

## RESUMES DES PROJETS DU CYCLE CESECO 2010 / 2011

### **DE FARIA Charles**

*BRÉSIL*

COMPARAISON DE MÉTHODES DE CHARGEMENT ET TRANSPORT DANS LE CADRE DU PROJET DE LA MINE DE FER DE SERRA DE SERPENTINA (VALE, MINAS GERAIS, BRÉSIL).

La hausse des coûts d'exploitation dans les opérations minières et l'évolution des prix des produits en fonction de la dynamique du marché mondial font que les compagnies minières recherchent des alternatives pour réduire les coûts opérationnels afin de rester compétitives.

Dans ce cadre, VALE s'intéresse fortement à l'utilisation de systèmes de convoyeurs à bande pour le transport de minerai et de stérile. Au-delà de la simple vérification de l'applicabilité de tels systèmes, l'intérêt de VALE est d'obtenir une meilleure compréhension des variables techniques et économiques qui en contrôlent l'utilisation, et d'identifier les opportunités de les mettre en œuvre dans les différents projets en cours d'élaboration par la société.

Après une définition des objectifs de l'étude au chapitre 1, le chapitre 2 présente les principes du système de transport par convoyeurs à bande, ses avantages et ses inconvénients, ainsi qu'une brève description des équipements et des systèmes existants.

Le gisement Serra da Serpentina, cible de cette étude, est décrit dans le chapitre 3. C'est une mine où il y a beaucoup de contraintes environnementales et où la mise en œuvre de systèmes d'exploitation en continu est envisageable du point de vue technique. Les contextes géologique, social et environnemental ainsi que la méthode de modélisation géologique sont présentés en détail. Le chapitre 4 décrit les procédures de définition de la fosse optimale. Le chapitre 5 porte sur l'évaluation économique de deux options techniques, transport par camions d'une part et par convoyeurs à bande d'autre part, avec estimation des coûts opératoires (OPEX) et de l'investissement (CAPEX).

En conclusion, le chapitre 6 décrit la meilleure option technique et économique, du type IPCC (In Pit Crusher and Conveyor) avec convoyeur du type overland, et définit les recommandations pour la suite des études.

### **DIALLO Mohamed Lamine**

*GUINEE R.D.*

À venir.

### **MEDINA AVILA Carlos Yecid**

*COLOMBIE*

ÉTUDE DE PRÉ-FAISABILITÉ DU GISEMENT D'ARGILE KAOLINIQUE SITUÉ DANS L'AGGLOMERATION DE OIBA, COLOMBIE

Le présent document a pour but de définir des lignes directrices qui peuvent mener à l'exploitation optimale d'un gisement d'argiles kaoliniques en Colombie et de susciter la discussion sur les nouveaux projets qui peuvent être réalisés à partir de mines artisanales. Il n'a pas vocation à servir d'ouvrage de référence ou de guide dans le cadre d'activités commerciales ou d'investissements.

Le gisement d'argile kaolinique d'Oiba situé à 15 km à l'Est de la municipalité d'Oiba, a été exploité pendant plusieurs années de manière artisanale, l'exploitation minière sur le site se caractérise principalement par une productivité faible et un manque de planification.

Le produit exploité était commercialisé tel quel c'est-à-dire sans aucune valeur ajoutée. C'est pourquoi, les propriétaires des terrains et des licences minières avec aide du gouvernement départemental et d'INGEOMINAS ont programmé la construction d'une usine qui permettra de mieux valoriser l'argile kaolinique. La mise en œuvre du projet d'argile kaolinique avec la construction de l'usine permettra d'obtenir les qualités nécessaires des matériaux qu'on pourra utiliser dans l'industrie céramique sur le marché colombien.

Pour une production moyenne de 300 tonnes/jour à l'usine, les résultats de l'étude de préfaissabilité montrent que ce projet est viable, les investissements sont évalués à 2,48 MUS\$, le TRI est de 41% et la VAN est évaluée à 9,31 MUS\$.

**NDONGO GAFADÉ Benjamin Guy**  
*RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE*

#### DÉTERMINATION DES PENTES DES PAREMENTS DES FOSSES À CIEL OUVERT DES GISEMENTS DE BAKOUMA

Ce travail concerne le dimensionnement des talus des exploitations minières à ciel ouvert dont certaines peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres de profondeur. L'objectif général est de définir la géométrie des talus qui garantira la sécurité de l'ouvrage tout en limitant le maximum de volume de matériaux à excaver, et donc le coût final du projet. A ces enjeux économiques viennent aussi s'ajouter des préoccupations liées à l'environnement, en particulier dans le cadre de procédures d'abandon des sites miniers où se pose le problème de stabilité à long terme des talus.

L'expérience montre que chaque massif rocheux un cas particulier, et qu'il n'existe ni de recettes standards ni de solutions de routine qui permettent d'obtenir systématiquement la bonne réponse au problème posé. Il importe donc de mettre en place une méthodologie bien maîtrisée, basée directement sur une approche géologique du massif rocheux ou du massif de sol. Ce type de démarche peut se décomposer en plusieurs étapes : 1) la caractérisation du massif rocheux ou du massif de sol par l'acquisition puis l'analyse de données géologiques et géomécaniques ; 2) la détermination des mécanismes potentiels de déformation et de rupture, et leur modélisation ; 3) l'analyse des facteurs de déclenchement ou aggravants des ruptures.

Une telle démarche a été appliquée au cas des futures exploitations d'AREVA dans les gisements d'uranium de Bakouma (Fosse, Patricia, Pato et Pama) situés à l'Est de Bangui, capitale de la République Centrafricaine (R.C.A). Sur la base d'une étude géotechnique réalisée en 2010 par le Centre de Géosciences de Mines ParisTech, différents profils de talus ont été analysés. Les coefficients de sécurité sont globalement supérieurs à 1,3 sous réserve de rabattre suffisamment la nappe. De plus, les profils prenant en compte de manière précise la nature des matériaux (massif de sol ou de roche) ont permis de réduire le taux de découverte.

**OBIANG Dieudonné**  
*GABON*

#### ÉTUDE DE LA STABILITÉ DES TALUS DU PROJET DE LA MINE D'OR DE BAKOUDOU (GABON)

Le sujet de ce mémoire de fin d'étude s'intègre dans un axe de recherche relatif à la stabilité et au dimensionnement des talus d'excavation minière dans les massifs rocheux fissurés développé au Centre de Géosciences de Mines ParisTech. Ce type d'étude doit reposer sur une méthodologie bien maîtrisée qui doit comporter les étapes suivantes : 1) une analyse géologique et structurale du massif rocheux avec en particulier des relevés systématiques de discontinuités et la détermination des familles directionnelles principales qui constituent le réseau de discontinuités ; 2) la définition des mécanismes potentiels de rupture les plus réalistes en fonction des structures géologiques identifiées à l'étape précédente ; 3) des calculs de stabilité prenant en compte les conditions hydrogéologiques du site ; 4) le dimensionnement des talus finals et la définition de mesures de surveillance et de confortement éventuelles. Cette démarche a été appliquée au projet d'exploitation par la société Managem de la mine d'or de Bakoudou située au sud-est du Gabon à une trentaine de kilomètres de la ville de Moanda. Sur la base des données géologiques disponibles, différents profils de talus proposés par la société ont été étudiés et une étude de sensibilité portant à la fois sur les paramètres mécaniques des différents matériaux et des scénarios possibles de rabattement de nappe a été menée.

**PANTOJA OCAMPO Julian Alberto**  
*COLOMBIE*

#### ANALYSES POUR LE CONTRÔLE DE LA TENEUR EN CENDRES DANS LES MINES DE CHARBON DE CERREJON (COLOMBIE). ÉTUDE DE CAS: UTILISATION DE LA SONDE « ASH PROBE »

L'une des propriétés du charbon est la teneur en cendres qui représente la partie minérale présente dans le charbon. Du point de vue de la qualité, les cendres peuvent être considérées comme le principal facteur réduisant la valeur calorifique. Bien que les cendres soient un constituant du charbon, leur teneur peut augmenter par les phénomènes de salissage et/ou de dilution générant ainsi des différences avec les valeurs estimées par le modèle géologique et compliquant le maniement et l'usage adéquat du charbon après son extraction. Selon les caractéristiques du gisement et le processus d'exploitation minière, il arrive que les méthodes traditionnelles de détermination des propriétés du charbon ne parviennent pas toujours à répondre aux besoins de la dynamique opérationnelle du contrôle de la qualité. C'est pourquoi, actuellement dans les mines de charbon de la compagnie Cerrejon Coal S.A., la recherche permanente de méthodes et/ou de techniques facilitant la connaissance des paramètres du charbon, à

l'avance et après son exploitation, est devenue une priorité pour continuer à livrer au client final un produit de bonne qualité.

Dans ce mémoire, on décrit les caractéristiques du processus de manèment du charbon et de préparation du produit au moyen des mélanges, les méthodes d'échantillonnage utilisées pour le contrôle de qualité et les difficultés existantes que rencontrent les méthodes d'analyses traditionnelles. Enfin, la mesure de la teneur en cendres a été considérée comme une étude de cas, pour laquelle ont été réalisés des exercices de calibrage d'une sonde « Ash probe » qui est sensée fournir une mesure rapide de la teneur en cendres. Les résultats de ces essais sont présentés et l'utilisation possible de cette sonde ainsi que ses avantages et limites d'utilisation sont discutés.

**RAKOTONAIVO Derasoa Marius**  
*MADAGASCAR*

**ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE DES OPÉRATIONS DE TRANSPORT PAR CAMIONS SUR LE GISEMENT DE GRÈS BITUMINEUX DE BEMOLANGA – MADAGASCAR**

Le champ de Bemolanga-Madagascar est une découverte d'hydrocarbure très ancienne (1903). L'exploitation par la société TOTAL est envisagée sous forme d'une mine à ciel ouvert et l'exploitation considérée pour le cas de base se fera par pelles et camions avec un objectif de production de 45000 barils de carburant par jour. La durée de l'exploitation sera de l'ordre de 30 ans. Ce travail a pour but de déterminer les flottes de camions et d'estimer les coûts d'investissement et opératoires pour chaque type de trajet de transport de stérile et de minerai. Au total, 10 trajets différents ont été étudiés. Les calculs des nombres de pelles et de camions nécessaires ont été réalisés avec le logiciel Caterpillar FPC 3.7. Les distances moyennes de roulage sont calculées à partir des barycentres des points d'extraction (minerai et stérile) jusqu'aux barycentres des points de déversement possibles : station de concassage, verses à stérile, autorembayage. Une étude portant sur une méthode d'exploitation alternative par IPCC (In Pit Crusher and Conveyor) a été abordée pour le transport du minerai.

**RAPOSO Fernand**  
*FRANCE*

**OPTIMISATION DE LA METHODE D'EXPLOITATION PAR IN SITU RECOVERY DE LA MINE D'URANIUM DE KATCO (KAZAKHSTAN). REDIMENSIONNEMENT DE LA MINE POUR UN OBJECTIF DE PRODUCTION DE 4000 TONNES D'URANIUM**

La société mixte Katco exploite selon la méthode In Situ Recovery (ISR) le gisement uranifère de Muyunkum situé dans le sud du Kazakhstan. Ce gisement de type Roll Front est divisé en 3 zones d'exploitation : Muyunkum Sud, Muyunkum Centre, Tortkuduk (Sud et Nord). Initialement ce projet a été dimensionné pour produire annuellement 1500 tonnes d'U entre 2005 et 2039. Pour répondre à une augmentation des besoins, l'objectif a été porté à 3000 tonnes en 2009 et 4000 tonnes en 2012.

Le déploiement industriel a mis en évidence de nombreux dysfonctionnements, non conformités et/ou écarts par rapport à l'étude de faisabilité. Pour répondre aux objectifs de production et les pérenniser dans le temps, il est essentiel de définir et fiabiliser un processus d'exploitation incluant tous les aspects (travaux de surface, forage, extraction, usine) et d'identifier les risques potentiels.

Les objectifs de ce travail ont donc été doubles : 1) optimiser la méthode d'exploitation ISR de la mine ; 2) redimensionner la mine pour un objectif de production de 4000 tonnes. Les différentes analyses et actions associées s'appuient sur les données de production en phase industrielle.

**ROMERO ALEGRIA Ruben German**  
*PÉROU*

**MODÈLE GÉOLOGIQUE ET ESTIMATION DES RESSOURCES DU PROJET D'OR DE JESSICA – PÉROU**

Dans ce mémoire on décrit les différentes étapes indispensables au développement d'un projet de mine à ciel ouvert avec une application au gisement d'or de Jessica situé dans le sud du Pérou. L'information géologique est essentielle à tous les stades du projet : l'étude de pré-faisabilité, étude de faisabilité, l'ingénierie, le développement du projet et l'extraction minière elle-même.

A partir des informations fournies par les forages d'exploration regroupés dans une base des données, le logiciel Minesight a été utilisé pour, dans un premier temps construire le modèle géologique, puis faire l'estimation des ressources et finalement définir la fosse optimale.

**SACRAMENTO FERREIRA William**  
*BRÉSIL*

**ÉTUDES DES VARIABLES QUI AFFECTENT LA PRODUCTIVITÉ DES PELLES ET CAMIONS DANS LE COMPLEXE MINIER DE MARIANA (VALE, MINAS GERAÏS, BRÉSIL)**

L'objectif de ce travail est de rechercher des opportunités d'augmenter la productivité dans les mines de fer du Complexe de Mariana et d'identifier s'il existe des différences significatives d'efficacité entre les engins de transport, ce qui pourrait être utilisé pour la sélection d'une nouvelle flotte de camions dans l'avenir.

Dans cette étude on a réalisé une analyse statistique du temps des cycles, des vitesses de transport, de la productivité des engins de chargement et de la flotte des tombereaux. Cette analyse a permis également de mesurer les gains de productivité et de proposer des améliorations dans la gestion des engins.

**SANGARE Moussa**  
*COTE D'IVOIRE*

**STABILITÉ DES TALUS DANS LES MINES A CIEL OUVERT : CAS DU MINERAI OXYDÉ DE LA MINE D'OR DE KODIÉРАН (WASSOULOR S.A., RÉPUBLIQUE DU MALI)**

La mine d'or de Kodiéран située au Mali et exploitée par la société Wassoulor S.A. produira 10 000 tonnes de minerai par jour à ciel ouvert. Avant d'atteindre cette production, une phase d'essai, dite phase pilote, a été menée à ciel ouvert de février 2007 à octobre 2008 pour produire 1 000 tonnes de minerai par jour à l'usine pilote.

Le minerai traité par cette unité pilote venait à près de 70% de la mine, précisément de la zone 1 de la carrière et 30% provenaient des gisements satellites. Durant cette période, la zone 1 fut exploitée sur une profondeur moyenne de 5 mètres, sur 200 mètres de long et environ 60 mètres de large.

Cette phase expérimentale avait pour but de mieux comprendre le minerai de Kodiéран qui est une latérite oxydée (in situ) mais aussi de raffiner les paramètres de récupération de l'or dans la future usine de 10 000 tonnes/jour. En somme l'unité de 1 000 tonnes devait servir à parfaire l'usine de 10 000 tonnes.

Durant cette phase pilote, des instabilités de parois furent constatées dans la fosse de la zone 1 qui faisait à peine 5 mètres de profondeur. Ce phénomène devenant plus important durant les saisons de pluies nous amena donc à prendre ces instabilités très au sérieux. Qu'en sera-t-il donc de ce phénomène avec l'agrandissement de la fosse qui, à terme, aura une profondeur de 65 mètres (13 gradins de 5 mètres), une longueur de 1 200 mètres et une largeur d'environ 600 mètres ?

Ainsi, à travers ce travail, nous avons cherché à mieux appréhender la stabilité des parements notamment dans le minerai oxydé, à comprendre les raisons des instabilités observées et nous avons proposé des solutions pour réduire au maximum ce phénomène qui peut être préjudiciable à la bonne marche de l'exploitation de la mine.

**TIAMA Doro Tristan Bernard**  
*BURKINA FASO*

**STABILITÉ DES TALUS DANS LES MINES À CIEL OUVERT – CAS DE LA MINE D'OR DE TAPARKO (SOMITA SA, BURKINA FASO)**

Cette étude a pour but l'analyse de la stabilité des talus dans la mine d'or à ciel ouvert de Taparko au Burkina Faso, en particulier pour la fosse 3/5. Elle consiste en une analyse de stabilité à petite et moyenne échelle à partir des données structurales concernant le réseau de discontinuités, et une analyse à grande échelle basée sur les caractéristiques géomécaniques du massif rocheux. Il apparaît que les talus à petite et moyenne échelle présentent des risques de ruptures plane, dièdre et en escalier, liés à quatre familles de discontinuités et avec des coefficients de sécurité inférieurs à 1,2 pour la plupart. Les talus sont instables, et l'eau et les tirs de mine constituent des facteurs de déclenchement des ruptures, notamment au niveau du flanc ouest, dans la saprolite. A grande échelle le talus est stable en général, excepté dans la saprolite pour laquelle le coefficient de sécurité est de 0,7. Le redimensionnement du talus à ce niveau a permis d'améliorer la stabilité. Les risques de rupture et les instabilités observées dans la fosse 3/5 nécessitent une surveillance continue des talus et des méthodes de confortement adaptées telles que le drainage efficient, l'optimisation des tirs devront être mises en œuvre.