

L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET LA PRÉVENTION DES EAUX DE DRAINAGE ACIDE DANS LES EXPLOITATIONS MINIÈRES

Seydou KEITA

**Ingénieur Géologue, Secrétaire Exécutif Permanent – AMEIE -
Association Malienne pour les Études d'Impacts sur l'Environnement (Mali)**

Résumé

L'industrie minière rejette plusieurs milliers de tonnes de stériles et de résidus chaque année. La majeure partie de ces rejets provient de l'exploitation des minerais desquels sont extraits l'or ou d'autres substances utiles. Ces résidus miniers, une fois exposés à l'air et à l'eau, subissent des phénomènes d'oxydation qui mobilisent certains métaux lourds, tels que le fer, le zinc, le plomb, le cadmium, le manganèse, etc. Le lessivage de ces métaux lourds aboutit à la formation d'eaux et d'effluents acides qui peuvent constituer des sources de pollution des eaux superficielles et du réseau hydrographique.

Ce phénomène, connu sous le nom de drainage minier acide ou DMA, constitue l'un des problèmes environnementaux les plus importants auxquels l'industrie extractive doit faire face pour préserver la qualité des ressources en eaux dans les sites miniers.

Dans le cas de la mine d'or de Sadiola, le contrôle de la qualité des eaux et la prévention du DMA, constituent l'un des points saillants du plan de suivi environnemental que la société minière AngloGold s'engage à mettre en œuvre.

Dans le présent article, nous nous proposons de faire une analyse des mécanismes qui déclenchent la formation du drainage minier acide, avant de discuter des mesures d'atténuation qui peuvent être envisagées pour circonscrire le phénomène de façon générale et celles qui sont prévues dans le cas spécifique de la mine d'or de Sadiola.

Mots clés : Eaux superficielles, réseau hydrographique, drainage minier acide, Métaux lourds, minerai, Évaluation environnementale, mine d'or de Sadiola, AngloGold, Plan de Suivi Environnemental, mesures d'atténuation, acide sulfurique, Neutralisation des Eaux de Drainage Acides –NEDEM-

1. Description du Drainage Minier Acide (DMA)

1.1. Généralités

Le Drainage Minier Acide est un phénomène bien connu et maintenant bien documenté qui peut survenir dans les installations d'extraction minière de charbon, de métaux précieux, de métaux de base ou d'uranium.

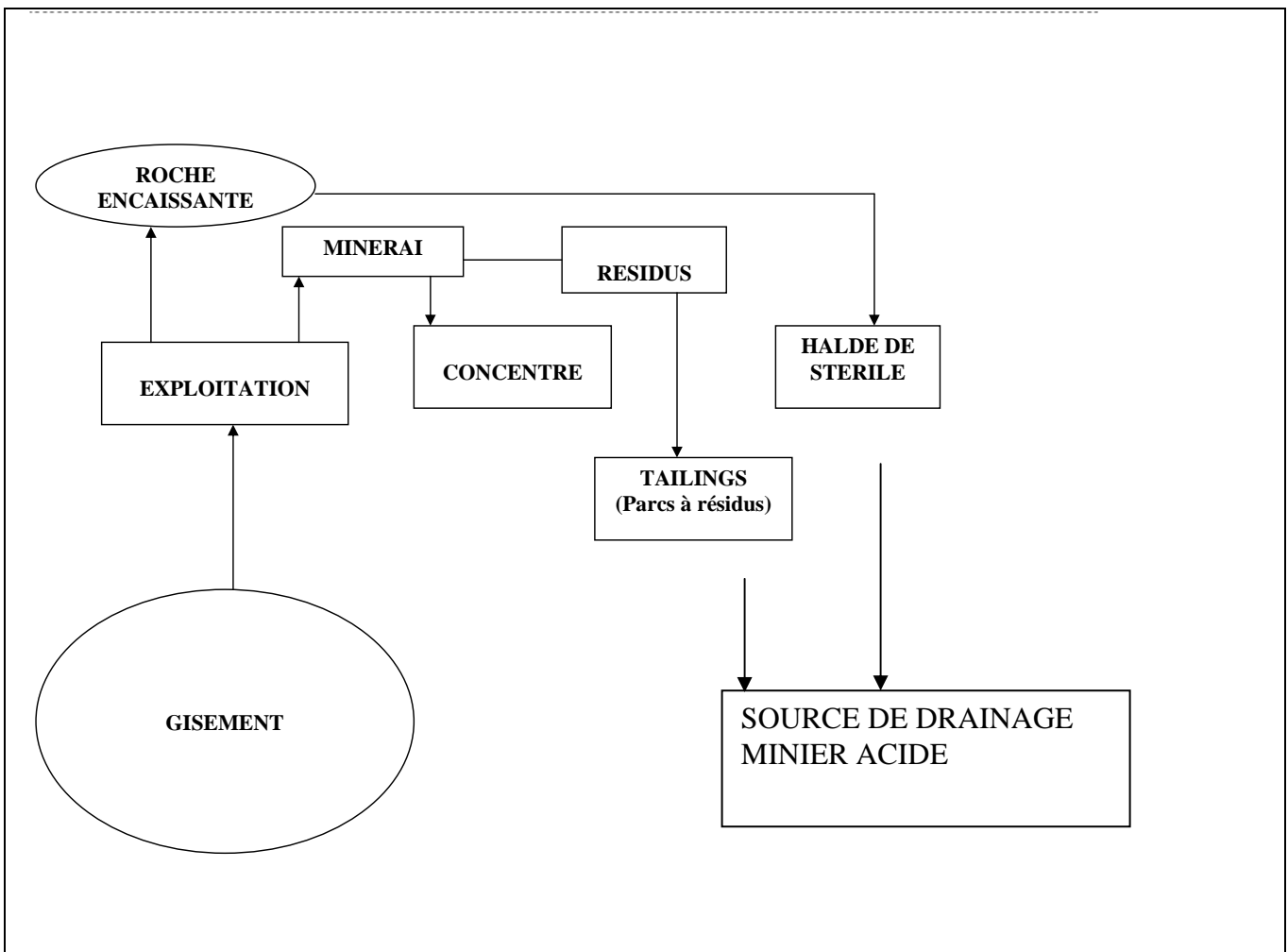
Le phénomène, d'abord identifié aux États-Unis, au Canada et en Australie, est aujourd'hui l'un des problèmes environnementaux les plus importants auxquels l'industrie extractive doit faire face pour éviter les risques de pollution dans les zones minières.

Heureusement, la recherche dans le domaine de l'environnement minier a défini plusieurs voies et solutions de maîtrise, de prévention, de correction ou d'atténuation du DMA. Une importante littérature sur le sujet a été produite dans le cadre d'un programme de recherche initié par le Centre canadien de la Technologie des Minéraux et de l'Énergie. Ce programme, appelé NEDEM (ou Neutralisation des Eaux de drainage dans l'Environnement Minier), a diffusé des documents techniques très pratiques qui ont permis aux pays miniers émergeant, comme le Mali, d'avoir une meilleure connaissance sur phénomène de drainage dans l'industrie minière.

1.1. Origine et sources du drainage minier acide

Un grand nombre de minerais métallifères appartiennent à la famille des sulfures qui constituent un groupe important de minéraux naturels. Lorsque ces sulfures sont exposés à l'oxydation, le soufre est libéré et forme des ions sulfates, qui, à leur tour, lorsque mis en solution dans l'eau formeront de l'acide sulfurique (Morin, Practical Theory and Studies, Digital Edition- <http://www.mdag.com/index-mine.html>).

La figure ci-dessous donne une vue d'ensemble d'une exploitation minière et les sources potentielles de production de drainage minier acide



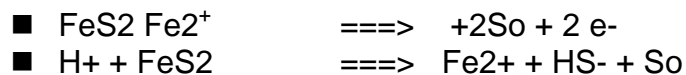
Les résidus sulfurifères se trouvent dans les haldes de stérile et surtout dans les résidus après les premières étapes d'exploitation et de concassage du minerai brut. Les résidus sulfurifères existent également dans les excavations, les zones d'emprunt et dans les roches encaissantes au niveau de la carrière de mine.

Le Drainage Minier Acide, une fois déclenchée (démarrage de la réaction d'oxydation,) est impossible à stopper et pourra se poursuivre bien longtemps après que la mine aura cessé ses opérations, probablement pendant plusieurs centaines d'années. Il s'agit là d'un impact potentiellement irréversible à l'échelle humaine.

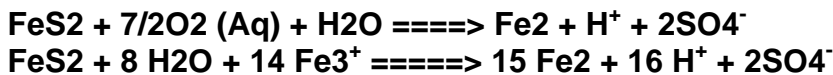
1.2. Réactions descriptives du processus du drainage minier acide

Le phénomène de DMA est favorisé essentiellement par la différence qui existe entre les caractéristiques physicochimiques des roches et celles des eaux.

En effet, les roches et les minerais aurifères sont en général réductrices et se caractérisent par une basicité plus ou moins forte. Par contre, les eaux de surface sont en général oxydantes et acides. Cette différence physicochimique favorise l'instabilité des minéraux sulfurifères qui deviennent très insolubles en milieu réducteur, selon la réaction suivante :



Sous l'influence des eaux, les minéraux sulfurifères ainsi déstabilisés subissent un phénomène de dissolution oxydante, selon la réaction suivante :



Cette réaction qui génère des ions Hydrogène, se traduit par l'acidification du milieu et la mobilisation des ions métaux. L'effet immédiat de ce phénomène, est de rendre les effluents miniers acides ; l'effet conséquent est d'augmenter, dans ces solutions acides, la mobilisation à plus haute teneur de plusieurs métaux lourds, tels que le fer, le zinc, le plomb, le cadmium, le manganèse, etc ; qui autrement se trouveraient dans les eaux de surface en quantité négligeables. L'effet conséquent, outre d'acidifier les eaux de surface, est donc d'augmenter la salinité de ces eaux, et potentiellement leur toxicité.

2. Phénomène de drainage acide dans le cas de la mine d'or de Sadiola

2.1. Description sommaire du projet minier de Sadiola

Le Projet aurifère de Sadiola est localisé dans la partie ouest du Mali, à environ 79 Kms au sud de la ville de Kayes, qui constitue la capitale régionale.

Le projet consiste à l'exploitation d'une mine d'or à ciel ouvert comprenant différentes infrastructures connexes, comme la cité minière, les magasins d'entrepôts, les installations socioéducatives et un terrain d'aviation.

Le Permis d'Exploitation, qui couvre une superficie de plus de 187 km², est enregistré au nom de la Société d'Exploitation des Mines d'Or de Sadiola S.A. (SEMOS). Les actionnaires de SEMOS se composent comme suit :

- la Société sud africaine Anglo Gold avec à 38% ;
- la société canadienne IAMGOLD, détient également une part de 38 % ;
- Le Gouvernement du Mali et la Société Financière Internationale (SFI) se partagent respectivement 18 et 6 % des actions restantes.

La production de l'or est faite par la cyanuration en cuves selon le schéma technologique suivant :

- concassage et broyage du minerai aurifère ;
- dissolution de l'or par le cyanure ;
- pompage de solution imprégnée dans les réservoirs du carbone à pulpe ;
- absorption de l'or par le carbone actif ;
- lavage du carbone chargé d'or à l'acide dans des colonnes d'élution à haute température ;
- récupération de l'or par une solution diluée de cyanure ;
- réactivation du carbone lavé dans des fours rotatifs ;
- fixation de l'or sur des cathodes d'acier inoxydables ;
- fusion et récupération de l'or en lingots.

Le gisement d'or de Sadiola est entré en production en fin 1996 et traite environ 4 millions de tonnes de minerais pour une production d'or estimée à près de 16 tonnes par an.

En période de pointe, la consommation de cyanure est estimée à environ 210 tonnes par mois et la quantité de stériles produites atteint les 12 millions de tonnes par an.

Au niveau des infrastructures, la mine est alimentée par une conduite d'eau sur une distance de 56 Km à partir du fleuve Sénégal, aux environs de Diamou jusqu'à la mine. La consommation maximale d'eau est estimée à 7,44 millions de m³ par an.

Suite au développement du projet minier, les villages de Sadiola et Farabakouta ont été déplacés et réinstallés sur de nouveaux sites qui ont été aménagés par la société. Le coût total du développement de la mine, y compris la réfection de la route Sadiola-Kayes, est estimé à 303 millions US \$. La Mines et ses infrastructures annexes occupent une superficie d'environ 979 hectares. Durant la période de pointe de la construction de la mine, environ 800 personnes ont été utilisées et quelques 400 personnes sont actuellement employées à temps plein pour opérer dans la mine.

2.2. Sources potentielles de drainage acide dans le site minier de Sadiola

Comme indiqué plus haut, le drainage acide se forme lorsque des minéraux sulfurés provenant de stériles ou de résidus miniers sont exposés à l'air et à l'eau, où ils s'oxydent en présence de certaines bactéries, comme le *thiobacillus ferrooxidans*

On sait que les masses rocheuses, les routes, les tranchées, les pistes et les ouvrages de génie civil sont des endroits où des phénomènes de drainage acide ont tendance à se produire. Toutefois, la principale source de drainage acide demeure les résidus miniers dans le cas de la mine de Sadiola.

En effet, l'industrie minière de Sadiola rejette plusieurs milliers de tonnes de stériles et de résidus chaque année (environ 12 millions de tonnes). La majeure partie de ces rejets provient de l'exploitation de dépôts sulfurés desquels sont extraits l'or et ses sous produits.

Le phénomène de DMA a jusqu'à ce jour peu affecté les sites miniers de Sadiola, principalement parce que les gisements exploités à ce jour sont des gisements de surface, où le minerai est sous la forme d'oxyde plutôt que sous la forme de sulfure. Ces gisements sont justement exploités à ciel ouvert à cause de leur faible profondeur. Toutefois, au fur et à mesure que l'exploitation avance en profondeur, les gisements deviennent de types sulfurés et se caractérisent par l'abondance de sulfures. Conséquemment, le phénomène du DMA n'est apparu à Sadiola que récemment, au cours de la phase d'exploitation du minerai mixte (oxydé-sulfuré).

2.3. Prévention du drainage acide dans le cas de la mine d'or de Sadiola.

Dans les sites miniers de Sadiola, des procédés de prévention, de traitement et d'élimination du drainage minier ont été mis en place pour que les effluents acides provenant des résidus miniers et des dépôts de stériles ne nuisent pas au milieu environnant. Essentiellement, les mesures préventives consistent à empêcher le déclenchement des phénomènes d'oxydation, à confiner les résidus et les rejets sulfurifères à la source. Parmi les techniques utilisées sur le site, on peut retenir, entre autres :

- l'enrobage des dépôts stériles dans une couverture ligneuse ;
- l'utilisation des terres humifères pour limiter l'acidité résiduelle ;
- le dépôt des stériles sur des géomembranes et la canalisation des effluents acides dans des bassins de décantation ;
- le traitement des effluents dans les bassins de décantation ;
- le mélange des résidus avec des matériaux neutralisants, telle que la chaux ;
- la neutralisation des effluents sur amas rocheux basiques.

En plus des mesures de prévention du drainage acide, d'autres mesures de contrôle sont utilisées sur les sites, parmi lesquelles :

- le contrôle de qualité des eaux ;
- le contrôle de la toxicité des effluents ;
- la détermination des teneurs en métaux lourds, etc.

2.4. Surveillance environnementale et mesures d'atténuation

Un programme de surveillance environnementale a été mis en place afin de contrôler le phénomène de drainage acide à Sadiola. Ce programme vise essentiellement :

- la collecte d'un ensemble de données de terrain et de laboratoire pour circonscrire efficacement le phénomène de DMA ;
- le monitoring et la mise au point de procédés de surveillance, de normes analytiques et de méthodes d'échantillonnage sur les sites ;
- le contrôle de qualité des eaux des villages riverains ;
- la fixation des seuils de rejets des effluents traités ;
- le contrôle des teneurs des eaux de surface et des nappes profondes ;
- le creusement de forages d'eau pour les populations locales ;
- l'aménagement des retenues d'eaux pour le bétail.

L'ensemble de toutes ces informations sont traitées dans une base de données informatiques qui permet à la Cellule environnementale de la mine de Sadiola de déclencher les mesures qui s'imposent en cas de risques de pollution dus au phénomène de DMA.

Par ailleurs, un guide de bonnes pratiques en matière de DMA est en cours d'élaboration sur les sites de Sadiola qui comportera certains éléments, tels que :

- la stratégie pour l'information, la sensibilisation et la formation des collectivités locales ;
- la diffusion des procédés de prévention, de traitement et d'élimination des effluents acides ;
- la protection du réseau hydrographique environnant.

3. Conclusion

Le drainage minier acide constitue l'un des problèmes environnementaux les plus importants auxquels l'industrie extractive doit faire face pour préserver la qualité des ressources en eaux dans les sites miniers.

Dans le cas de la mine d'or de Sadiola, les mesures de prévention, de contrôle et de traitement des effluents acides, sont intégrées et budgétisées dans le plan de surveillance environnemental et de fermeture de la mine. Les actions déjà en cours ont permis de délimiter les sources potentielles où le phénomène de drainage acide est susceptible de se former et d'élaborer un programme de recherche qui va se poursuivre bien au-delà de l'arrêt des travaux d'exploitation.