et maintenance préventive régulière de toutes les installations de l'usine – Système de détection des gaz cyanhydriques 	<ul style="list-style-type: none"> – Port des EPI – Douche de sécurité 	1	3	3	R
3.4. Fuite et projection de soude caustique en solution	<ul style="list-style-type: none"> – Corrosion ou dommages mécaniques (usure joints, brides, ...) – Défaillance au niveau d'une vanne, – Non respect du mode opératoire d'utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> – Brûlures graves d'un opérateur, – Contact avec des métaux et formation d'hydrogène inflammables ou explosifs avec l'air. 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> – Inspection et maintenance préventive régulière de toutes les installations de l'usine 	<ul style="list-style-type: none"> – Port des EPI – Douche de sécurité 	1	3	3	R
3.5. Explosion au niveau du Four à induction de la raffinerie	<p>Contact eau/métal en fusion à la suite de :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Une fuite du circuit de refroidissement du four – Mauvais séchage de la lingotière 	<ul style="list-style-type: none"> – Propagation d'incendie dans le local, – Décès de personnes exposées aux effets thermiques et de surpression, – Brûlures graves, – Effet projectile – Pertes matérielles – Arrêt production 	3	5	15	<ul style="list-style-type: none"> – Etablir des procédures et consignes d'exploitation adaptées : (Ex : bien sécher la lingotière, bien trier la ferraille...) – Sensibiliser le personnel et les intervenants sur ces procédures, – Faire respecter les consignes, 	<ul style="list-style-type: none"> – Elaboration et implémentation d'un plan d'urgence. – Mettre en place des enceintes de confinement pour les opérateurs, – Port des EPI adaptés – Mettre en place des moyens de lutte contre l'incendie (extincteurs, réseau incendie avec des lances à mousse...) – Mettre une ligne téléphonique directe permettant d'appeler les sapeurs-pompiers en cas de besoin. 	2	5	10	R

ZONE 3 : Usine de traitement du minerai			Installations ou Equipements concernés : Convoyeurs, circuit de cyanuration, circuit d'élution, raffinerie de l'or, entrepôt des réactifs, poste de dépotage des hydrocarbures, les réservoirs de stockage de fioul et de gasoil, groupes électrogènes, installations électriques.								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maîtrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
3.6. Incendie de l'entrepôt de stockage des réactifs	<ul style="list-style-type: none"> - Court-circuit, - Infiltration d'eau et contact avec des réactifs (réaction exothermique) entraînant une élévation de température dans le local. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie de l'entrepôt - Emission de gaz toxiques provenant de la décomposition des réactifs 	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Bien séparer les réactifs stockés dans l'entrepôt, - Mise en place de sondes de température avec alarme de détection incendie - Contrôler et s'assurer de l'étanchéité de la toiture du magasin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de détecteurs et d'alarme incendie sur le site - Mise en place d'extincteurs et de RIA appropriés en nombre suffisant, - Disposer de masques à gaz et d'appareils respiratoires isolant (ARI) ; 	2	3	6	M
3.7. Déversement d'hydrocarbures au point de dépotage.	<ul style="list-style-type: none"> - Relâchement d'un flexible au dépotage dû à un mouvement du camion - Mauvais branchement du flexible par l'opérateur, - Fuite sur le flexible - Sur remplissage du réservoir 	<ul style="list-style-type: none"> - Epanchage d'hydrocarbures et pollution du sol - Feu de nappe en présence d'une source d'ignition - Feu de cuvette en présence d'une source d'ignition 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> - Etablir des procédures et consignes de dépotage des hydrocarbures, - Sensibiliser le personnel et les intervenants sur ces procédures, - Faire respecter les consignes, - Mettre un dispositif d'évacuation du trop-plein vers un puisard, - Mettre un dispositif d'indication de niveau et d'alarme de niveau haut - Immobilisation du camion renforcée par la mise sous cale, - Maintenance et inspections préventives et régulières des flexibles, - Surveillance continue du dépotage par un opérateur, - Interdire de fumer, de générer des étincelles ou des flammes nues dans la zone. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuvette de rétention avec un sol imperméable, - Des moyens de lutte contre l'incendie adaptés (extincteurs, bac à sable, réseau incendie avec des lances à mousse...) - Port des EPI adaptés (vêtements d'approche ignifuges, masques à gaz...) - Former les opérateurs à l'utilisation de ce matériel d'extinction 	2	2	4	R

ZONE 3 : Usine de traitement du minerai			Installations ou Equipements concernés : Convoyeurs, circuit de cyanuration, circuit d'élution, raffinerie de l'or, entrepôt des réactifs, poste de dépotage des hydrocarbures, les réservoirs de stockage de fioul et de gasoil, groupes électrogènes, installations électriques.								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maitrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
3.8. Perte de confinement d'un réservoir d'hydrocarbure (fioul-oil, gasoil)	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion du réservoir - Dommages mécaniques dus à des interventions sur le réservoir, - Foudre, choc de projectile, acte de malveillance 	<ul style="list-style-type: none"> - Epanchage des hydrocarbures sur le sol, - Possibilité d'un feu de cuvette en présence d'une source d'inflammation. - Feu de nappe en présence d'une source d'ignition - Propagation du rayonnement thermique réchauffement des réservoirs voisins, - Perte de combustibles 	3	5	12	<ul style="list-style-type: none"> - Etablir des procédures et consignes de réception et dépotage des hydrocarbures, - Sensibiliser le personnel et les intervenants sur ces procédures, - Faire respecter les consignes, - Inspection et maintenance préventives régulières des réservoirs et des équipements connexes, - Installer un paratonnerre sur le site, - Surveiller en permanence le stockage des hydrocarbures par un gardien. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuvette de rétention avec un sol imperméable, - Mettre en place des moyens de lutte contre l'incendie adaptés (extincteurs, bac à sable, réseau incendie avec des lances à mousse...) - Port des EPI adaptés (vêtements d'approche ignifuges, masques à gaz...) - Former les opérateurs à l'utilisation de ce matériel d'extinction 	2	5	10	M
3.9. Fuite de gasoil au niveau des lignes d'alimentation du groupe électrogène	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion ou dommages mécaniques (usure joints, brides, ...) - Surpression dans la ligne d'alimentation 	<ul style="list-style-type: none"> - Epanchage de gasoil sur des parties chaudes du groupe électrogène et sur le sol - Possibilité d'un feu de nappe touchant le groupe électrogène - Propagation du rayonnement thermique sur les installations proches ; - Arrêt de production 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection et maintenance régulières de toutes les installations - Pas manutention à proximité du groupe - Arrêt automatique du groupe en cas d'anomalie dans son fonctionnement 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs prévus dans la zone du groupe électrogène - Pas de produits inflammables à proximité des groupes - Déclenchement d'un plan d'urgence 	2	2	4	M

ZONE 3 : Usine de traitement du minerai			Installations ou Equipements concernés : Convoyeurs, circuit de cyanuration, circuit d'éluion, raffinerie de l'or, entrepôt des réactifs, poste de dépotage des hydrocarbures, les réservoirs de stockage de fioul et de gasoil, groupes électrogènes, installations électriques.								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maitrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
3.10 Surchauffe de moteur de compresseur	<ul style="list-style-type: none"> - Obstruction des ouvertures d'aération - Défaut de lubrification - Emplacement du compresseur dans un lieu non aéré - Décharge électrique à partir du cordon d'alimentation 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie du compresseur d'air, - Possibles inflammations des matières combustibles aux alentours. - Pertes matérielles - Arrêt des installations dépendant du compresseur 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> - Compresseurs installés dans un endroit aéré, éloigné de tout produit inflammable - Maintenance régulière des compresseurs par une personne habilitée - Compresseurs reliés à une prise de terre 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs prévus dans la zone des compresseurs - Les produits inflammables éloignés des compresseurs 	2	2	4	M
3.11 Perte de confinement de ballon de compresseur	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion de l'enveloppe du ballon - Surpression du ballon - Choc / projectiles 	<ul style="list-style-type: none"> - Explosion du ballon de compresseur - Emission d'une onde de surpression accompagnée de projectiles - Risque de blessure pour le personnel et possible atteinte à d'autres installations - Arrêt des installations dépendant du compresseur 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> - Purge régulière des condensats pour empêcher une corrosion interne du ballon - Accès à la zone des compresseurs limité - Pas de manutention à proximité 	<ul style="list-style-type: none"> - Accès à la zone des compresseurs relativement limité 	1	3	3	R
3.12 Défaillance du transformateur électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Surtensions /surintensités d'origine externe au transformateur - Détérioration de l'isolation - Surcharge du transformateur et échauffement des conducteurs - Humidité - Foudre 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie / Explosion - Pollution du sol - Arrêt temporaire de production - Electrocutation 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance périodique - Procédure de remplacement de l'huile en place - Installation de paratonnerre - Dispositifs contre les risques électriques : tabouret isolant, perche de sauvetage électrique, casque isolant ; gants isolants ; vêtement de travail en matière ignifugée ; chaussures de sécurité isolantes ; extincteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à poudre disponibles près du transformateur - Périmètre de sécurité avec accès limité au personnel qualifié 	1	3	3	R

ZONE 4: Digue de rétention des résidus			Installations ou Equipements concernés : Digue de rétention des eaux résiduaires du procédé - Canalisation reliant l'usine au parc à résidus.								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P F	G F	Niveau de risque initial	Moyens de maitrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
4.1. Rejets de matières dangereuses (cyanures, acides et métaux lourds) suite à une rupture d'une digue de rétention.	<ul style="list-style-type: none"> – Fortes pluies – Glissement de terrain, – Défauts de construction – Défaut d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> – Formation d'une brèche qui s'élargit plus ou moins rapidement libérant les résidus toxiques dans la nature – Pollution pouvant entrainer la mort de plusieurs espèces terrestres et aquatiques selon la concentration des résidus en produits toxiques – Pollution de la nappe phréatique 	3	5	15	<ul style="list-style-type: none"> – Le profil et le matériel de construction seront choisis de manière à garantir la stabilité de la digue et éviter son érosion – Les caractéristiques de matériel de construction seront obtenues après un test géotechnique en laboratoire des échantillons du site – Renforcement régulier de la digue – Mise en place d'une couche de fondation offrant un degré d'anchéité suffisant pour protéger les eaux souterraines contre l'infiltration des eaux contaminées 	<ul style="list-style-type: none"> – Un déversoir d'urgence est inclus dans la conception pour pallier tout débordement de la digue. – Alerte à l'équipe d'intervention et mobilisation des pelles mécaniques pour réparer la brèche – Piézomètres prévus au niveau de la digue pour le contrôle de l'éventuelle infiltration de résidus toxiques. 	2	3	6	M
ZONE 5: Barrage d'eau			Installations ou Equipements concernés : Barrage d'eau – Transformateur électrique								
5.1. Rupture de la digue du barrage d'eau	<ul style="list-style-type: none"> – Fortes pluies – Glissement de terrain – Défauts de construction – Présence de galeries à travers la digue de barrage – Défaut d'entretien, 	<ul style="list-style-type: none"> – Formation d'une brèche qui s'élargit plus ou moins rapidement libérant l'eau – Formation d'une vague d'eau le long du lit de la rivière – Mort de certaines espèces par effet de surprise – Perte d'eau de procédé pour l'usine de traitement des minerais d'or : Probable arrêt production. 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> – Surveillance et inspection régulière du barrage pour déceler le moindre défaut – Renforcement régulier de la digue 	<ul style="list-style-type: none"> – Alerte à l'équipe d'intervention et mobilisation des pelles mécaniques pour réparer la brèche – Un exutoire est prévu dans la conception pour pallier tout débordement de la digue. 	2	2	4	M

ZONE 6: Camp minier			Installations ou Equipements concernés : Transformateur électrique, dortoirs, gaz de cuisine								
N° /Evénements redoutés	Causes	Conséquences	P F	G F	Niveau de risque initial	Moyens de maitrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
6.1. Défaillance du transformateur électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Surtensions /surtintensités d'origine externe au transformateur - Détérioration de l'isolation - Surcharge du transformateur et échauffement des conducteurs - Humidité - Foudre 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie pouvant consumer le transformateur, - Electrocuton - Arrêt temporaire de production 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance périodique - Procédure de remplacement de l'huile en place - Installation de paratonnerre 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositifs contre les risques électriques : tabouret isolant, perche de sauvetage électrique, casque isolant ; gants isolants ; vêtement de travail en matière ignifugée ; chaussures de sécurité isolantes ; extincteur 	1	3	3	M
6.2. Explosion de bouteille de gaz	<ul style="list-style-type: none"> - Bouteille prise dans un incendie dans la cuisine - Corrosion interne de la bouteille - foudre 	<ul style="list-style-type: none"> - Effets missile des débris de la bouteille - Blessures graves ou mortelles pour toute personne atteinte ; 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> - Bouteilles de gaz bien scellées à l'extérieur de la cuisine pour éviter toute atteinte en cas d'incendie - Interdiction formelle de fumer à proximité de la zone d'implantation des bouteilles de gaz, - Interdiction de mettre un autre foyer de combustion à proximité de la bombonne. 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'extincteur et d'un RIA à l'entrée de la cuisine - Camp protégé par un paratonnerre - Déclenchement du POI 	1	3	3	R
6.3. Incendie d'un dortoir	<ul style="list-style-type: none"> - Court-circuit - Feu (bougie, mégot cigarette...) sur matière combustible (matelas, rideaux, habits...) - foudre 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie qui se propage dans le campement - Brulures graves ou mortelles pour toute personne atteinte; 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibiliser les occupants sur les risques incendie, - Formation à l'utilisation des extincteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'extincteur dans les couloirs des dortoirs - Camp protégé par un paratonnerre - Alerte à l'équipe d'intervention de l'usine - Déclenchement du POI 	1	3	3	

ZONE 7: Route			Activités concernées : Transport des matières dangereuses (TMD)								
N° /Événements redoutés	Causes	Conséquences	P I	G I	Niveau de risque initial	Moyens de maîtrise		P F	G F	Risque Final	Cinétique
						Mesures de prévention	Mesures de protection et d'intervention				
7.1. Accident de véhicule transportant une matière dangereuse	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur humaine du conducteur ou d'un autre automobiliste - Problèmes mécaniques du véhicule - Mauvais état de la route - Mauvaises conditions météorologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Déversement du produit dangereux - Pollution plus ou moins importante du sol selon l'état physique du produit et de la quantité transportée - Possibilité d'incendie pour les produits inflammables comme le gasoil - Blessure ou décès du conducteur 	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Etablissement et mise en œuvre d'un « Trafic Management Plan » - Formation des conducteurs et respect des procédures de transport de matière dangereuse - Inspection et maintenance préventive des véhicules destinés au TMD - Aménagement de bonnes routes pour une circulation sécurisée des véhicules 	<ul style="list-style-type: none"> - Alerter l'équipe d'intervention d'urgence du site - Déterminer la nature du produit, les conséquences - Faire appel aux services de secours et d'urgence du Département ou de la région - Contacter le fournisseur pour obtenir des conseils sur la façon de traiter le déversement - Déclenchement du plan d'urgence (POI) 	2	3	6	R

TABLEAU 7. 38 : Résultats de l'analyse préliminaire des risques par zone

7.4.4 Synthèse de l'analyse des risques

Les résultats de l'analyse des risques liés au projet d'exploitation de la Mine d'Or de Boto permettent de conclure que trois (3) événements redoutés sont jugés inacceptables eu égard à leur risque résiduel élevé malgré les mesures de prévention, de protection et d'intervention. Ces événements peuvent avoir lieu et pourront aboutir à trois (3) accidents majeurs d'où l'intérêt de les étudier en détail. Les scénarios sont décrits au tableau 7.39. Par la suite, seules les conséquences des scénarios retenus dans le tableau 7.38 seront analysées en détail de manière quantitative par le calcul des distances d'effets.

Tableau 7.39 Scénarios d'accidents retenus

Référence dans le tableau d'analyse des risques	Scénarios majorants	Commentaires
1,2	Explosion du stockage des amorces	Les effets de surpression seront considérés dans les simulations
3,5	Explosion au niveau du four à induction suite à un contact eau/métal en fusion	Les effets de surpression seront considérés dans les simulations
3,8	Feu de cuvette d'un réservoir de 500 m ³ de gasoil	Les effets thermiques seront considérés dans les simulations

7.5 Étude détaillée des risques

7.5.1 Préambule

Dans ce chapitre, il sera procédé à :

- La caractérisation de l'intensité des effets associés aux phénomènes dangereux considérés pour chaque scénario retenu, en ne prenant pas en compte les barrières de sécurité en place ou prévues. Ce qui nécessitera la manipulation de modèles physiques et mathématiques;
- L'évaluation quantitative de la probabilité et la gravité des scénarios d'accidents dont les effets sont désastreux et observés hors des limites de propriété du site.

Pour rappel, les différents scénarios retenus suite à l'étude préliminaire des risques sont :

- Scénario n° 1 : Explosion du stockage des amorces;
- Scénario n° 2 : Explosion au niveau du four suite contact eau/métal liquide en fusion;
- Scénario n° 3 : feu de cuvette du réservoir de 500 m³ de gasoil.

7.5.2 Méthodes de quantification des effets

Les modèles de calcul utilisés pour déterminer les distances d'effet de même que les hypothèses posées figurent en annexes. Les seuils d'effets thermiques ou de surpression ont été définis à la section 7.1

7.5.2.1 Cas particulier de stockage d'engins explosifs

Pour évaluer les effets liés à l'explosion d'engins explosifs, l'Arrêté français du 20 avril 2007 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques a été utilisé comme référence.

Selon l'article 11 de cet arrêté, toute charge de produits explosifs peut être l'origine de cinq zones d'effets, classées selon les conséquences potentielles qu'elles présentent pour les personnes et pour les biens. Ces différentes zones sont reprises dans le tableau 7.40.

Tableau 7.40 Zones d'effets de charge de produits explosifs

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Conséquences sur l'homme	Extrêmement graves (blessures mortelles dans plus de 50 % des cas)	Très graves	Graves	Significatives	Effets indirects par bris de vitre
Dégâts prévisibles aux biens	Extrêmement graves	Importants et effets dominos	Graves	Légers	Destructions significatives de vitres

Ces zones délimitent aussi bien l'ampleur des effets de surpression (onde de choc), les effets thermiques que les effets missiles provoqués par l'explosion. Toutefois, la prise en compte de chacun de ces effets dans l'évaluation des phénomènes dangereux dépend du classement en division de risque du produit explosif.

La valeur seuil de la zone Z1 est de 430 mbar pour les effets de surpression et de 16 kW/m² ou 2 600 (kW/m²) 4/3.s pour des durées inférieures à 120 secondes pour les flux thermiques.

Les zones Z2 à Z5 sont délimitées par les seuils définis en annexe 2 de l'Arrêté français du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

7.5.3 Modélisation des conséquences d'accidents

Cette section traite les résultats de simulations des scénarios retenus. Pour chaque scénario, il sera présenté :

- Une description du phénomène dangereux considéré;
- Les données d'entrée du modèle de simulation;
- Les résultats des calculs;
- La représentation graphique et une interprétation des résultats obtenus.

7.5.3.1 Explosion du stockage des amorces

7.5.3.1.1 Données d'entrée

L'amorce, comme son nom l'indique, est un petit objet qui sert de relais d'amorçage d'un explosif. Il est constitué d'un étui cylindrique étanche en polypropylène contenant une petite quantité de trinitrotoluène (TNT) avec une charge d'ignition intégrée faite à partir du tétranitrate de pentaérythritol (PETN) ou Penthrite.

Ainsi, l'amorce appartient à la classe des matières et objets comportant un risque d'explosion en masse (une explosion en masse est une explosion qui affecte de façon pratiquement instantanée la quasi-totalité du chargement) et à la sous classe 1.1 D (selon l'Arrêté français du 20 avril 2007 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques).

Le scénario considéré ici est une explosion en masse du stockage d'amorces suite à un feu dans le dépôt. Cette explosion sera à l'origine de la propagation d'une puissante onde de choc pouvant avoir des conséquences néfastes pour les personnes et les installations exposées. Cette onde sera en partie amortie par une berme de sécurité de hauteur égale à la hauteur du dépôt. Pour ce faire, la masse totale d'explosifs est rapportée en équivalent TNT.

La capacité de stockage de l'entrepôt n'est pas encore définie, mais les consommations moyennes mensuelles sont connues. En supposant une autonomie d'exploitation de trois mois, nous pourrions estimer la quantité d'explosifs stockés. Les données d'entrée sont présentées au tableau 7.41.

Tableau 7.41 Données d'entrée pour le scénario d'explosion du stockage des amorces

Produit impliqué dans l'explosion	Amorces (PETN + TNT)
Classe en division de risque pyrotechnique	1.1.D
Consommation mensuelle d'émulsion	500 tonnes
Consommation mensuelle de booster (d'amorces)	1 355 unités
Quantité de booster stockée (autonomie 3 mois)	4 064 unités
Quantité en équivalent TNT	1 707 Kg

7.5.3.1.2 Résultats

Les résultats obtenus pour l'explosion du stockage des amorces sont présentés au tableau 7.42.

Tableau 7.42 Résultats de la modélisation de l'explosion du stockage des amorces

Matières Explosives		Zones de dangers				
Scénario	Quantité (Eqv. TNT)	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Explosion en masse de 4064 boosters (amorces)	1 693 Kg	R1 ≤ 60 m	R2 ≤ 96 m	R3 ≤ 179 m	R4 ≤ 263 m	R5 ≤ 526 m

La carte 7.2 fournit une représentation graphique du scénario « Explosion du stockage d'amorces ».

7.5.3.1.3 Interprétation des résultats

Conséquences humaines :

- Les conséquences humaines d'une explosion dépendent de son intensité et surtout du nombre de personnes présentes sur le lieu au moment de l'accident. Pour le cas de ce scénario, les zones Z1 et Z2, correspondant respectivement aux conséquences extrêmement graves et très graves, couvrent entièrement le stockage des explosifs et pourraient être fatales aux personnes qui se trouveraient à l'intérieur du dépôt ou qui tenteraient de maîtriser le feu avant l'explosion;
- Les zones Z3, Z4 et Z5, correspondant respectivement aux effets graves, significatifs et indirects par bris de vitre, se retrouvent en dehors du dépôt d'explosifs et pourraient causer des blessures plus ou moins graves à toute personne présente dans ces zones au moment de l'explosion. Il faut surtout noter que la zone de stockage des explosifs est suffisamment éloignée de l'usine de traitement, des carrières et des habitations. Le village de Fadougou (le plus proche) se situe à plus de 3,0 km du dépôt.

Comme indiqué sur la carte 7.2, il n'y a pas de présence humaine en continu dans les Zones Z1 et Z2, le village de Fadougou est en dehors des rayons de dangers. Pour ce qui est du personnel de la mine, les seules présences humaines concernent les opérateurs uniquement présents lors des phases de livraison ou de reprise du matériel, soit 1 à 2 personnes présentes de façon très ponctuelle.

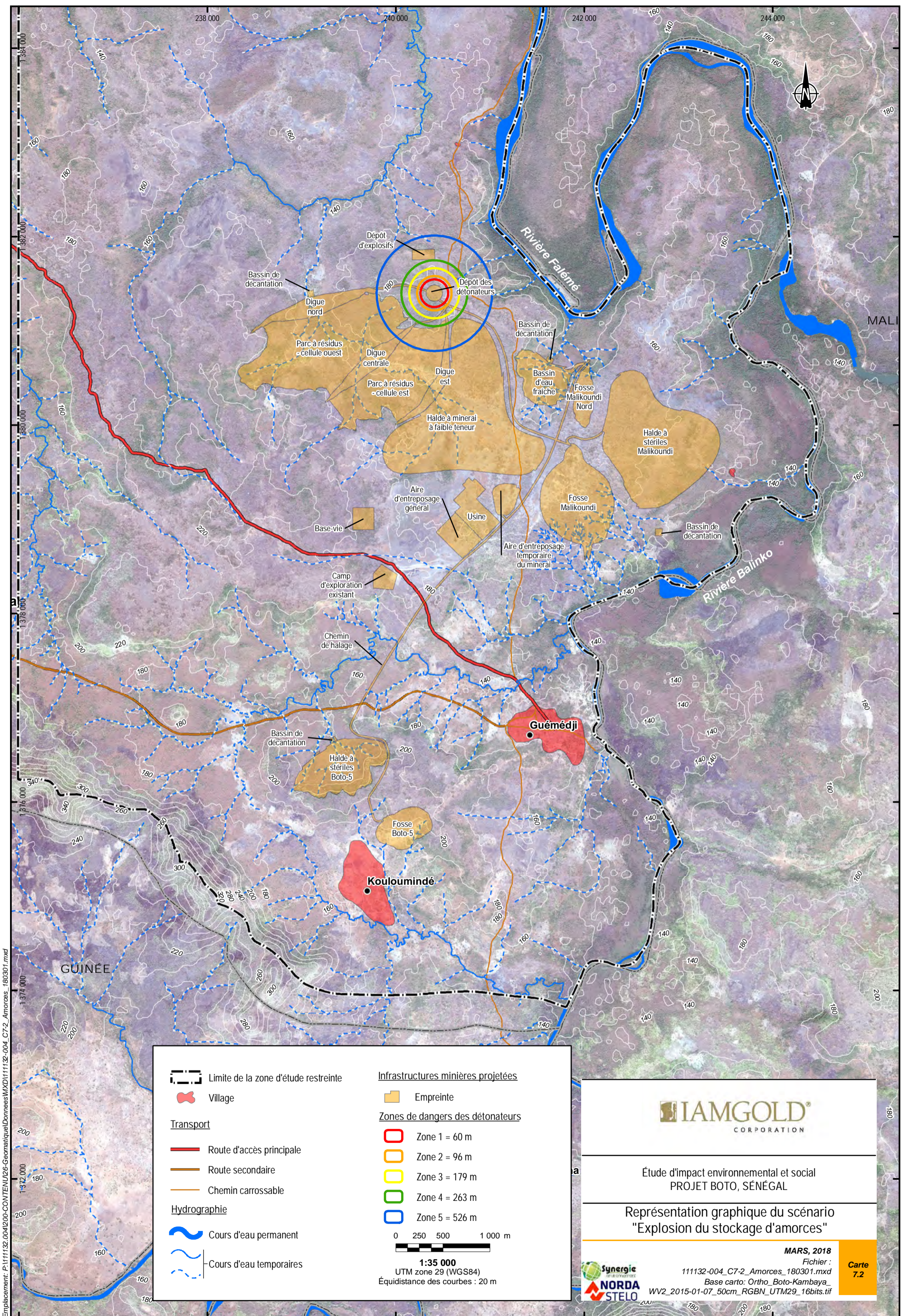
Il en est de même pour les zones Z3, Z4 et Z5.

Conséquences matérielles et effets domino :

- Une explosion peut également causer des dégâts sur les installations exposées à l'onde de choc et être à l'origine d'effets dominos. Les résultats de simulation du scénario « explosion du stockage d'amorces » montrent que les zones Z1 et Z2 correspondant au risque d'effet domino englobent l'ensemble du dépôt d'explosifs et pourraient (sans aucune barrière de protection) entraîner une destruction des locaux voisins. Toutefois, la séparation des locaux de stockage des différentes matières par des digues épaisses et élevées, constituera un obstacle et réduira de façon significative la propagation de l'onde de choc.

En définitive, l'analyse montre que la zone de danger Z5 correspondant aux destructions significatives de vitres englobe une petite partie de l'aire de protection du fleuve Falémé et une partie du parc à résidus. En

conséquence, il est recommandé d'aménager le dépôt de façon à mettre ces secteurs (l'aire de protection du fleuve Falémé et une partie du parc à résidus) hors de portée de la zone de danger Z5 du scénario lié l'explosion du dépôt de stockage d'amorces.



	Limite de la zone d'étude restreinte		Empreinte
	Village		Zone 1 = 60 m
Transport			Zone 2 = 96 m
	Route d'accès principale		Zone 3 = 179 m
	Route secondaire		Zone 4 = 263 m
	Chemin carrossable		Zone 5 = 526 m
Hydrographie			0 250 500 1 000 m
	Cours d'eau permanent	1:35 000	UTM zone 29 (WGS84)
	Cours d'eau temporaires	Équidistance des courbes : 20 m	

Étude d'impact environnemental et social
PROJET BOTO, SÉNÉGAL

Représentation graphique du scénario
"Explosion du stockage d'amorces"

MARS, 2018
Fichier : 111132-004_C7-2_Amorces_180301.mxd
Base carto: Ortho_Boto-Kambaya_WV2_2015-01-07_50cm_RGBN_UTM29_16bits.tif

Carte 7.2

Emplacement: P:\11132-004\200-CONTENU\26-Geomatique\Donnees\WXD\11132-004_C7-2_Amorces_180301.mxd

Bien que le produit de base des amorces, le PETN est classé 1.1.D selon l'Arrêté du 20 avril 2007 cité plus haut, donc prioritairement explosif, on peut quand même noter que l'explosion s'accompagnera d'une brève boule de feu qui, sans aucune barrière, pourrait allumer les détonateurs à proximité.

7.5.3.2 Explosion du four à induction

7.5.3.2.1 Description

Le procédé d'extraction de l'or décrit dans ce projet comporte : un broyage humide du minerai, une dissolution avec du cyanure de sodium, une séparation de la liqueur aurifère par décantation et adsorption, la précipitation du métal et enfin le traitement du précipité ou affinage. Ce traitement du métal se termine par un mélange du précipité avec des fondants (borax) que l'on introduit dans le creuset d'un four à induction.

De manière générale, ces fours sont basculants et peuvent avoir des **capacités utiles de 100 à 2 000 kg** (TI M 810).

Le scénario retenu ici est une **explosion résultant d'un contact eau/métal en fusion** et une **propagation des effets** dans les installations voisines.

Le contact intempestif **eau/métal en fusion** peut provoquer des explosions de vapeur, phénomène purement physique résultant de la vaporisation de l'eau, avec projections de métal liquide et expansion volumique créant une onde de pression.

À l'air libre, la transformation eau / vapeur entraîne une augmentation de volume d'un facteur 1700.

Cette explosion peut avoir lieu dans le creuset du four au cours de la fusion, dans la lingotière à la suite de la coulée du métal ou à proximité du four à la suite d'un déversement de métal liquide ou des scories.

Pour les besoins de la modélisation, nous retiendrons une explosion dans le creuset du four. Et nous utilisons, comme outils d'évaluation, **une méthode associant un calcul de Brode pour l'énergie et un indice multiénergie pour les effets de pression**.

Hypothèse : À défaut des caractéristiques précises du four que l'ingénierie du projet n'a pas encore définies, nous retiendrons la capacité nominale maximale généralement indiquée pour ce type d'équipement. C'est-à-dire un four de capacité utile de deux tonnes.

7.5.3.2.2 Données d'entrée du modèle

Les données d'entrée pour le scénario d'explosion du four à induction sont présentées au tableau 7.43.

Tableau 7.43 Données d'entrée pour le scénario d'explosion du four à induction

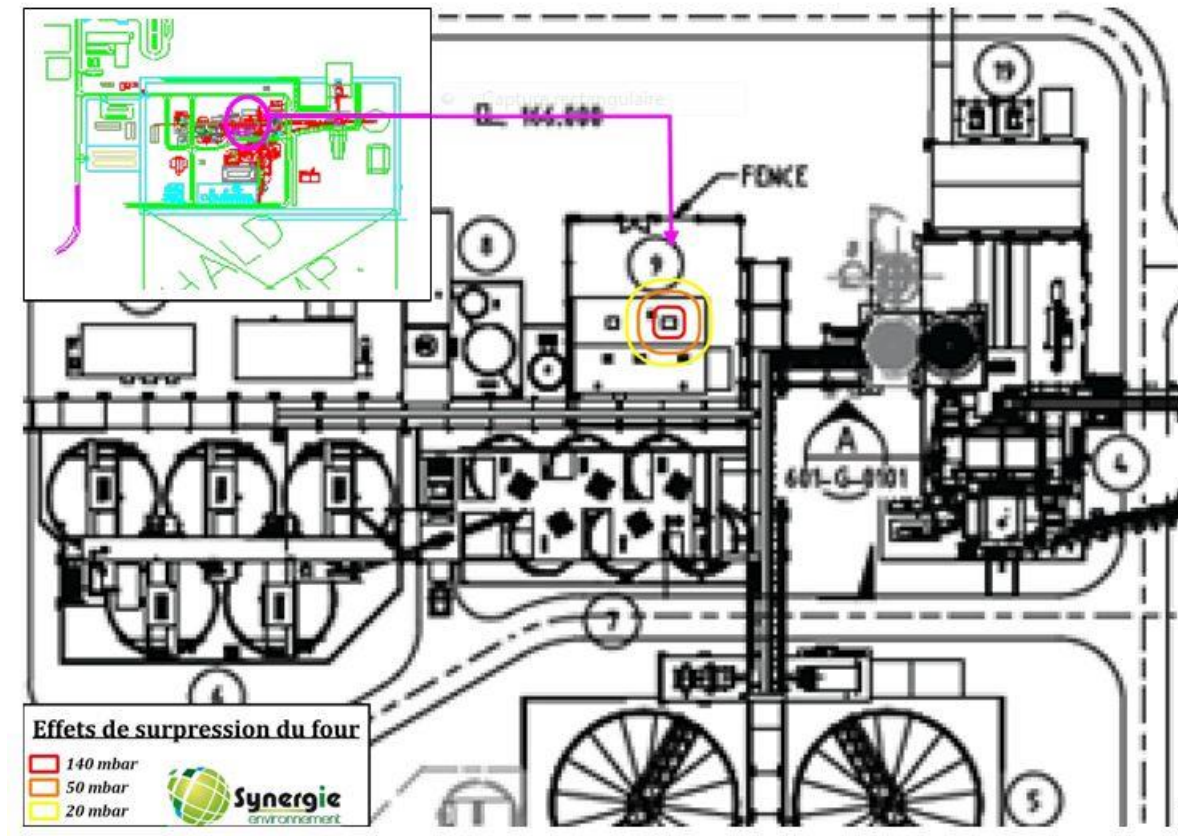
Produit impliqué dans l'explosion	Métal en fusion + eau
Capacité nominale du four	2 tonnes
Masse volumique de l'or liquide (à 1 063°C)	17 tonnes/m ³
Volume du creuset	0,12 m ³
Pression atmosphérique	101 325 Pa
Pression de rupture liée à l'explosion (pression d'éclatement)	202 650 Pa

Les résultats des calculs sur la distance des effets de surpression de l'explosion du four sont présentés au tableau 7.44.

Tableau 7.44 Distances des effets de surpression de l'explosion du four

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression	Énergie d'explosion (BRODE)	Distance des effets de surpression	Effets domino sur site ?	Effets hors site ?
140 mbar	37 964 Joules	2 m	Oui	Non
50 mbar		4 m	Non	Non
20 mbar		7 m	Non	Non

La figure 7.8 illustre la représentation graphique des distances des effets de surpression dans le creuset du four.



Légende

- Zone à risque correspondant aux seuils des premiers effets létaux et des effets domino, effondrement partiel des murs et toits des maisons (surpression de 140 mbar)
- Zone à risque correspondant à des dangers significatifs pour la vie humaine et des dégâts légers sur les structures, destruction de 75 % des vitres (surpression de 50 mbar)
- Zone à risque correspondant à des effets indirects sur l'homme et de destruction des vitres supérieure à 10 % (surpression de 20 mbar)

Figure 7.8 Représentation graphique du scénario d'explosion dans le creuset du four

7.5.3.2.3 *Interprétation*

Les résultats de la modélisation de l'explosion dans le creuset du four montrent que les effets de surpression de 140 mbar (seuils des effets dominos) ne dépassent pas 2 m. Donc, ils ne sortent pas des limites de l'atelier de raffinerie. Cet atelier étant fortement sécurisé avec un système de contrôle et d'accès autorisés, les effets d'un tel accident seraient uniquement préjudiciables aux opérateurs qui y travaillent.

Les surpressions comprises entre 140 et 50 mbar (domaine de la destruction 75 % des vitres et des dangers significatifs pour l'homme) sont présentes, mais seront principalement limitées sur la zone de production dans un rayon de 4 mètres.

La surpression de 20 mbar (correspondant aux effets indirects sur l'homme et à la destruction de 10 % des vitres) serait ressentie jusqu'à 7 m et pourraient atteindre des bureaux ou postes de travail de l'atelier.

Il faut surtout noter que les explosions, de manière générale, sont accompagnées d'une émission de projectiles dans tous les sens à des distances relativement élevées. Ces projectiles peuvent endommager des installations se trouvant dans leurs rayons d'émission ou entraîner des blessures graves voire mortelles sur des personnes atteintes.

7.5.3.3 *Feu de cuvette d'un réservoir de 500 m³ de gasoil*

7.5.3.3.1 *Description*

7.5.3.3.1.1 *Données d'entrée*

Le gasoil est un liquide inflammable de catégorie 3. Il servira à ravitailler les camions miniers et tous les équipements mobiles. Le site dispose d'une capacité de 500 m³. Ce réservoir est installé dans la zone de stockage des hydrocarbures entre la centrale énergie et le secteur du service minier. Cette zone abrite aussi la cuve de stockage du fioul (7 500 m³). Elle est munie d'une cuvette de rétention construite en ciment avec des dimensions réglementaires. La capacité de rétention est de 110 % de la capacité du plus gros réservoir.

Le scénario considéré ici est une perte de confinement du produit suivi d'un feu de cuvette qui produira des rayonnements intenses dont nous évaluerons les distances d'effets. Pour ce faire, nous utilisons comme outils d'évaluation, la feuille de calcul Excel mise au point par l'INERIS. Elle permet de déterminer les distances d'effets thermiques pour chacun de seuils réglementaires de référence pour les hydrocarbures de catégorie B et C dont le gasoil (à l'exception des alcools). Les paramètres d'entrée du modèle sont présentés dans le tableau 7.45.

Tableau 7.45 Paramètres d'entrée pour la modélisation du feu de cuvette d'un réservoir de gasoil

Produit concerné	Gasoil
Caractéristique géométrique du feu	Feu de forme rectangulaire
Longueur de la cuvette supposée en feu (m)	140
Largeur de la cuvette supposée en feu (m)	119

7.5.3.3.2 *Résultats*

Les résultats sont obtenus en prenant en compte les flux thermiques réglementaires (3; 5 et 8 kW/m²). Le tableau 7.46 présente ces résultats. La figure 7.9 présente l'évolution du flux radiatif en fonction de la distance cible/front de flamme du feu de cuvette. Finalement, la figure 7.10 fournit une représentation graphique du scénario « Feu de cuvette de rétention ».

Tableau 7.46 Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques	Distance des effets thermiques (m)		Effets domino	
	Côté longueur	Côté largeur	Sur site	Hors site
3 kW/m ²	120	110	Oui	Non
5 kW/m ²	85	80	Oui	Non
8 kW/m ²	50	50	Non	Non

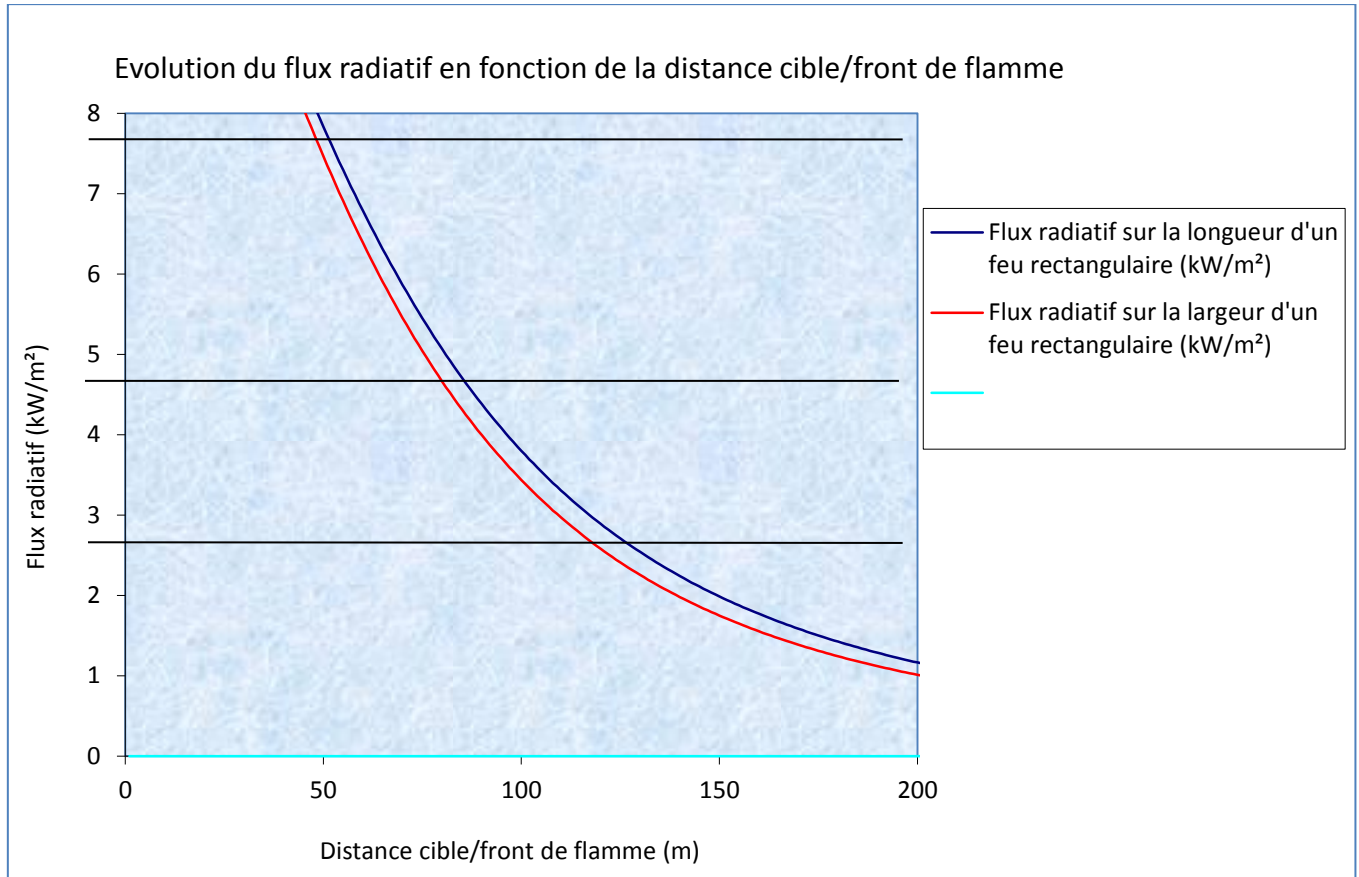
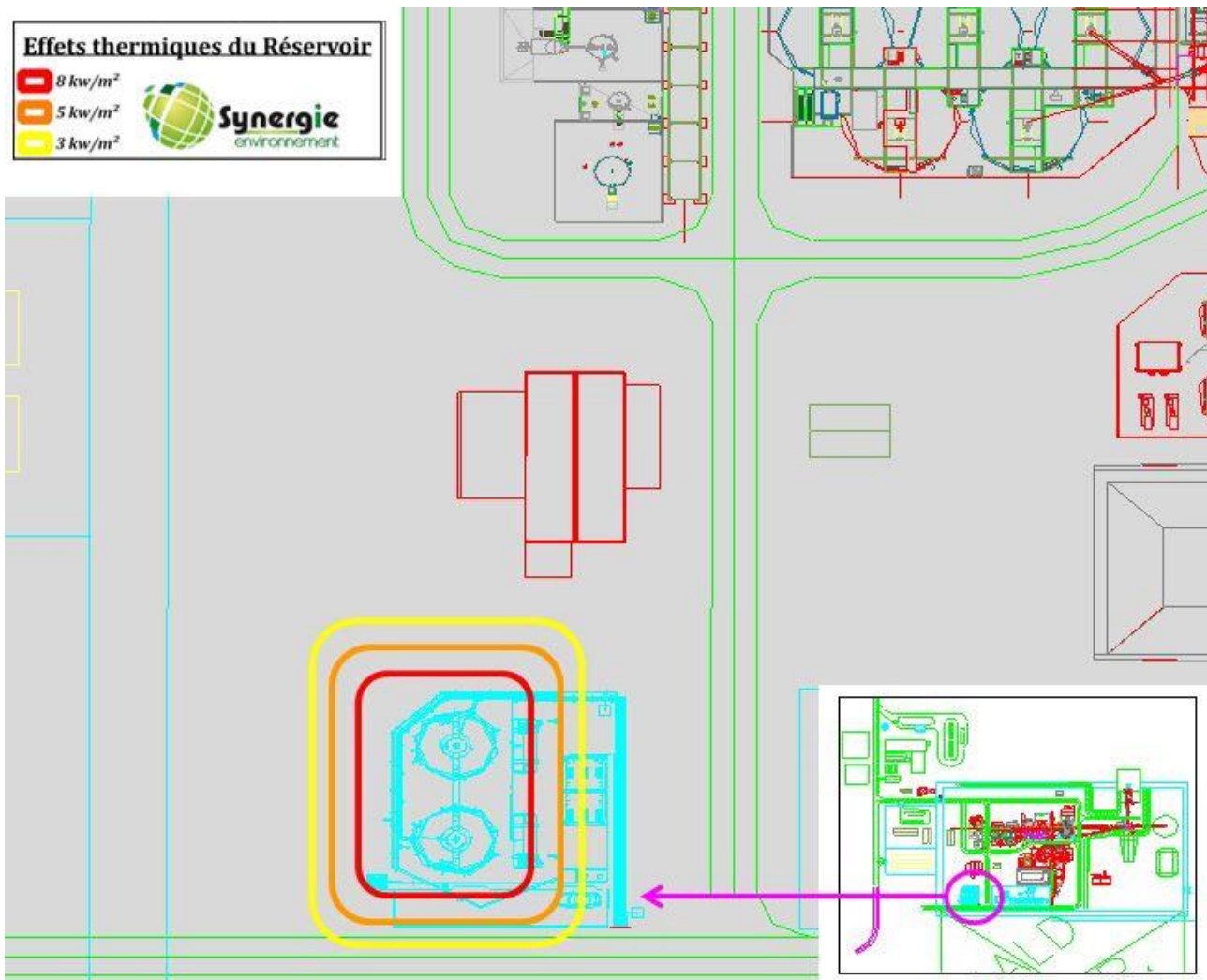


Figure 7.9 Évolution du flux radiatif en fonction de la distance cible/front de flamme du feu de cuvette



LÉGENDE




	Seuil des effets létaux très significatifs. Brûlures au troisième degré. Effets domino; risque d'inflammation pour les matériaux combustibles.
	Seuil des premiers effets létaux. Seuil de destruction des vitres par effet thermique
	Seuil des effets irréversibles, cloques en 30 s pour les personnes non protégées

Figure 7.10 Représentation graphique du scénario « Feu de cuvette de rétention »

7.5.3.3.3 Interprétation des résultats

7.5.3.3.3.1 Conséquences humaines

Les cercles d'exposition indiquent que les flux thermiques correspondant aux effets létaux (10 à 5 kW/m²) couvre entièrement toute la zone de stockage des hydrocarbures et une partie de la centrale de production électrique. Ainsi, le personnel se trouvant dans cette zone de production d'énergie pourrait être atteint. Ce feu de cuvette sera également à l'origine d'un important dégagement de fumée toxique qui pourrait incommoder l'équipe de première intervention de l'entreprise. Toutefois, le plan de lutte contre incendie de l'usine de traitement du minerai prévoit des alarmes incendie et un système d'évacuation du personnel.

7.5.3.3.1.1 Conséquences matérielles et effets domino

La représentation des cercles d'exposition des effets thermiques montre que le flux thermique de 8 kW/m² (correspondant aux effets domino) va atteindre le réservoir de fioul et quelques équipements de la centrale électrique. Le feu de cuvette entrainera un réchauffement progressif de ce réservoir interne de 7 500 m³. La non-maîtrise rapide d'un tel incendie pourrait entraîner un effet domino au niveau de ce réservoir voisin. Sous l'effet des radiations thermiques, deux cas de figure peuvent se présenter :

- Augmentation progressive de la pression interne du réservoir de fioul pouvant conduire à l'éclatement de celui-ci;
- Défaillance au niveau de la tuyauterie et déversement du contenu du réservoir dans la cuvette entraînant une propagation de l'incendie.

Comme conséquences, on notera la perte de combustible pouvant entraîner un arrêt de production.

Par ailleurs, 8 kW/m² (correspondant aux effets domino) ainsi que le flux thermique de 5 kW/m² (seuil de destruction des vitres) pourraient atteindre l'emplacement de quelques équipements de la centrale électrique et ainsi provoquer des dysfonctionnements ou même endommager ces équipements exposés.

Il faudrait noter tout de même que le mur de rétention et les murs clôtures des ateliers pourraient également jouer un rôle d'écran et réduire sensiblement le flux thermique reçu par les équipements de la centrale.

7.5.4 Évaluation quantitative des différents scénarios d'accidents modélisés

L'estimation des distances d'effets d'accidents majeurs faite à la section 7.5.3. (Modélisation des conséquences des accidents), a montré que l'explosion du stockage des amorces est l'accident susceptible d'avoir des conséquences néfastes hors des limites de propriété d'AGEM/IAMGOLD. Ainsi, ce scénario a été retenu pour la quantification de la probabilité du phénomène dangereux associé à l'accident et de la gravité des effets s'il venait à se produire.

Les niveaux de risque d'occurrence (probabilité) et de gravité d'un événement peuvent être notés selon 5 échelons (du plus faible au plus important).

7.5.4.1 Évaluation de la probabilité

L'analyse probabiliste qualitative a permis de sélectionner les scénarios d'accident majeur à partir de l'analyse de risques et qui ont fait l'objet d'une étude détaillée.

Ensuite, une analyse probabiliste de chaque accident majeur retenu (et dont les cercles d'exposition dépassent les limites de propriété) est réalisée de manière quantitative. Cette probabilité porte sur l'événement redouté central.

Le tableau 7.47 présente les niveaux de probabilité qui sont déterminés selon des critères quantitatifs.

Tableau 7.47 Appréciation quantitative du niveau de probabilité

Niveau de Probabilité	Détail de la probabilité		
5	Fréquent	Se produit de façon récurrente sur des installations comparables	$> 10^{-2}$ / an
4	Probable	S'est déjà produit quelques fois sur des installations comparables	De 10^{-3} et 10^{-2} / an
3	Peu probable	A été rapporté une fois sur des installations comparables	De 10^{-4} et 10^{-3} / an
2	Rare	A pu être observé une fois sur des installations comparables	De 10^{-5} et 10^{-4} / an
1	Extrêmement rare	N'a jamais été observé ni rapporté nulle part	$\leq 10^{-5}$ / an

7.5.4.2 Évaluation de la gravité :

L'évaluation des conséquences des scénarios d'accident majeur quantifie les rayons de dangers. Une fois ces distances connues, les conséquences sur les personnes externes à l'établissement, sont évaluées. En effet, il est désormais possible de recenser dans chacune de ces zones, des personnes qui peuvent être impactées. L'analyse de la gravité se fait, comme lors de l'analyse de risques, suivant la grille de cotation de la gravité (tableau 7.48).

Tableau 7.48 Appréciation quantitative du niveau de gravité

Niveau de gravité des conséquences	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
Désastreux (5)	Plus de 10 personnes exposées (a).	Plus de 100 personnes exposées.	Plus de 1 000 personnes exposées.
Catastrophique (4)	Moins de 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
Important (3)	Au plus 1 personne exposée.	Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.
Sérieux (2)	Aucune personne exposée.	Au plus 1 personne exposée.	Moins de 10 personnes exposées.
Modéré (1)	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à une personne.

(a) Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent.

Le comptage des personnes potentiellement exposées aux différents seuils d'effets d'accident majeur a été effectué, selon des règles forfaitaires, en se référant au guide du Ministère français en charge de l'Écologie et du Développement Durable relatif aux « *Éléments pour la détermination de la gravité des accidents dans l'étude de danger - version décembre 2006* ». Ce guide donne pour chaque type d'activité, habitat, etc. le nombre de personnes potentiellement présentes au moment de l'accident par taille (surface / km / établissement) :

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, etc.) : compter 1 personne par tranche de 100 ha;
- Terrains aménagés, mais peu fréquentés (exploitation agricole par exemple) : 1 personne par tranche de 10 ha;
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (cimetière par exemple) : 10 personnes par ha;
- Voies routières relativement fréquentées et sans embouteillage : 0,4 personne par km et par tranche 100 véhicules par jour;

- Zones d'activités (industries et activités non ERP) : nombre de salariés ou nombre max de personnes présentes simultanément en cas de travail en équipe.

7.5.4.2.1 Quantification de la probabilité du scénario « explosion du stockage d'explosifs »

Au vu des résultats d'analyse de l'accidentologie, on peut considérer que des explosions de dépôt d'explosifs ont déjà eu lieu dans le monde. À titre d'exemple, nous citerons l'explosion d'un dépôt de bâtons de dynamite à proximité d'un marché très animé le 19/05/2001 à Al-Bayda au Yémen, faisant 15 morts et 16 blessés et décrit sous le numéro ARIA de 6041 et 19818.

Cependant, un tel accident n'est pas encore décrit dans la zone aurifère de Kédougou où se trouve ce projet de Boto.

En considérant tous les moyens et les mesures de prévention mis en place au niveau du stockage des explosifs (emplacement isolé et éloigné, accès limités, clôture, désherbage, affichage des pictogrammes de dangers, surveillance permanente, etc.), on peut estimer que la probabilité d'occurrence d'un tel accident sur le site est rare, donc comprise entre 10^{-4} et 10^{-5} . Cette valeur de probabilité d'occurrence correspond à un niveau de probabilité P2.

7.5.4.2.2 Quantification de la gravité du scénario « explosion du stockage d'explosifs »

La détermination des niveaux de gravité des effets de l'explosion accidentelle du stock d'amorces nécessite de connaître le nombre de personnes potentiellement exposées en dehors du site à chaque niveau seuil d'onde de choc et de rapporter ce nombre à l'échelle de gravité définie. Dans la mesure où la zone d'implantation du stockage des explosifs n'est pas habitée ni aménagée en terrain agricole, et pas de voie routière relativement fréquentée, les seules zones à prendre en compte dans l'évaluation des conséquences sont les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, etc.). Et dans ce cas de figure, on compte 1 personne par tranche de 100 ha.

L'évaluation des surfaces couvertes par les différentes zones seuil d'onde de choc montre que même la zone Z5 (couvrant une superficie beaucoup plus importante en dehors des limites de propriété et correspondant au seuil des effets indirects par bris de vitre) fait 97 ha (légèrement inférieurs 100 ha correspondant au comptage de 1 personne). En se référant au tableau d'appréciation quantitative du niveau de gravité, on peut conclure que la gravité du scénario est modérée (gravité 1).

7.5.4.3 Niveau de risque global

En combinant les niveaux de probabilité et de gravité, on obtient le niveau de risque global (la criticité de l'accident).

Scénario	Probabilité	Gravité	Criticité
Explosion du stockage d'explosifs (amorces)	2	1	Acceptable

Nous obtenons donc le positionnement du scénario « Explosion du stockage d'explosifs (amorces) » sur la grille de criticité finale suivante.

NIVEAU DE RISQUE		Conséquences (Gravité G)				
		5	4	3	2	1
Probabilité (P)	5					
	4					
	3					
	2					Explosion du stock d'amorces
	1					

L'analyse de la criticité montre que le scénario « Explosion du stockage d'explosifs (amorces) » est acceptable du point de vue des conséquences en vies humaines au-delà des limites de propriété de l'entreprise. Néanmoins, ce scénario reste dangereux pour le personnel en charge des explosifs. Il convient, pour l'exploitant, de prêter une attention particulière sur un tel scénario (y compris l'explosion accidentelle du stock de détonateurs) dans la mesure où cela aurait des conséquences graves sur :

- Le personnel qui serait éventuellement sur le lieu au moment de l'explosion;
- La suite de la production (arrêt plus ou moins long de l'extraction du minerai);
- La réputation d'AGEM Sénégal/IAMGOLD.

Il est donc important de mieux connaître le déroulement de cet accident (des éléments initiateurs aux conséquences finales de l'événement redouté central) et d'identifier les barrières de sécurité techniques et organisationnelles mises en place ou nécessaires.

Les séquences accidentelles sont représentées en utilisant la méthode du « nœud papillon ». Cette méthode a pour principe de réunir un arbre de défaillances et un arbre d'événements centrés sur un même événement redouté (figure 7.11). La partie en amont de l'événement redouté central est constituée par l'arbre de défaillances (ou des causes) qui analyse les combinaisons de causes et met en évidence l'effet des barrières de prévention sur le déroulement des séquences accidentelles aboutissant à l'événement redouté central. La partie en aval est quant à elle constituée par l'arbre des événements. Elle permet de déterminer la nature et l'ampleur des conséquences, selon que les barrières de mitigation remplissent ou non leur fonction de sécurité.

7.6 IDENTIFICATION DES BARRIÈRES DE SÉCURITÉ

7.6.1 Preamble

La mine à ciel ouvert de Boto sera constituée d'installations, de produits et d'équipements plus ou moins sensibles pouvant être le siège d'événements dangereux dont les conséquences peuvent être aussi bien matérielles qu'humaines. Pour réduire les risques, diverses barrières de sécurité (moyens de prévention, de protection et d'intervention en cas de survenance d'un accident) sont recommandées afin de maintenir sur le site un niveau élevé de performance en matière de gestion des risques technologiques.

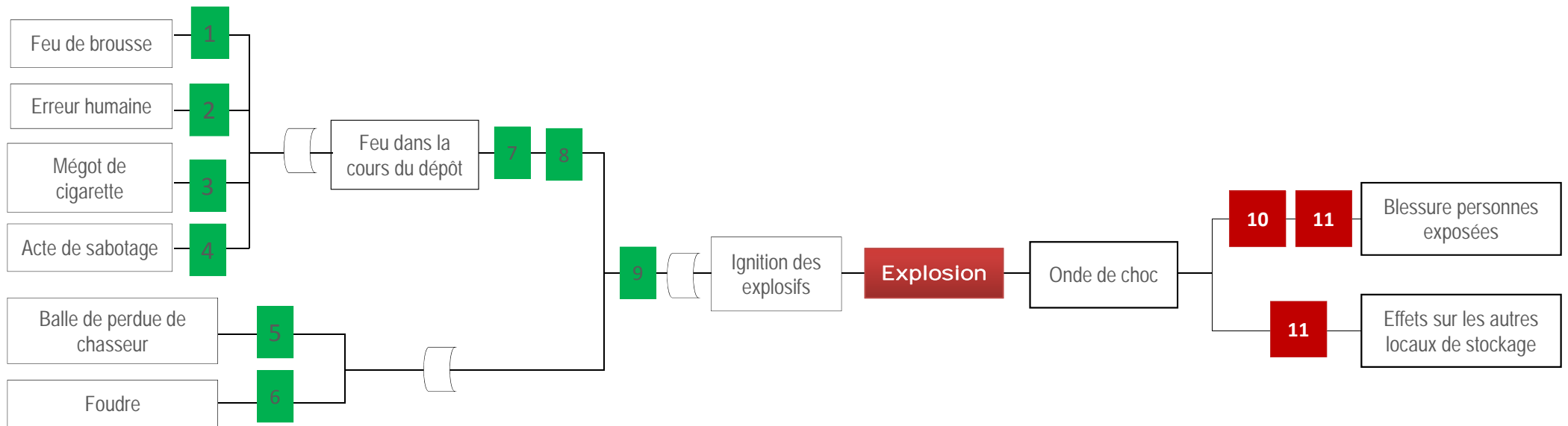
EXPLOSION DU STOCKAGE D'EXPLOSIFS (AMORCES)

Barrières de prévention

1. Surveillance du dépôt et appel d'intervention
2. Engins explosifs manipulés par des spécialistes
3. Interdiction de fumer ou d'y apporter une flamme nue
4. Dépôt clôturé et régulièrement surveillé
5. Merlon (digue de 2.5 m de hauteur) de protection
6. Entrepôt (poudrière) répondant aux normes canadiennes sur l'entreposage des détonateurs et articles explosifs
7. Mise à terre de toutes les installations de stockage d'explosifs
8. Dépôt propre et régulièrement désherbé
9. Présence d'extincteurs pour étouffer tout départ de feu
10. Explosifs stockés à l'intérieur d'un container

Barrières de protection

10. Dépôt implanté dans une zone loin des villages et de toute activité humaine
11. Obstacle (Digue) réduisant la puissance de l'onde de choc.



ARBRE DES CAUSES

ERC

ARBRE DES EVENEMENTS

Figure 7.11 Séquences accidentelles par la méthode du noeud papillon

7.6.2 Moyens techniques et organisationnels proposés

7.6.2.1 Procédures de gestion des risques pour la santé, la sécurité, l'environnement et les communautés d'AGEM Sénégal

Des procédures spécifiques au site minier Boto Gold seront élaborées pour mettre en œuvre les engagements du Programme de gestion environnementale et sociale, en tenant compte des résultats de la présente Étude de dangers.

7.6.2.2 Sécurité incendie

Un système d'extinction des incendies sera installé sur le site et comprendra une réserve d'une capacité de 580 m³ d'eau d'extinction intégrée au réservoir d'eau brute ainsi que deux pompes à eau d'extinction (une pompe principale et une pompe d'appoint) et une pompe alimentée au diesel en cas d'urgence.

Ce réseau incendie couvrira l'usine de traitement et le campement pour la totalité de la durée de vie du projet.

Le système d'alarme et de détection des incendies pourra fonctionner soit en mode automatique ou manuel. Le système permettra d'aviser tous les occupants de l'usine de traitement et des autres bâtiments d'évacuer en cas d'incendie ou d'une autre situation d'urgence, de rapporter l'événement à un emplacement hors du site afin d'appeler les services d'urgence, et d'activer les systèmes de protection contre les incendies pour contrôler la propagation du feu et de la fumée. Le système sera conçu de façon à répondre aux critères de protection minimalement requis par le code local de construction et aux exigences des compagnies d'assurance.

Le système d'alarme et de détection des incendies devrait surveiller plusieurs zones en parallèle. Toute alarme et les données s'y rapportant seront communiquées aux panneaux principaux via un lien de communication. Chaque bâtiment disposera d'au moins un panneau de contrôle.

Il y aura un service incendie sur le site. Toutefois, son organisation n'était pas encore définie au moment de la production de l'Étude d'impact environnemental et social.

7.6.2.3 Sécurité électrique

Tout le matériel électrique doit être inspecté et vérifié par une personne qualifiée avant d'être introduit sur site. L'entreprise devrait implémenter une procédure de vérification systématique des appareils électriques avant chaque utilisation.

7.6.2.3.1 Protection des transformateurs

Les transformateurs de distribution de l'usine de 11 kV / 400 V (1 MVA, 1,6 MVA, 2 MVA) auront une configuration avec refroidissement de type ONAN et un indice de couplage Dyn11. Le transformateur des pompes de transfert à la rivière (0,3 MVA), le transformateur des pompes de prélèvement à la rivière (0,3 MVA) et le transformateur de la mine (0,4 MVA) seront montés sur des poteaux. Des murs de béton résistants au feu seront construits autour des transformateurs de l'usine.

7.6.2.3.2 Protection des tableaux de distribution

Les tableaux de distribution à 11 kV seront entièrement débrouillables et à l'épreuve des arcs et seront équipés de systèmes de protection, de mesure et de mise à la terre. Les critères de conception de base pour les tableaux et les disjoncteurs sont les suivants :

- Tableau de distribution à 11 kV : 1 600 A, 25 kA / 3 sec;
- Disjoncteur à l'entrée du tableau de distribution à 11 kV : 1800 A;

- Disjoncteurs du circuit d'alimentation à 11 kV : 630 A.

La protection sera assurée par des relais de protection à microprocesseur.

7.6.2.3.3 Équipement électronique à vitesse variable

Des unités à basse tension à vitesse variable avec des puissances nominales variant entre 0,55 kW et 132 kW seront utilisées. Ces unités seront montées sur le plancher ou sur le mur (selon les dimensions) le long du mur interne des postes de sectionnement à basse tension.

7.6.2.3.4 Centres de commande des moteurs à 400 V

Les CCM à basse tension seront de type accès frontal et intégrés aux postes de sectionnement à basse tension. Tous les CCM auront une configuration avec ségrégation de type 4 et coordination de type 2. Les démarreurs des CCM seront démontables et les principaux disjoncteurs à l'entrée seront débouchables avec une protection intégrée. Tous les démarreurs moteurs seront équipés de relais de surcharge intelligents conformément aux normes d'ingénierie de Lycopodium. Les CCM à basse tension alimenteront en électricité les moteurs à basse tension, les équipements à vitesse variable à basse tension et les tableaux de distribution à basse tension.

7.6.2.3.5 Protection de mise à la terre

Une protection différentielle sera appliquée aux circuits avec des prises de courant standards (points d'alimentation) et pour les circuits d'éclairage.

7.6.2.3.6 Échelles de câbles

Les échelles de câbles seront en général installées à l'horizontale, et des échelles verticales seront placées dans les secteurs où il y a possibilité de déversements. Les câbles de tensions différentes seront installés sur des échelles différentes. S'ils doivent être installés sur la même échelle, alors une ségrégation complète des échelles sera prévue. Les échelles suivront la tuyauterie mécanique.

7.6.2.3.7 Câbles

Les câbles jusqu'à 18 mm² seront isolés en PVC tandis que les câbles plus gros seront isolés en XLPE. Les câbles pour les unités à vitesse variable seront de type multifilaire avec câbles triphasés et câbles de mise à la terre placés de façon symétrique à l'intérieur d'un même câble blindé. Les câbles dans les différents secteurs de l'usine seront installés au-dessus du sol, sur des échelles de câbles et suivront la tuyauterie mécanique partout où ce sera possible.

7.6.2.3.8 Éclairage

Tout l'éclairage autour de l'usine sera conçu de façon à répondre aux besoins opérationnels de chaque secteur.

7.6.2.3.9 Système de mise à la terre et protection contre la foudre :

La méthode suivante de mise à la terre sera mise en œuvre pour chaque différent niveau de tension :

- 11 kV Mise à la terre via transformateurs de mise à la terre;
- 415 V Mise à la terre directe / multiples points neutres / T-N-C-S;
- Note : T – Terre, N – Neutre, C – Combiné et S – Séparé.

Toutes les structures bâties de l'usine bénéficieront d'une protection contre la foudre. Les sous-stations et les postes de sectionnement de l'usine et les points élevés des structures seront équipés de paratonnerres d'une hauteur et d'une quantité suffisante pour assurer que tous les points exposés seront couverts. Les

systèmes de protection contre la foudre auront leurs propres électrodes indépendantes de mise à la terre et seront interreliés au système de mise à la terre principal du système électrique.

7.6.2.4 Risques toxiques / détection des gaz cyanhydriques

Plusieurs systèmes de détection seront installés à des endroits stratégiques. Toutefois, l'ingénierie de détail n'ayant pas encore été réalisée, les localisations précises ne sont pas connues au moment de la production de l'étude d'impact environnemental et social.

7.6.2.5 Propositions de moyens complémentaires

Par ailleurs, il est recommandé qu'AGEM Sénégal prennent des mesures complémentaires pour assurer un plus grand degré de sécurité à ses employés. Les mesures recommandées dans le cadre de cette étude sont présentées dans les paragraphes qui suivent. La mise en place de ces mesures, ou encore de mesures alternatives, demeure à la discrétion d'AGEM Sénégal.

7.6.2.5.1 Protection individuelle

AGEM Sénégal devrait identifier les Équipements de Protection Individuels (EPI) spécifiques à chaque tâche et les afficher aux postes de travail. L'utilisation des EPI, lorsqu'il est requis, devrait être communiquée, conçue pour protéger l'employé et devrait être dimensionnée pour s'adapter aux personnes concernées. Une formation documentée sur l'utilisation et l'entretien des EPI devrait être réalisée.

Une évaluation des zones de bruit potentiellement dangereuses devrait être réalisée afin de permettre de produire une cartographie de bruit et de fournir les EPI adéquats. En ce sens, une attention devrait être portée à l'atelier de soudure où les niveaux de bruits pourraient atteindre des seuils élevés, de même que la zone minière active avec le fonctionnement des foreuses, des camions et des pelles susceptibles de générer des bruits avec un risque pour le personnel y évoluant.

Dans le plan de lutte contre le bruit proposé, des outils pourront être mis en place tels que la sensibilisation et la formation des travailleurs. Ainsi, les employés, les entrepreneurs et les visiteurs devraient être tenus de porter des protections auditives dans les zones 85 dB (A) ou 137 dB (C) impulsion ou plus.

Une formation annuelle devrait être faite et documentée pour tous les employés qui travaillent régulièrement (au moins chaque semaine) dans les zones où l'exposition à 85 dB (A) ou 137 dB (C) impulsion ou plus. Et les résultats de ses enregistrements devraient être intégrés dans le système documentaire du site.

Une procédure écrite avec une formation associée devrait être mise en place par AGEM Sénégal dans le management des émissions de poussières. Il s'agira de fournir des moyens de protections adéquats tels des masques FFP1, FFP2, FFP3 et éventuellement des respirateurs pour le personnel soudeur. Une mise à jour des EPI pourra se faire chaque fois qu'un procédé change ou après un incident impliquant l'utilisation des EPI.

7.6.2.5.2 Communication des dangers

Afin d'être proactif et dans un souci de permettre au personnel de connaître les dangers et risques sur le chantier, la compagnie devrait élaborer une procédure écrite sur l'identification des dangers, former son personnel tout en mettant en place des outils simples tels que carte MBA en usage dans les autres installations d'IAMGOLD, le « *Take five* » ou le « *Job Safety Environment Analysis* » pour une identification des risques auxquels les travailleurs seraient exposés dans les lieux de travail.

AGEM Sénégal devrait aussi identifier tous les produits chimiques avec leurs fiches de données de sécurité associées afin de permettre au personnel de connaître les dangers conformément à la réglementation en

vigueur sur la gestion des produits chimiques. Une fiche d'identité et de mise en service reprenant les caractéristiques du produit chimique devrait être élaborée et communiquée à l'ensemble du personnel. Cette fiche pourra également être affichée dans la zone de stockage des produits chimiques.

Le local des produits chimiques devrait être muni d'un extracteur et aussi fermer à clé sous la responsabilité d'une personne formée sur la gestion des produits dangereux. Dans ce même local, toutes les Fiches de Données de Sécurité (FDS) devraient être accessibles et les règles de compatibilité du stockage bien respectées.

7.6.2.5.3 *Domaine de la sécurité*

Compte tenu de l'importance des risques rencontrés dans le domaine minier, AGEM Sénégal devrait mettre en place des procédures opérationnelles prenant en compte la nature des activités sur site telles que :

7.6.2.5.3.1 *Consignation, Zéro énergie, Lock/Tag*

La procédure de cadenassage ou énergie zéro (« *Lock out/Tag out* ») devrait être une des priorités d'AGEM Sénégal afin de protéger son personnel intervenant sur les circuits sous énergie, cette procédure permet non seulement de protéger en terme de prévention collective les personnes qui ont une action physique sur les machines, mais également d'isoler les machines elles-mêmes. La procédure devrait être enseignée au personnel, mais également aux sous-traitants. Et des audits périodiques pourraient être réalisés afin d'évaluer la conformité par rapport à la procédure.

7.6.2.5.3.2 *Entrée dans les espaces clos dangereux*

La compagnie devrait identifier tous les espaces clos dangereux et procéder à une évaluation des risques associés à l'entrée dans ces espaces qui constituent de réels dangers pour le personnel. Pour cela :

- Un permis obligatoire avant tout travail dans un espace confiné devrait être demandé;
- Seules les personnes formées devraient être autorisées à avoir accès dans les espaces confinés;
- Les capacités de secours devraient être disponibles dans les 5 minutes en cas de situation d'urgence liée à l'accès dans ses zones et des exercices annuels de simulation pourraient ainsi être menés;
- Une revue des permis d'entrée dans un espace confiné serait obligatoire en cas d'accident ou de changement de procédé ou de méthode de travail;
- Un audit des permis pourra ainsi se faire de manière périodique afin de s'assurer de la conformité des permis.

7.6.2.5.3.3 *Protection des machines et équipements*

Dans le cadre de la maintenance préventive, la sécurité des machines devrait être prise en considération, à cet effet, AGEM Sénégal pourrait élaborer des procédures de vérifications journalières des machines prenant en compte tous les problèmes de sécurité relatifs au fonctionnement des machines.

Toutes les machines ayant un potentiel de nuisance sur le personnel devraient être identifiées avec un numéro de flotte, une fiche de mise en service, un manuel d'utilisateur fourni par le fabricant. AGEM Sénégal devrait également identifier tous les compartiments qui peuvent présenter des risques pour le personnel et placer des étiquettes de sécurité montrant la nature du danger.

Une analyse pourra également être menée pour évaluer la sécurité des machines et les équipements de protection via des inspections. Les personnes opérant sur des machines équipées de système de protection devraient recevoir des formations en mécanique et connaître les règles basiques en sécurité. Des audits périodiques pourraient être menés pour s'assurer que les systèmes de protection sont en place et vérifiés après maintenance et avant réutilisation.

7.6.2.5.3.4 Sécurité des véhicules et de la flotte

Une gestion de la sécurité du véhicule devrait être une priorité pour AGEM Sénégal compte tenu de l'importance prévue de la flotte. Une procédure devrait être maintenue et orientée sur les questions de sécurité du véhicule, y compris sur site et en-dehors. AGEM Sénégal pourrait ainsi :

- Établir des lignes directrices prenant en compte la gestion du trafic avec l'implémentation d'un plan de circulation aussi bien en mine que sur le site avec des limitations de vitesse qui peuvent varier en fonction des zones de circulation;
- Tous les véhicules légers devraient ainsi être équipés de gyrophare, d'un drapeau avec une haute visibilité et des lumières fonctionnelles avant de circuler dans la zone minière active;
- Élaborer un programme de formation pour les employés qui sont appelés à conduire les véhicules dans le site;
- Tous les conducteurs devraient au préalable avoir le permis de leur pays d'origine et ensuite subir des tests sur site conformément aux exigences du plan de circulation établi;
- Des listes de contrôle des utilisateurs devraient être systématiques avant toute utilisation.

Les chariots élévateurs, les tracteurs, les camions plate-forme de levage et les chariots à moteur devraient être également pris en compte dans le management de la flotte. Seuls le personnel formé et les opérateurs qualifiés devraient être autorisés à conduire les camions automoteurs. Les camions devraient être exploités et entretenus en conformité avec les directives et les instructions du fabricant.

Les évaluations des risques devraient être réalisées avant utilisation de ces types d'équipement qui requièrent des formations spécifiques.

7.6.2.5.3.5 Gestion des équipements de levage

Tous les équipements et accessoires de levage devraient être vérifiés annuellement par un organisme agréé. Toutefois, seules les personnes formées à l'utilisation de tels équipements devraient être autorisées à les manipuler.

AGEM Sénégal pourra mettre en place une procédure sur l'utilisation et des inspections tri mensuelles avec un système de code couleur. Tous les utilisateurs devraient être formés et tout équipement défectueux sera isolé et remplacé par un nouveau.

Un système de « *book in/book out* » permettra à l'entreprise d'avoir un suivi rigoureux des accessoires de levage. Toutefois, les équipements de levage mobiles tels les grues devraient faire l'objet d'une considération particulière compte tenu du fait qu'ils interviennent dans les opérations de levage des charges lourdes. En effet, toute charge supérieure à 10 T avant d'être soulevée devrait faire l'objet d'une analyse de risque avec un permis de levage associé. La sélection, l'inspection et l'entretien de toutes les élingues et des appareils de levage devraient être réalisés en conformité avec les normes internationales.

7.6.2.5.3.6 Sécurité des sous-traitants et visiteurs

Une procédure écrite devrait être mise en place et tous les sous-traitants devraient réaliser une analyse des risques associés à leurs activités et les résultats communiqués au client. Ils devraient également suivre les exigences du client en HSE. Tout visiteur devrait faire une formation en induction reprenant les règles générales en HSE du site. Une procédure de déclaration des sous-traitants devrait également être mise en place. AGEM Sénégal pourrait à travers son programme d'audit interne vérifier la conformité des sous-traitants par rapport aux exigences en HSE.

7.6.2.5.3.7 *Nettoyage /Housekeeping*

Le but d'un bon nettoyage consiste à garder l'environnement de travail propre et d'éliminer tous les déchets et débris inutiles pour assurer une première ligne de défense contre les accidents, les blessures, les incendies et la pollution de l'environnement. Le rangement est la responsabilité de tout le personnel du site; l'engagement de la direction devrait être démontré à travers des activités 5S et tout le personnel impliqué dans ce sens.

AGEM Sénégal, pourra via la réalisation d'activités 5S s'assurer que :

- Les zones de travail sont bien rangées et nettoyées;
- Les déchets autres que les déchets généraux sont gérés conformément aux procédures applicables;
- Les principaux accès sont libres de toute obstruction en tout temps, par exemple issues de secours, portes coupe-feu, etc.;
- Les déversements ont été nettoyés par une méthode appropriée conformément aux instructions du fabricant ou fiche de données de sécurité (FDS);
- Les allées/escaliers sont libres de tout matériel susceptible de causer des risques de trébuchement et de chute, etc.

7.6.2.5.3.8 *Échelles et échafaudages*

Les échelles achetées devraient être de type ISO (ou équivalent) et certifiées par le fabricant. En l'absence de toute norme locale ou internationale équivalente, la norme d'ANSI devrait s'appliquer :

- Une seule personne à la fois devrait utiliser une échelle;
- Les échelles devraient être en bon état en tout temps;
- L'utilisateur devrait inspecter l'échelle avant chaque utilisation;
- Les échelles devraient être inspectées trimestriellement par une personne compétente, et le code de couleur du trimestre applicable devrait être peint sur le rail latéral;
- Aucun bricolage ou construction maison concernant les échelles et échafaudages ne devrait pas être autorisé sur site par la compagnie.

7.6.2.5.3.9 *Ergonomie/ manutention manuelle*

Le management devrait concevoir des méthodes de travail sécuritaire afin d'éliminer, dans la mesure du possible, la manutention manuelle des charges lourdes. Les superviseurs devraient être formés sur les techniques d'évaluation des risques de manutention manuelle.

Lorsque la manutention manuelle est inévitable, une évaluation des risques devrait être faite systématiquement. Les zones de stockage devraient être conçues de manière à réduire les risques pour le personnel de déplacer des charges lourdes. Toutes les blessures au dos devraient être communiquées sans délai au superviseur et une investigation approfondie devrait être instituée afin d'éviter la récurrence.

7.6.2.5.3.10 *Protection contre les chutes*

Tous les travaux en hauteur devraient être identifiés dans le site et le personnel concerné devrait être formé sur les mesures de protection contre les chutes avec un recyclage tous les trois ans.

Les moyens d'accès, tels que des échelles, devraient être fournis au personnel qui devrait effectuer des travaux en hauteur (à plus de 2 m du sol). Les systèmes antichute, tels que les garde-fous, les harnais, les longes de sécurité et les points d'ancrage, devraient être disponibles avant tout travail en hauteur.

Les employés qui doivent travailler en hauteur devraient être formés sur les dangers associés à la hauteur, et les exigences de la procédure de protection contre les chutes. Des appareils permettant de travailler en

hauteur en sécurité tels que le boom lift ou le scissor lift devraient être vérifiés et inspectés avant utilisation par les personnes formées

7.6.2.5.3.11 *La prévention contre les incendies*

Toutes les activités ou tous les endroits de stockage présentant un risque incendie sur site devraient être identifiés et des actions immédiates mises en place afin de minimiser ce risque. Il s'agit pour l'essentiel :

- Des zones de stockage des combustibles;
- Des zones de stockage des explosifs;
- Du magasin des produits chimiques;
- De la zone de stockage des déchets;
- Des ateliers de soudure, etc.

AGEM Sénégal devrait mettre en place une procédure de collecte systématique des déchets, identifier les endroits pour fumeurs, veiller sur les opérations de ravitaillement en carburant des véhicules, et implémenter une procédure sur les bouteilles de gaz comprimé, leur utilisation, leur manipulation, leur stockage, leur transport et l'élimination.

7.6.2.5.4 *Domaine de l'environnement*

7.6.2.5.4.1 *Gestion des déchets*

Concernant la gestion des déchets, AGEM Sénégal devrait faire un inventaire de tous les déchets produits par les activités. Il s'agira pour les plus dangereux :

- Les huiles usées issues des activités de maintenance;
- Les filtres de gasoil, les emballages vides de certains produits chimiques, etc.

Tous les flux de déchets devraient être caractérisés et analysés périodiquement.

Une procédure de tri à la source conformément à la réglementation devrait être mise en place avec un système de code couleur (jaune pour les déchets souillés d'huile, le rouge pour les déchets généraux et le bleu pour le papier et les cartons. Les flux de déchets dangereux et non dangereux devraient être contrôlés annuellement pour être gérés et traités conformément aux exigences légales.

Une formation annuelle devrait être dispensée pour les personnes qui manipulent des déchets dangereux/spéciaux. Un enregistrement des volumes et types de déchets, une fois effectué, servira d'indicateur de suivi.

7.6.2.5.4.2 *Émission dans l'air*

Toutes les sources d'émissions devraient être identifiées et une évaluation des impacts effectuée et archivée. Les équipements générant des émissions devraient être munis d'une procédure d'exploitation et de maintenance préventive.

7.6.2.5.4.3 *Gestion des stockages de produit chimique*

Les zones de stockage des produits chimiques devraient être suffisamment spacieuses, les matériaux (kit d'absorbant) en cas de déversement disponibles dans la zone de stockage. Les rétentions devraient avoir des capacités suffisantes (10 % total de conteneurs, ou 110 % du plus grand réservoir).

Des procédures écrites pour les inspections et le suivi des actions (minimum mensuelles) incluant l'état des contenants, les étiquetages les équipements d'urgence devraient être mises en place, etc.

7.6.2.5.5 Organisation et responsabilités

En termes d'organisation et de responsabilités, la compagnie devrait mettre en place une organisation bien structurée avec un organigramme bien défini et validé par le management. Toutefois, la direction et les superviseurs devraient démontrer un engagement et leur responsabilité de suivre et de faire respecter les politiques de développement durable d'AGEM Sénégal. Ils sont attendus à encourager tout le personnel à accepter la responsabilité de maintenir un environnement de travail sûr et la gestion des risques en milieu de travail.

Le personnel devrait avoir la possibilité de participer à l'élaboration, la gestion et/ou le maintien de contrôles de santé, de la sécurité, de l'environnement et de la communauté dans leur milieu de travail.

En plus des équipes techniques et des mesures de prévention prévues pour réduire les risques inhérents aux activités, AGEM Sénégal devrait mettre en place une organisation pour le management des indicateurs de performance en matière d'hygiène, de santé et de sécurité au travail.

7.6.2.5.6 Intégration des activités HSE dans le fonctionnement général de l'entreprise

AGEM/IAMGOLD devrait mettre en place :

- Un service autonome en charge des questions d'Hygiène, de Sécurité et d'Environnement sur le site. Ce service pourrait être dirigé par un Responsable compétent et qualifié aidé en cela par quelques agents HSE;
- Un service de médecine du travail pour le suivi médical des travailleurs à l'embauche et tous les ans;
- Un comité hygiène, santé et sécurité au travail sous la présidence du Directeur Général de AGEM Sénégal;
- Des indicateurs de suivi des activités HSE;
- Des groupes de travail HSE;
- Des meetings hebdomadaires HSE où les KPI (« Key Performance Indicator ») devraient être revus avec les managers sur site;
- Des méthodes rapides de résolution de problème lors des enquêtes d'accident et incidents.

Les Procédures Opérationnelles Standard devraient également inclure tous les composants HSE (EPI, Comportement, etc.) et un processus d'observation des comportements pourra aussi être implémenté dans chaque zone d'intervention (carrières, cimenterie, centrale électrique).

7.6.2.5.6.1 Déclaration des incidents et accidents

Tous les événements devraient être rapportés immédiatement au responsable HSE de AGEM Sénégal par un contact téléphonique. Les événements devraient être signalés par mail dans un délai d'un jour ouvrable après l'événement et les mesures correctives devraient être réalisées dans les délais. Une revue des incidents, accidents et maladies professionnelles devrait être conduite afin de s'assurer que les décisions ont été appropriées, appliquées et conformes à ce qui a été rapporté.

Il est à noter que tout déversement d'hydrocarbure supérieur ou égal à 20 litres devrait faire l'objet d'un incident environnemental.

7.6.2.5.6.2 Procédure d'enquête après accident

Les enquêtes sur les événements et les presque accidents devraient être menées rapidement afin d'identifier les causes profondes et les causes contributives liées à l'événement et les résultats des enquêtes d'événements devraient être communiqués et les mesures correctives prises afin d'éviter la

réurrence. Les employés qui mèneront des enquêtes de l'événement devraient être formés aux techniques d'investigation.

7.6.2.5.6.3 Amélioration continue et gestion des changements

La direction devrait établir et communiquer à tout le personnel concerné les procédures de revue des documents d'hygiène, de santé et de sécurité. Les chefs de projet devraient être responsables de la mise en place d'une revue des procédés HSE et de transmettre aux autorités appropriées si exigé.

7.7 ANALYSE DES RISQUES PROFESSIONNELS

Le danger est un potentiel physique ou chimique, susceptible dans certaines conditions ou circonstances, de causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.

L'identification des dangers potentiels est un préalable dans une analyse des risques professionnels. C'est, en effet, le processus consistant à reconnaître l'existence d'un danger et à définir ses caractéristiques. Dans le cadre du présent projet, elle consiste à étudier les différentes activités et les procédés de travail susceptibles d'occasionner des dommages sur les personnes.

7.7.1 Identification des dangers et risques professionnels liés aux travaux préparatoires

Cette phase consiste à la préparation ou à la mise en place de toutes les installations nécessaires qui seront utilisées lors de la mise en service de la mine. Il s'agit donc de déterminer et de caractériser de façon exhaustive les dangers et les risques professionnels associés, liés à cette phase qui comprend différentes composantes. Celles-ci sont :

- Le déblayage de la mine;
- La construction de l'atelier de maintenance et de l'usine de traitement et toutes les infrastructures associées
- Le montage des réservoirs de stockage de gasoil;
- La construction du bassin de décantation des résidus;
- La construction du camp minier.

7.7.1.1 Risques professionnels liés à la préparation de la mine

Avant de démarrer l'exploitation d'une mine à ciel ouvert, des travaux de préparation sont réalisés sur toute la surface de la mine et des zones prévues pour le stockage des stériles et des minerais d'or ainsi que la zone d'implantation de l'atelier de maintenance. Il s'agit du déboisement et de l'enlèvement de la terre végétale.

Les risques liés à ces travaux sont les mêmes que ceux décrits aux paragraphes précédents, particulièrement sur la préparation du site.

7.7.1.2 Risques professionnels liés au montage de l'usine de traitement et de l'atelier de maintenance

L'usine et les infrastructures associées seront constituées d'une charpente métallique.

Les principaux risques liés au montage de toute structure métallique sont :

- La chute de hauteur;
- L'écrasement d'ouvrier par chute de barres d'acier (très lourdes);
- La coupure aux doigts ou aux pieds lors de la manipulation des tôles de zinc.

Les principaux risques liés à l'ensemble des travaux de rénovation et d'extension sont :

- Les chutes de hauteur;
- Les blessures par chute d'objet métallique;

- Les blessures par chute de plain-pied lors des déplacements sur le site;
- Les brûlures lors des opérations de soudure;
- Les risques de déshydratation pour les agents chargés de traiter les installations métalliques plus ou moins rouillées (port de combinaison de protection surtout en période de forte chaleur).

7.7.1.3 Risques professionnels liés à l'installation du stockage de gasoil

De manière générale, la mise en place du stockage de gasoil nécessite deux activités :

- le montage des réservoirs sur des socles préalablement construits et le raccordement par soudure de la tuyauterie de connexion;
- la construction des murets de cuvettes rétention et le dallage de toute la surface interne pour imperméabiliser les cuvettes. Cette activité nécessite la manipulation d'une quantité plus ou moins importante de ciment.

Les risques professionnels liés à ces activités sont principalement :

- le risque de brûlure lors des opérations de soudure;
- le risque de maladie d'eczéma de contact (lors de la manipulation du ciment) dû à la présence de chrome hexavalent (chrome VI) et de cobalt dans les ciments;
- le risque d'irritations oculaires en cas de projection de ciment dans les yeux et rhinites provoquées par l'inhalation de poussière de ciment sec;
- le risque de blessure à la main lors de la manipulation de la ferraille pour la construction des dalles et des murets de la cuvette de rétention.

7.7.1.4 Risques professionnels liés à la construction du bassin de décantation des résidus

L'espace devant abriter le bassin de décantation des résidus nécessite au préalable un débroussaillage et l'enlèvement de la terre végétale. La seconde étape de la construction consiste à excaver l'intérieur du bassin et à construire la digue de rétention. Ces travaux seront réalisés à l'aide de :

- Camions pour le transport des matériaux de construction;
- Pelles mécaniques et tracteurs pour l'abattage des arbres, l'enlèvement de terre végétale, l'excavation du bassin et la construction de la digue.

Tous ces véhicules évolueront pour la plupart sur un relief non adapté à la circulation, ce qui peut augmenter le risque d'accident par chute de véhicule. Sur le site, la circulation des engins à proximité des ouvriers peut également être à l'origine d'accidents.

Ces travaux provoquent également l'émission d'une importante quantité de poussière pouvant être à l'origine de maladies pulmonaires et de vision pour le personnel exposé.

7.7.1.5 Risques professionnels liés à l'augmentation de la capacité d'accueil du camp minier

Nouveau camp Cela revient à construire beaucoup plus de logements et de toilettes que ceux présents actuellement sur le site. Cet important chantier nécessitera plusieurs rotations de véhicules poids lourds qui apporteront le matériel de construction (sable, ciment, ferraille, etc.). La circulation de ces véhicules constituera un risque d'accident à l'intérieur du camp ou sur les routes soit par dérapage et chute du véhicule, soit par collusion ou heurt de personne.

La construction des logements regroupe habituellement les volets maçonnerie, plomberie, électricité et application de la peinture qui sont toutes des activités ayant des risques d'accident.

7.7.1.6 Résumé des dangers et risques associés, liés aux travaux préparatoires

Le tableau ci-dessous donne le résumé des dangers et des risques associés, inhérents à chaque activité de la phase préparatoire et les personnes exposées, donc susceptibles de subir des dommages.

Tableau 7.49 Résumé de dangers et risques professionnels liés à la phase préparatoire

Activités / Installations		Dangers ou situations dangereuses	Risques possibles	Personnes concernées	
Préparation de la mine	Abattage d'arbres et enlèvement de terre végétale	Chute des arbres	Blessures / écrasement	Ouvriers	
		Présence de serpents	Morsure de serpent		
		Exposition à la poussière	Maladies pulmonaires		
		Exposition à la chaleur/soleil	Insolation, Déshydratation		
Montage des charpentes et structure des bâtiments	Travail en hauteur		Blessures par chute de hauteur	Ouvriers	
		Barres d'acier suspendues	Écrasement par chute de barre en acier		
	Travail en hauteur		Blessures par chute de hauteur	Ouvriers	
		Manipulation des tôles de zinc	Coupure aux doigts		
			Travail en hauteur	Blessures par chute	Ouvriers
			Objet métallique suspendu	Blessure ou écrasement	
			Chalumeau de soudure	Brûlure	
			Encombrement du lieu	Blessure par chute de plain-pied	
			Projection de corps étrangers	Lésion cutanée ou oculaire	
		Bruit lié aux travaux	Surdité		
		Chaleur lors des travaux	Déshydratation		
Installation du stockage de gasoil	Pose des réservoirs		Écrasement	Ouvriers	
		Chalumeau de soudure	Brûlure		
	Construction cuvettes de rétention		Contact avec le ciment ou inhalation de poussière	Eczéma de contact Irritations oculaires Rhinite	Ouvriers
			Manipulation de ferraille	Blessure	
Construction du bassin de décantation des résidus	Abattage d'arbres et enlèvement de terre végétale	Chute des arbres	Blessures / écrasement	Ouvriers	
		Présence de serpents	Morsure de serpent		
	Excavation et construction de la digue de rétention		Chute de camion ou de pelle mécanique	Blessures	Conducteurs
			Circulation des véhicules sur site	Heurt ou écrasement	Ouvriers
		Exposition à la poussière	Maladies pulmonaires		
Augmentation de la capacité d'accueil du camp minier	Apport matériel de construction	Circulation de poids lourds	Blessure ou décès par accident	Conducteur, ouvrier, locataire du camp, tierce personne	
					Activité de maçonnerie
	Travaux en hauteur	Blessure par chute			
	Exposition à la poussière de ciment				
	Manipulation de la ferraille	Blessure à la main			
	Manipulation des outils de travail	Blessure			
	Adoption de postures contraignantes	Troubles musculo-squelettiques (TMS)			
	Plomberie		Particules projetées lors de perforation des murs pour le passage des tuyaux	Blessure aux yeux	Plombiers
			sectionnement des tuyaux en PVC	Blessure à la main	
			Usage du chalumeau pour le	Brûlure	

Activités / Installations		Dangers ou situations dangereuses	Risques possibles	Personnes concernées
		chauffage des tuyaux en PVC		
		Adoption de postures contraignantes et gestes répétitifs	TMS	
		Exposition aux agents biologiques	Infection, intoxication	
	Installation électrique et usine	Exposition au courant électrique	Électrisation ou électrocution	Électriciens
		Travaux en hauteur	Blessure par chute	
	Application de la peinture	Exposition à l'odeur de la peinture (présence de solvants)	Céphalées	
		Exposition aux projections de gouttelettes de peinture	Irritation des yeux	
		Travaux en hauteur	Blessure par chute	
		Adoption de postures contraignantes	TMS	

7.7.2 Identification des dangers et risques professionnels liés à la mise en service de la mine

Il s'agit de déterminer de façon exhaustive les dangers et les risques professionnels associés, liés à l'exploitation de toutes les composantes du projet minier. Ces composantes sont :

- La mine à ciel ouvert;
- L'usine de traitement;
- Le stockage de gasoil;
- Le bassin de résidus;
- Le barrage d'eau;
- La circulation des véhicules;
- Le camp minier;
- Les ateliers de maintenance;
- Raté de tir;
- Le dépôt et la préparation d'explosifs.

7.7.2.1 Risques professionnels liés à la mine à ciel ouvert

Le personnel de l'exploitation de la mine sera essentiellement constitué du personnel de l'excavation, de géologues, du chargement et du transport de minerais par camions, etc. Ce personnel sera exposé à divers risques :

- Risque de chute de roches ou de glissement de dépôts meubles le long des parois de la fosse;
- Risque de chute de travailleur ou de véhicule le long des parois de la fosse suite à une défaillance mécanique ou à une erreur humaine;
- Risque de collision de véhicules au niveau des gradins;
- La poussière et les bruits émis lors des travaux d'excavation et de chargement;
- La chaleur qui règne dans la fosse à ciel ouvert (pas d'ombrage);
- Explosion dans la fosse liée à un raté de tir.

Concernant ce dernier risque, il est prévu une procédure pour s'assurer de gérer ce risque et cela comprend notamment l'inspection des lieux juste après une explosion pour vérifier la présence potentielle de raté de tir. Si un doute existe, la zone n'est pas « libérée » pour l'opération et suivant la configuration du raté, des mesures adéquates sont prises pour supprimer le risque.

7.7.2.2 Risques professionnels liés à l'usine de traitement

L'usine de traitement regroupe toutes les installations et les produits chimiques permettant l'extraction de l'or contenu dans les minerais.

Le fonctionnement simultané de la plupart de ces installations (concasseurs, broyeurs, convoyeurs groupes électrogènes, compresseurs d'air, etc.) ainsi que le déchargement continu des minerais par des camions (en provenance de la mine) produisent un bruit intense et une émission d'une importante quantité de poussière au niveau de l'usine. De par leur fonctionnement, certaines installations présentent également un risque physique pour le personnel. Il s'agit surtout :

- Des convoyeurs dont les mouvements de rotation de la courroie peuvent entraîner la blessure d'un employé;
- Des concasseurs pouvant entraîner des projections de pierres.

Le danger du travail en hauteur est également à noter au niveau de l'usine de traitement et peut être à l'origine d'accidents. Ce risque est beaucoup plus élevé en période de maintenance générale des installations de l'usine.

La maintenance des broyeurs et concasseurs constitue un travail en espace isolé et confiné. Le danger de cet équipement est la présence d'éléments tournants qui peuvent s'emballer en cas de déclenchement de l'ensemble du système. D'où la nécessité de consigner toutes les énergies lors des opérations de maintenance.

Les produits chimiques qui seront utilisés sur le site constituent un risque pour les travailleurs chargés de les manipuler. Il s'agit principalement :

- Du cyanure avec un risque d'inhalation de poussière. Une défaillance au niveau du système de cyanuration peut entraîner une émission de gaz cyanhydrique (très toxique);
- De la soude caustique et de l'acide chlorhydrique qui sont des produits corrosifs en solution.

7.7.2.3 Risques professionnels liés au stockage de gasoil

Le risque professionnel au niveau du stockage de gasoil est surtout lié au risque industriel. En effet, le gasoil, qui est le combustible utilisé pour l'alimentation des groupes électrogènes, peut être à l'origine d'un incendie et les radiations thermiques émises pourraient provoquer des brûlures aux personnes exposées.

Au moment des opérations de dépotage, il peut arriver que le flexible se relâche brutalement et provoquer un jet d'hydrocarbure qui peut atteindre l'opérateur. Ceci pourrait entraîner des irritations de la peau et/ou des yeux (selon les parties atteintes).

7.7.2.4 Risques professionnels liés au bassin de résidus

Le risque professionnel lié à l'exploitation du bassin de décantation des résidus de lixiviation est la chute éventuelle d'un travailleur dans les eaux polluées du bassin. Les conséquences d'un tel accident sont :

- La noyade en cas d'incapacité de nager;
- L'intoxication en cas d'ingestion d'eau avec une concentration élevée de cyanure.

7.7.2.5 Risques professionnels liés au barrage d'eau

Le risque professionnel lié au barrage d'eau est également la noyade en cas de chute d'un travailleur dans l'eau. Toutefois, on peut noter que ce risque est relativement faible dans la mesure où :

- Le barrage se situe dans une zone non fréquentée par les travailleurs à l'exception du gardien;
- La digue est suffisamment large avec une pente faible.

7.7.2.6 Risques professionnels liés à la circulation des véhicules

Le principal risque professionnel lié à la circulation des véhicules reliant les différents sites est l'accident qui peut être, soit une chute de véhicule, soit une collision entre deux véhicules, soit un heurt d'un piéton. Ce risque professionnel inclut également le risque d'accident de trajet qui peut survenir sur la route Kédougou-Dakar lorsque les travailleurs partent ou reviennent de congés. Ces accidents peuvent être causés par :

- L'excès de vitesse;
- La défaillance mécanique;
- L'erreur humaine;
- La surcharge du véhicule;
- L'état de la route (surtout en période d'hivernage).

Dans tous les cas, les conséquences humaines d'un accident de circulation sont des blessures plus ou moins graves ou décès de personnes.

7.7.2.7 Risques professionnels liés au camp minier

Le camp minier est le camp d'hébergement devant abriter le personnel de l'entreprise. Il dispose donc des installations et des produits nécessaires pour le fonctionnement du camp. Parmi ces installations ou produits, certains présentent des risques pouvant conduire à des accidents ou maladies plus ou moins graves. Il s'agit de l'ensemble cuisine-restaurant, du gaz de cuisine (butane), de l'eau de consommation et des chambres.

- Ensemble cuisine-restaurant : Dans une cuisine, les conditions idéales sont réunies pour la prolifération des micro-organismes: présence de matières organiques, chaleur et humidité. Ces micro-organismes peuvent provenir de l'extérieur via les personnes (entrant dans la cuisine), les aliments tels que la viande, le poisson, les œufs, les produits végétaux, etc. Lorsque des aliments sont mal préparés ou mal cuits, ou encore mal conservés, ils peuvent contenir des micro-organismes pouvant être à l'origine de maladies plus ou moins graves telles que l'intoxication alimentaire, la diarrhée ou autres maladies infectieuses.
- Le personnel de cuisine est également exposé à des risques de coupures et de brûlures dues respectivement à l'utilisation d'outils tranchants (couteaux) et des équipements chauffés.
- Gaz de cuisine : les bouteilles de gaz sont des équipements sous pression. Lorsqu'une bonbonne est prise dans un incendie, elle peut exploser et émettre des projectiles très dangereux pour les personnes exposées. Toutefois, ce risque a été pris en compte au niveau du camp en scellant les bouteilles en cours d'utilisation en dehors de la cuisine.
- L'eau de consommation : il peut arriver qu'elle contienne des germes pouvant provoquer des maladies. Le camp dispose, néanmoins, d'une unité de potabilisation de l'eau provenant du forage.
- Les chambres : le camp minier étant installé en pleine brousse, la présence de moustiques dans les chambres peut être à l'origine de maladies (paludisme).
- Les femmes de ménage qui assurent le nettoyage des chambres sont exposées au risque d'électrisation.

7.7.2.8 Risques professionnels liés aux ateliers de maintenance

L'entreprise disposera d'un atelier de maintenance dans le périmètre de l'usine qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises minières. Elle n'a pas comme seul objectif de réparer l'outil de travail, mais aussi de prévoir et d'éviter les dysfonctionnements. D'où les deux concepts de la maintenance :

- La maintenance préventive ou proactive qui vise à maintenir l'objet ou l'engin concerné dans un état fonctionnel. Elle est généralement planifiée et programmée;
- La maintenance corrective ou réactive qui consiste à réparer l'objet ou l'engin pour qu'il fonctionne à nouveau. Il s'agit d'une tâche non planifiée et non programmée qui s'accompagne généralement de dangers et de risques plus importants.

Dans tous les cas, bien qu'elle soit réalisée par des professionnels, la maintenance mécanique présente beaucoup de risques pour le personnel lors de la réalisation de certaines opérations.

7.7.2.8.1 Remplacement de benne de camion

L'exploitation minière entraîne l'usure des bennes de camion assurant le transport des minerais. Les entreprises minières prévoient le remplacement des bennes usagées par des bennes neuves. Le danger lié à cette opération est la mise en suspension d'une benne de plus d'une tonne par des câbles de grues. La chute accidentelle de la benne pourrait blesser ou écraser un opérateur.

Le changement ou la remise en place d'un moteur de véhicule nécessite également une suspension à l'aide de palan et présente un risque de blessure grave ou écrasement en cas de chute accidentelle.

7.7.2.8.2 Graissage et huilage de pièces métalliques

Cette activité expose l'opérateur aux graisses et huiles dont le contact prolongé ou répété peut provoquer une irritation de la peau ou une dermatite. Il y a un risque potentiel d'irritation ou de rougeur passagère en cas de contact accidentel avec les yeux. Une surexposition à l'inhalation des gouttelettes en suspension dans l'air ou aux aérosols peut provoquer une irritation des voies respiratoires.

7.7.2.8.3 Nettoyage des pièces

Il se fait souvent par l'utilisation de solvants de nettoyage. Ces produits présentent non seulement un risque d'incendie (produits très inflammables), mais leur manipulation présente des risques pour la santé humaine. Tous les solvants ont, à des degrés divers, des effets toxiques communs. Il s'y ajoute pour certaines molécules une toxicité spécifique d'organe. D'une manière générale, les solvants sont toxiques par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion. Les manifestations aiguës liées à une exposition accidentelle intense peuvent être d'ordre cutanéomuqueux, neurologiques, respiratoires, cardiaques et digestives.

7.7.2.8.4 Utilisation ou manipulation des batteries de véhicule

L'utilisation ou la manipulation des batteries de véhicule comporte plusieurs risques d'accident pouvant entraîner des blessures plus ou moins graves :

- Le risque électrique : une batterie est un générateur de courant électrique et par conséquent, peut être à l'origine de brûlures par électrisation d'un opérateur;
- Le risque chimique lors de la manipulation des batteries tient essentiellement à la présence de l'électrolyte dans lequel baignent les plaques positives et négatives. Cet électrolyte est une solution aqueuse d'acide sulfurique. Ce liquide corrosif peut entraîner de graves brûlures par contact avec la peau, les yeux, etc.
- Le risque d'explosion de la batterie découlant du gaz d'hydrogène généré par celle-ci peut entraîner la cécité, de graves blessures, un défigurement permanent et des cicatrices. La batterie peut également exploser dans des conditions anormales, par exemple lorsqu'elle est survoltée ou court-circuitée par un outil.

7.7.2.8.5 Opérations de soudure

Dans un atelier de maintenance, les besoins de soudure de pièces métalliques sont assez fréquents. Cette soudure se fait avec un chalumeau dont la flamme présente un important flux thermique. Le risque lié à cette activité est la brûlure.

7.7.2.8.6 Déplacement des véhicules au niveau de l'atelier de maintenance

Un atelier de maintenance mécanique est un lieu où évoluent, en même temps, le personnel de maintenance et des véhicules ou engins de toutes sortes. Dans le cas de ce projet, ce sont souvent des véhicules poids lourds et encombrants qui évolueront sur le site. Le risque professionnel lié à cette atmosphère de travail est le heurt ou l'écrasement d'un agent lors des manœuvres insoupçonnées de conducteurs.

7.7.2.8.7 Lavage des véhicules

Dans les exploitations minières, les véhicules doivent être régulièrement lavés pour les débarrasser des boues qui pourraient accélérer l'usure de certaines pièces et conduire à des pannes mécaniques. Ce lavage se fait à jet d'eau avec une certaine pression. Cette activité présente un risque de blessure à l'œil dû à des projections en sens inverse de petites particules solides détachées sous la pression de l'eau.

Résumé des dangers et risques professionnels associés à la mise en service de la mine

Le tableau ci-dessous donne le résumé des dangers et des risques associés, inhérents à chaque activité de la phase d'exploitation et les personnes exposées, donc susceptibles de subir des dommages.

Tableau 7.50 Résumé des dangers et risques professionnels liés à la mise en service de la mine

Activités /installations		Dangers ou situations dangereuses	Risques possibles	Personnes concernées	
Exploitation de la mine à ciel ouvert	Excavation, chargement et circulation des véhicules dans la mine	Chute de roches ou de glissement de dépôts meubles le long des parois de la fosse	Blessures ou décès	Personnel chargé de l'excavation, du chargement et du transport des minerais	
		Hauteur des gradins	Blessures ou décès par chute de véhicule ou de travailleur		
		Croisement des véhicules au niveau des gradins	Blessures ou décès suite à une collision de véhicules		
		Poussière	Maladies pulmonaires		
		Bruit	Surdité		
		Chaleur	Déshydratation		
Fonctionnement de l'usine de traitement	Fonctionnement des installations	Exposition au bruit	Surdité	Personnel de l'unité de concassage primaire	
		Exposition à la poussier�	Maladies pulmonaires		
		Exposition au mouvement de rotation de la courroie des convoyeurs	Blessure		
		Exposition aux projections de pierres au voisinage des concasseurs	Blessure		
	Maintenance des installations	Travaux en hauteur	Blessure par chute	Personnel chargé de la maintenance	
		Travaux de soudure	Brûlure		
	Exposition au rotor des broyeurs	écrasement en cas de déclenchement du système			
Fonctionnement de l'usine de traitement (suite)	Fonctionnement des installations	Exposition au bruit	Surdité	Personnel de l'usine de traitement	
		Exposition à la poussier�	Maladies pulmonaires		
		Exposition au mouvement de rotation de la courroie des convoyeurs	Blessure		
		Exposition aux projections de pierres au voisinage des concasseurs	Blessure		
	Manipulation des produits chimiques	Exposition à la poussier� ou aux aérosols de cyanure	Intoxication aiguë pour les personnes exposées		
		Rejet accidentel de gaz d'acide cyanhydrique			
		Contact avec la solution d'acide chlorhydrique	Brûlure par corrosion		
		Contact avec la soude caustique	Brûlure par corrosion		
	Maintenance des installations	Travaux en hauteur	Blessure par chute		Personnel chargé de la maintenance
		Travaux de soudure	Brûlure		
Exposition au rotor des broyeurs		écrasement en cas de déclenchement du système			
Stockage de gasoil	Dépotage	Projection accidentelle de gasoil	Irritation de la peau et/ou des yeux en cas d'atteinte	Conducteur de citerne de gasoil	
		Exposition aux radiations thermiques en cas d'incendie	Brûlure	Personnel de l'usine et d'intervention	
Bassin de décantation des r�sids	Inspection du bassin	Déplacement sur une digue de rétention d'eau plus ou moins profonde et polluée	Noyade en de chute Intoxication en cas d'ingestion d'eau à concentration élevée en cyanure	Personnel d'inspection et de maintenance de la digue	
Barrage d'eau	Inspection et surveillance du	Déplacement sur une digue de rétention d'eau plus ou moins	Noyade en cas de chute	Gardien ou personnel	

Activités /installations		Dangers ou situations dangereuses	Risques possibles	Personnes concernées
	barrage	profonde		d'inspection et de maintenance du barrage
Circulation des véhicules		Déplacement à bord d'un véhicule	Blessure plus ou moins grave ou décès en cas d'accident	Personnel de l'entreprise
		Déplacement le long de la route		
Camp minier	Cuisine-restaurant	Manipulation d'objets tranchants	Coupure aux doigts	Cuisiniers
		Manipulation d'équipements et de produits chauffés	Brûlure	
		Aliments mal préparés, mal cuits, ou mal conservés	Intoxication	Personnel de l'entreprise
	Bonbonne de gaz butane	Exposition aux projectiles en cas d'explosion de bonbonne	Blessure	
	Eau de consommation	Présence éventuelle de germes	Maladie	
	Chambres		Présence de moustiques	Maladie
Électricité			Électrisation	
Atelier de maintenance	Changement de benne de camion	Exposition à la benne suspendue	Blessure ou écrasement en cas de chute	Personnel de maintenance
	Graissage et huilage de pièces	Contact avec des produits chimiques	Irritations des parties exposées	
	Nettoyage des pièces	Exposition aux solvants de nettoyage	Effets aigus cutanéomuqueux, neurologiques, respiratoires, cardiaques et digestifs	
	Utilisation ou manipulation des batteries de véhicule	Exposition au courant électrique	Électrisation	
		Exposition à l'acide sulfurique	Brûlures par contact	
		Caractère explosif des batteries sous certaines conditions	Graves blessures en cas d'exposition aux projections solides et liquides (acide sulfurique)	
	Opérations de soudure	Exposition au chalumeau	Brûlure	
	Déplacement des véhicules au niveau de l'atelier de maintenance	Véhicules en mouvement à proximité des personnes	Blessure ou écrasement par heurt	
Lavage des véhicules	Exposition aux projections de particules solides	Blessure à l'œil		

7.7.3 Évaluation des risques professionnels et proposition des mesures de prévention

L'évaluation des risques fait suite à l'identification des risques et concerne toutes les phases et composantes du projet. Elle a pour objet de déterminer le niveau de risque lié à chaque situation dangereuse afin de les hiérarchiser en termes de priorité pour ainsi proposer des mesures de sécurité (prévention et protection). Cet exercice se fait en utilisant la grille d'évaluation des risques professionnels.

7.7.4 Présentation de la grille d'évaluation

L'estimation du risque consiste à considérer pour chaque situation dangereuse deux facteurs : la **probabilité** d'apparition (fonction de la durée et/ou de la fréquence d'exposition au danger) et la **gravité** des dommages potentiels. Pour les besoins de la présente évaluation des risques, les niveaux de

probabilité considérés vont de très improbable à très probable et les niveaux de gravité de faible à très grave.

Tableau 7.51 Niveaux des facteurs (P, G) de la grille d'évaluation des risques professionnels

Échelle de probabilité (P)		Échelle de gravité (G)	
Score	Signification	Score	Signification
P1	Très improbable	G1 = faible	Accident ou maladie sans arrêt de travail
P2	Improbable	G2 = moyenne	Accident ou maladie avec arrêt de travail
P3	Probable	G3 = grave	Accident ou maladie avec incapacité permanente partielle
P4	Très probable	G4 = très grave	Accident ou maladie mortel

Le croisement de la probabilité et de la gravité donne le **niveau de risque** et par conséquent le **Niveau de Priorité (NP)**.

Tableau 7.52 Grille d'évaluation des risques

		Probabilité (P)			
		P1	P2	P3	P4
Gravité (G)	G4				
	G3				
	G2				
	G1				

Signification des couleurs

Priorité 1 (rouge) Risque élevé inacceptable

Priorité 2 (jaune) Risque important

Priorité 3 (vert) Risque acceptable

Dans les tableaux d'évaluation des risques, le **niveau de priorité** est représenté par les lettres **NP**, le **risque initial** par **risque I** et le **risque résiduel** par **risque R**.

7.7.5 Évaluation des risques liés aux travaux préparatoires

Tableau 7.53 Évaluation des risques liés aux travaux préparatoires

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS AUX TRAVAUX PRÉPARATOIRES									
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R		
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP
Préparation de la mine	Abattage d'arbres et enlèvement de terre végétale	Chute des arbres	Blessures / écrasement	2	4			Utiliser des engins d'abattage protégés par une cabine fermée	1	3	
		Présence de serpents	Morsure de serpent	2	4		Port de chaussures de sécurité		1	4	
		Exposition à la poussière	Maladies pulmonaires	2	3		Port de masques anti poussière		1	3	

Tableau 7.54 Évaluation des risques liés à la phase chantier

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA PHASE CHANTIER									
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R		
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP
Montage atelier de maintenance	Montage charpente	Travail en hauteur	Blessures par chute de hauteur	2	4		Port d'harnais		1	4	
		Barres d'acier suspendues	Écrasement par chute de barre en acier	2	4			Ne jamais rester sous une charge suspendue	1	4	
	Montage de la structure en zinc	Travail en hauteur	Blessures par chute de hauteur	2	4		Port d'harnais		1	4	
		Manipulation des lames de zinc	Coupeure aux doigts et aux pieds	3	2			Porter des gants en cuir et des chaussures de sécurité	2	1	
Montage de l'usine de traitement de minerai		Travail en hauteur	Blessures par chute	2	4		Garde-corps sur toutes les échelles et plates-formes Marches d'escalier et plates-formes en caillebotis		1	3	
		Objet métallique suspendu	Blessure ou écrasement	2	4		Port de casque et de chaussures de sécurité	Ne jamais rester sous une charge suspendue	1	3	
		Chalumeau de soudure	brûlure	3	2		Port de gants en cuir, de lunettes, de casque, de chaussures de sécurité et d'une combinaison adéquate		2	1	
		Projection de corps étrangers	Lésion cutanée ou oculaire	3	3				2	1	
		Encombrement du lieu	Blessure par chute de plain-pied	3	1			Débarrasser les passages de tout objet	2	1	
		Bruit lié aux travaux	surdité	2	3		Port de casque antibruit	Effectuer les travaux bruyants l'un après l'autre	1	3	
		Chaleur lors des travaux	Déshydratation	3	2		Eau de boisson disponible	Observer régulièrement une pause pour se	1	2	

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA PHASE CHANTIER											
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R				
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP		
								réhydrater et enlever momentanément la combinaison					
Installation du stockage de gasoil	Pose des réservoirs		Écrasement	2	4			Ne jamais rester sous une charge suspendue	1	4			
		Chalumeau de soudure	Brûlure	3	2		Port de gants en cuir, de lunettes, de casque, de chaussures de sécurité et d'une combinaison adéquate		2	1			
	Construction cuvettes de rétention	Contact avec le ciment ou inhalation de poussière	Eczéma de contact		2	2		Port de gants en cuir, de lunettes, de casque, de masque antipoussière, de bottes et d'une combinaison adéquate		1	2		
			Irritations oculaires		3	1				2	1		
			Rhinite		2	1				2	1		
		Manipulation de ferraille	Blessure		3	2		Port de gants en cuir et de bottes		2	1		
Construction du bassin de décantation des résidus	Abattage d'arbres et enlèvement de terre végétale	Chute des arbres	Blessures / écrasement		2	4		Utiliser des engins d'abattage protégé par une cabine fermée		1	3		
		Présence de serpents	Morsure de serpent		2	4			Port de chaussures de sécurité		1	4	
	Excavation et construction de la digue de rétention	Chute de camion ou de pelle mécanique	Blessures		2	3		Choix de conducteurs de pelles mécaniques expérimentés		1	2		
		Circulation des véhicules sur site	Heurt ou écrasement		2	4			Utiliser des pelles mécaniques équipées de ceinture de sécurité et d'un klaxon automatique en marche arrière		1	4	
		Exposition à la poussière	Maladies pulmonaires		2	3		Port de masques antipoussière		1	3		
Augmentation de la capacité d'accueil du camp minier	Apport matériel de construction	Circulation de poids lourds	Blessure ou décès par accident		2	3		Conducteurs expérimentés	Sensibiliser les conducteurs sur les dangers de la route		1	4	
	Activité de maçonnerie	Contact de la peau avec le ciment	Eczéma de contact		2	2			Port de gants en cuir, de lunettes, de casque, de masque anti-poussière, de bottes et d'une combinaison adéquate		1	2	
		Contact des yeux avec le ciment	Irritations oculaires		3	1					2	1	
		Exposition à la poussière de ciment	Rhinite		2	1					2	1	
		Travaux en hauteur	Blessure par chute		3	3			Vérifier quotidiennement échelles et		2	3	

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA PHASE CHANTIER									
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R		
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP
								échafaudages avant utilisation			
		Manipulation de la ferraille	Blessure	3	2			Port de gants en cuir, de lunettes, de casque, de masque anti poussière, de bottes et d'une combinaison adéquate	2	1	
		Manipulation des outils de travail	Blessure	2	2			Prendre régulièrement des pauses	2	1	
		Adoption de postures contraignantes	Troubles musculo-squelettiques (TMS)	3	2				2	2	
Plomberie		Particules projetées lors de perforation des murs pour le passage des tuyaux	Blessure aux yeux	3	2			Port de gants en cuir, de lunettes, de casque, de masque anti poussière, de bottes et d'une combinaison adéquate	1	2	
		Sectionnement des tuyaux en PVC	Blessure à la main	2	3			Prendre régulièrement des pauses	1	2	
		Usage du chalumeau pour le chauffage des tuyaux en PVC	Brûlure	3	2				2	1	
		Adoption de postures contraignantes et gestes répétitifs	TMS	3	2				2	2	
		Exposition aux agents biologiques	Infection, intoxication	2	2			Porter des gants de protection et se laver les mains au savon avant de manger.	1	2	
		Exposition au courant électrique	Électrisation ou électrocution	3	2			Porter des gants isolants	2	2	
Installation électrique		Travaux en hauteur	Blessure par chute	3	3			Vérifier quotidiennement échelles et échafaudages avant utilisation	2	3	
	Application de la peinture	Exposition aux projections de gouttelettes de peinture	Irritation des yeux	3	1			Porter des lunettes de protection	2	1	
Travaux en hauteur		Blessure par chute	3	3			Vérifier quotidiennement échelles et échafaudages avant utilisation	2	3		
Adoption de		TMS		3	2			Prendre	2	2	

Activités / installations	ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA PHASE CHANTIER										
	Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R			
			P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP	
	postures contraignantes							régulièrement des pauses			

7.7.6 Évaluation des risques liés à la mise en service de la mine

Tableau 7.55 Évaluation des risques liés à la mise en service de la mine

Activités / installations	ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA MISE EN SERVICE DE LA MINE									
	Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R		
			P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP
Exploitation de la mine à ciel ouvert Excavation, chargement et circulation des véhicules dans la mine	Chute de rocs ou de glissement de dépôts meubles le long des parois de la fosse;	Blessures ou décès	3	3		Paliers horizontaux et verticaux dimensionnés pour assurer la stabilité de la pente de la fosse; Surveillance régulière des potentiels de glissements de terrains ou de rocs dans la fosse;	Évacuer le personnel vers un lieu sûr à l'intérieur de la mine en cas de menace de chute de rocs ou de dépôt meubles	2	3	
	Véhicules évoluant à proximité des pentes abruptes	Blessures ou décès par chute de véhicule ou de travailleur	3	4		Tous les véhicules et engins évoluant dans la mine subissent régulièrement une inspection et une maintenance préventive; Tous les conducteurs de véhicules et engins évoluant dans la mine sont formés et informés des risques liés à leur travail; Paliers des gradins suffisamment larges pour permettre aux véhicules de se croiser sans aucun risque.	Tester régulièrement l'état d'ébriété de tous les travailleurs évoluant dans des zones à risque ou effectuant un travail à risque.	2	4	
	Croisement des véhicules au niveau des gradins	Blessures ou décès suite à une collision de véhicules	3	3				2	2	
	Poussière	Maladies pulmonaires	3	3		Port de masque de protection contre la poussière	Les personnels de la mine, de l'usine de traitement et des ateliers de maintenance doivent être particulièrement suivis médicalement pour prévenir d'éventuelles affections.	2	3	
	Bruit	Surdité	2	3		Port de casque ou des bouches oreilles		1	3	
	Chaleur	Déshydratation	2	2		Eau de boisson suffisamment présente dans la mine;		1	2	
	Fonctionnement de l'unité de concassage primaire	Exposition au bruit	surdité	2	3		Port de casque ou des bouche-oreilles	1	3	
Exposition à la poussière		Maladies pulmonaires	3	3		Port de masque de protection contre la poussière	2	3		
Exposition au		Blessure	2	3		Tous les convoyeurs	1	3		

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIES À LA MISE EN SERVICE DE LA MINE											
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R				
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP		
		mouvement de rotation de la courroie des convoyeurs				3	3	NP	sont équipés d'un système de barrière de protection le long du circuit de la courroie	franchissement, par-dessus ou par-dessous, d'un convoyeur en marche, en dehors des points de passage spécialement aménagés à cet effet et signalés au personnel.			
		Exposition aux projections de pierres au voisinage des concasseurs	Blessure	3	3				Port de casque de protection	Le personnel doit garder une distance de sécurité par rapport au concasseur en marche	2	3	
Fonctionnement de l'usine de traitement	Fonctionnement des installations	Exposition au bruit	Surdité	2	3				Port de casque ou des bouches oreilles	Le personnel exposé doit subir un suivi médical pour prévenir d'éventuelles affections.	1	3	
		Exposition à la poussière	Maladies pulmonaires	3	3				Port de masque de protection contre la poussière		2	3	
		Exposition aux mouvements de rotation de la courroie des convoyeurs	Blessure	2	3				Tous les convoyeurs sont équipés d'un système de barrière de protection le long du circuit de la courroie	Interdire de franchir par-dessus ou par-dessous, d'un convoyeur en marche	1	3	
		Exposition aux projections de pierres au voisinage des concasseurs	Blessure	3	3				Port de casque de protection	Le personnel doit garder une distance de sécurité par rapport au concasseur en marche	2	3	
	Manipulation des produits chimiques	Exposition à la poussière ou aux aérosols de cyanure		3	4				Formation du personnel qui doit manipuler le cyanure; Port de masque de protection approprié.	Actionner le dispositif d'alarme ou appeler à l'aide pour avvertir le personnel approprié du site de manière à ce que l'aide médicale soit disponible le plus vite possible; Appeler à l'aide avant de répondre à l'urgence (système de jumelage) et ne jamais essayer de porter secours seul à une victime d'exposition aux cyanures; Le cas �chant, mettre l'équipement personnel spécifique de protection pour pénétrer dans la zone en toute sécurité et	2	2	
		Rejet accidentel de gaz d'acide cyanhydrique	Intoxication aiguë pour les personnes exposées	3	4				Inspection et maintenance régulières du circuit de cyanuration; Mise en place de détecteurs de gaz cyanhydrique reliés à une alarme; évacuation du personnel en cas de rejet de gaz cyanhydrique.		2	2	

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIES À LA MISE EN SERVICE DE LA MINE									
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R		
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP
								rentrer en contact avec l'individu exposé; Si possible, déplacer l'individu exposé dans une zone sûre afin de mettre fin à l'exposition ou dans l'impossibilité de le faire, essayer limiter l'exposition ou demander de l'aide pour éloigner la victime; Retirer de l'individu exposé tous les vêtements contaminés et laver à l'eau l'individu pour le décontaminer, en utilisant si possible la douche de sécurité et les stations de rinçage des yeux utilisant de l'eau à faible pression; Administrer de l'oxygène et solliciter de l'aide médicale; Appliquer un traitement au nitrite de pentyle, ou produit équivalent, avec l'administration d'oxygène; Utiliser un réanimateur si l'individu exposé ne respire pas.			
		Contact avec la solution d'acide chlorhydrique	Brûlure par corrosion	3	3		Procédures d'utilisation de produits chimiques; Port de lunettes de protection et de tenue de travail	Utiliser des gants de type néoprène nitrile latex,	2	3	
		Contact avec la soude caustique	Brûlure par corrosion	2	3				1	3	
	Maintenance des installations	Travaux en hauteur	Blessure par chute	3	3		Escaliers et plates-formes équipés de gardes corps; Port de harnais de sécurité	Vérifier toutes les échelles avant utilisation	2	3	
		Travaux de soudure	brûlure	3	2		Port de casque de protection avec visière, de gants en cuir et d'une combinaison adéquate		2	1	
Fonctionnement	Maintenance des	Intervention	Électrification ou	3	3		Électriciens formés et		2	3	

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA MISE EN SERVICE DE LA MINE												
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R					
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP			
nt de l'usine de traitement (suite)	installations (suite)	sur le réseau électrique	électrocution				informés des risques liés à l'intervention sur le réseau électrique; Câbles conducteurs protégés par une gaine isolante Procédure d'intervention sur le circuit électrique.							
		Exposition aux éléments tournants des concasseurs et broyeurs	Écrasement en cas de déclenchement du système	3	4		Procédures de maintenance des concasseurs et broyeurs incluant le système de consignation	L'intervention dans un concasseur ou un broyeur doit être suivie par une deuxième personne	2	4				
Stockage de gasoil	Dépotage	Exposition aux radiations thermiques en cas d'incendie	Brûlure	2	3		Évacuation du personnel en cas d'incendie			1	3			
		Projection accidentelle de gasoil	Irritation de la peau et/ou des yeux en cas d'atteinte	2	1		Procédure de dépotage			2	1			
Bassin de décantation des résidus	Inspection du bassin	Déplacement sur une digue de rétention d'eau plus ou moins profonde et polluée	Noyade en cas de chute Intoxication en cas d'ingestion d'eau à concentration élevée en cyanure	2	3		Accès uniquement réservé au personnel d'inspection et de maintenance de la digue			1	3			
				2	3					1	3			
Barrage d'eau	Inspection et surveillance du barrage	Déplacement sur une digue de rétention d'eau plus ou moins profonde	Noyade en cas de chute	2	3		Zone uniquement fréquentée lors des inspections de l'état du barrage; Présence permanente d'un gardien			1	3			
Circulation des véhicules		Déplacement à bord d'un véhicule		3	4		Formation de tous les conducteurs de véhicules; Sensibilisation régulière de tout le personnel sur les risques liés à la circulation des véhicules; Inspection et maintenance préventives de tous les véhicules de l'entreprise Vitesse limitée à 30 km/h	Tester régulièrement l'état d'ébriété de tous les travailleurs évoluant dans des zones à risque ou effectuant un travail à risque.			2	4		
		Déplacement le long de la route	Blessure plus ou moins grave ou décès en cas d'accident	3	4						2	4		

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIES À LA MISE EN SERVICE DE LA MINE									
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R		
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP
Camp minier	Stockage de gasoil	Projection accidentelle de gasoil	Irritation de la peau et/ou des yeux en cas d'atteinte	2	1		Procédure de dépotage		2	1	
		Exposition aux radiations thermiques en cas d'incendie	brûlure	2	3		Évacuation des personnes proches du stockage en cas d'incendie		1	3	
	Cuisine-restaurant	Manipulation d'objets tranchants	Coupure aux doigts	3	2		Recrutement d'un personnel de cuisine expérimenté et bien formé;		2	1	
		Manipulation d'équipements et de produits chauffés	brûlure	3	2		Chambre froide en très bon état;		2	2	
		Aliments mal préparés, mal cuits, ou mal conservés	Intoxication	3	3		Cuisine et restaurant quotidiennement nettoyés après chaque usage;		1	3	
	Bonbonne de gaz butane	Exposition aux projectiles en cas d'explosion de bonbonne	Blessure	2	4		Bouteilles de gaz soumises aux épreuves réglementaires par l'entreprise		1	4	
	Eau de consommation	Présence éventuelle de germes	Maladie	3	3		Unité de potabilisation de l'eau du forage (par chloration)		1	3	
	Chambres	Présence de moustiques	Maladie	3	2			Équiper toutes les chambres de vaporisateurs antimoustiques et de moustiquaires imprégnés à longue durée d'action		2	2
Électricité		Électrisation	3	2			Sensibiliser les femmes nettoyant les chambres des risques liés au courant électrique.		2	2	
Ateliers de maintenance	Changement de benne de camion	Exposition à la benne suspendue	Blessure ou écrasement en cas de chute	2	4		Travaux réalisés en suivant une procédure	Ne jamais rester sous une charge suspendue	1	4	
	Graissage et huilage de pièces	Contact avec les graisses et huiles	Irritations des parties exposées	3	1				3	1	
	Nettoyage des pièces	Exposition aux solvants de nettoyage	Effets aigus cutanéomuqueux, neurologiques, respiratoires, cardiaques et	3	2		Atelier de maintenance suffisamment aéré pour permettre l'évacuation des aérosols et vapeurs;	Utiliser des gants de type néoprène nitrile latex	2	2	

Activités / installations		ÉVALUATION DES RISQUES LIES À LA MISE EN SERVICE DE LA MINE									
		Situations dangereuses	Dommages éventuels	Risques I			Mesures de sécurité		Risques R		
				P	G	NP	Prévues	Proposées	P	G	NP
			digestifs				Port de lunettes de protection, des vêtements de travail				
Utilisation ou manipulation des batteries de véhicule	Exposition au courant électrique	Électrisation	3	2		Port de gants isolants			2	2	
	Exposition à l'acide sulfurique	Brûlures par contact	3	3		Port de lunettes de protection et de tenue de travail	Utiliser des gants de type néoprène nitrile latex	2	3		
	Caractère explosif des batteries sous certaines conditions	Graves blessures en cas d'exposition aux projections solides et liquides (acide sulfurique)	2	4		Port de lunettes de protection et de tenue de travail			2	3	
Opérations de soudure	Exposition au chalumeau	Brûlure	3	2		Port de gants en cuir et d'une tenue de travail			2	1	
Déplacement des véhicules au niveau de l'atelier de maintenance	Véhicules en mouvement à proximité des personnes	Blessure ou écrasement par heurt	3	4			Tout mouvement de véhicule au niveau de l'atelier de maintenance doit être guidé par un agent au sol; Si possible, équiper l'ensemble des véhicules d'un système de klaxon en marche arrière		2	4	
Lavage des véhicules	Exposition aux projections de particules solides	Blessure à l'œil	3	2		Port de tenue de travail et de lunettes de protection			2	2	

7.8 CONCLUSION

L'analyse des risques professionnels liés au projet minier de « AGEM Sénégal » montre que la plupart des activités prévues présentent des risques importants ou inacceptables pour les travailleurs, aussi bien en phase de préparation que de mise en service. Étant consciente de ces risques, « AGEM Sénégal » a bien pris en compte l'aspect sécurité en proposant des mesures de prévention et de protection à mettre en place pour réduire les risques professionnels inhérents à l'exploitation des différents sites.

Tout comme les volets Oenvironnemental et social, « AGEM Sénégal » mettra en place un service Santé Sécurité qui sera chargé de la gestion des risques aussi bien professionnels qu'industriels et qui sera représenté dans tous les sites d'exploitation. Cette analyse des risques professionnels, réalisée avant le début de l'exploitation minière, présente une importance capitale dans la mesure où elle constituera un document de base pour le département de la sécurité qui, selon le SMS (*Sustainability Management Systems* = systèmes de management durable), doit mener une analyse des risques aux postes de travail.

Étant donné que la plupart des travaux de la phase de préparation (tels que la réhabilitation de l'usine de traitement, le montage des réservoirs de stockage de gasoil, le montage de l'atelier de maintenance, la construction de nouveaux logements au camp minier, etc.) seront probablement réalisés par des entreprises extérieures, « AGEM Sénégal » devrait exiger dans ses cahiers de charges un certain nombre de mesures de sécurité à prendre pour réduire les risques liés à ces travaux.

