

EVALUATION DU COUT DE PRODUCTION DES MINERAIS DE CUIVRE DE LA MINE A CIEL OUVERT DE SHABA EN VUE DE L'EXPLOITATION DE LA DEUXIEME PHASE

Jean Paul KAYEYE MAHAMBAA¹ and Albert KALAU²

¹Ingénieur Civil des Mines,
Assistant à l'ISTA Kolwezi,
Section Géologie et Mines,
RD Congo

²Licencie en Géologie,
Chef des travaux à l'ISTA Kolwezi,
Section Géologie et Mines,
RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The exploitation of the Shaba Open-pit mine, a Concession of ANVIL MINING CONGO at KAPULO will have to pass to its second phase of exploitation with 2 excavators Hitachi 870 plus one CAT 336 DL and 11 articulated trucks AD40F. The cost of exploitation of the first phase rising with 7.31 dollars per cubic meter with 2 excavators and 5 trucks in the form of the contract per hour of work, our study showed that with the addition of the fleet, the production cost becomes 4.31 dollars per meter and the production increases by 2.38 times, thus offering an advantage to the form of the contract per hour than the contract by bench cubic meter.

KEYWORDS: Evaluation, open-cast mine, Layer, mineralized Body, design, mining machines, cost of exploitation, running hours of mining equipment's.

RESUME: L'exploitation de la Mine à Ciel Ouvert de Shaba, un gisement de ANVIL MINING CONGO à KAPULO devra passer à sa deuxième phase de découverte avec 2 pelles Hitachi 870 ; une CAT 336 DL et 11 bennes articulées AD40F. Le coût d'exploitation de la première phase s'élevant à 7.31 dollars par mètre cube avec 2 pelles et 5 bennes dans la forme du contrat par heures de marche, notre étude a montré qu'avec l'ajout de la flotte, le coût de production devient 4.31 dollars par mètre la production augmente de 2.38 fois, offrant ainsi un avantage à la forme du contrat par heure qu'au contrat au mètre cube.

MOTS-CLEFS: Evaluation, mine à Ciel ouvert, Gisement, Corps minéralisé, design, engins miniers, cout d'exploitation, heures de marche des engins, taux d'utilisation.

1 INTRODUCTION

La Mine à Ciel Ouvert de Shaba , charnière du projet de ANVIL MINING CONGO à KAPULO planifiée en trois phases d'exploitation dont la première a commencée depuis Novembre 2014 et devant produire 2 millions de Tonnes avec un rapport de découverte moyen de 2.4 ; la deuxième phase devant intervenir dans le troisième trimestre de l'année 2015 pour une excavation globale de 18 millions de tonnes avec un rapport de découverte moyen de 8.6 , enfin la troisième phase sera entamée au début de l'année 2017 . Pour l'exploitation de ses Mines de Kapulo dont celle de Shaba, de Safari Nord et Safari Sud, la Société ANVIL Mining Congo (AMC en sigle), a engagé Mining Company Katanga (MCK en sigle) en sous-

traitance ; et la nature du contrat est basée sur les heures prestées et le coefficient de Mise à disposition « Availability » dont le minimum mensuel est fixé à 85 %. La flotte disponible est constituée de deux Excavateurs dont la HITACHI 870, la CAT 340, avec 5 bennes de type ADT 40 F, Deux bulldozer D8R, une Niveleuse et une benne arroseuse. Etant donné que la deuxième phase va nécessiter l'ajout de 6 bennes et d'une pelle Hitachi 870, il nous a semblé important de faire une étude afin d'évaluer le coût de production du mètre cube (minerai et stérile) compte tenu des enjeux du contrat actuel, et le comparer au coût que pourrait générer un autre type de contrat au mètre cube appelé BCM Contrat, et enfin dégager les avantages de l'un ou l'autre contrat

2 GENERALITES SUR LA MINE DE SHABA

2.1 LOCALISATION

La Mine de Shaba est située à Kapulo, un projet localisé dans le coin Sud- Est de la République Démocratique du Congo, dans le District du Haut Katanga, entre le Lac Moero et le Lac Tanganyika, approximativement à 15 kilomètres de la bordure Zambienne et à 50 kilomètres de Pweto ; Ce projet comporte trois gisements dont Shaba, Safari Nord et Safari sud, situés à environ 124 kilomètres au Nord Est de Dikulushi, un autre projet de Anvil Mining Congo, à proximité de Kilwa.

2.2 GÉOLOGIE ET STRATIGRAPHIE

Le Gisement de Shaba regorge une réserve de 3.6 millions de tonnes à 3.6 % de cuivre et 8.3 grammes par tonne d'Argent ; et la production annuelle escomptée est de 15 800 tonnes de cuivre et 78 000 onces d'argent (équivalent à 2 211 Kilogramme), pour une durée de vie de 7.5 ans.

Le Site de Kapulo en général comprend deux ore bodies dont Shaba et Safari qui sont séparés par une faille de 2 kilomètres de long ; le gisement de Shaba est filonien et a géométriquement 10 à 150 mètres d'épaisseur ; 200 mètres de long et plonge à plus de 370 mètres.

A la Surface, on retrouve une épaisse couche d'argile altérée contenant du cuivre carbonaté sous forme de Malachite et d'Azurite, et aussi des oxydés sous forme de Cuprite. De cette Zone oxydée le Gisement passe partiellement par une Zone mixte dont la minéralisation est dominée par l'association Cu-Fe, spécialement la bornite et la chalcopryrite ; ensuite vient la plus dominante Zone qui est complètement sulfurée et stratiforme associée à du Graywacke et du Bréccia Ciments avec des granites. La roche encaissante est constituée du Quartz et des Sandstones.

La géométrie et la stratigraphie des gisements de Kapulo a été fortement contrôlée par la Faille.

La Zone de Silicification \pm Fe-oxide \pm clay a une épaisseur de 10 à 150 m, soit 60 m en moyenne

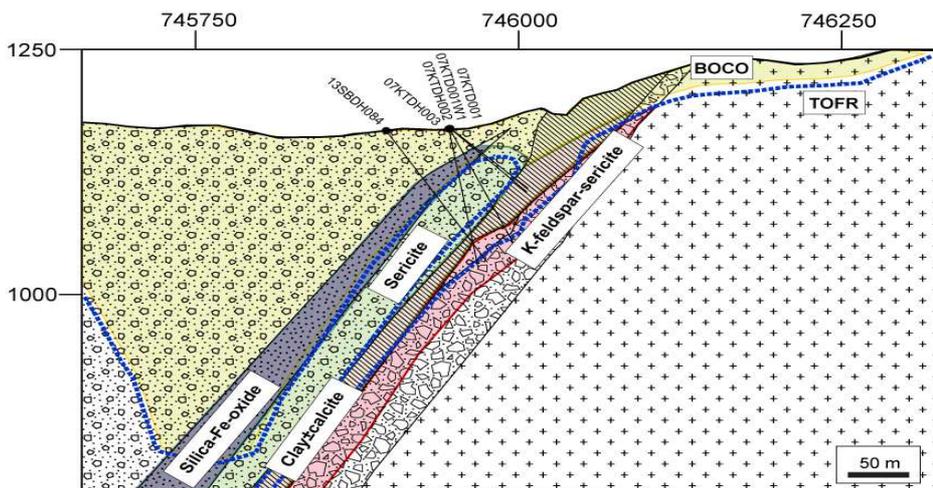
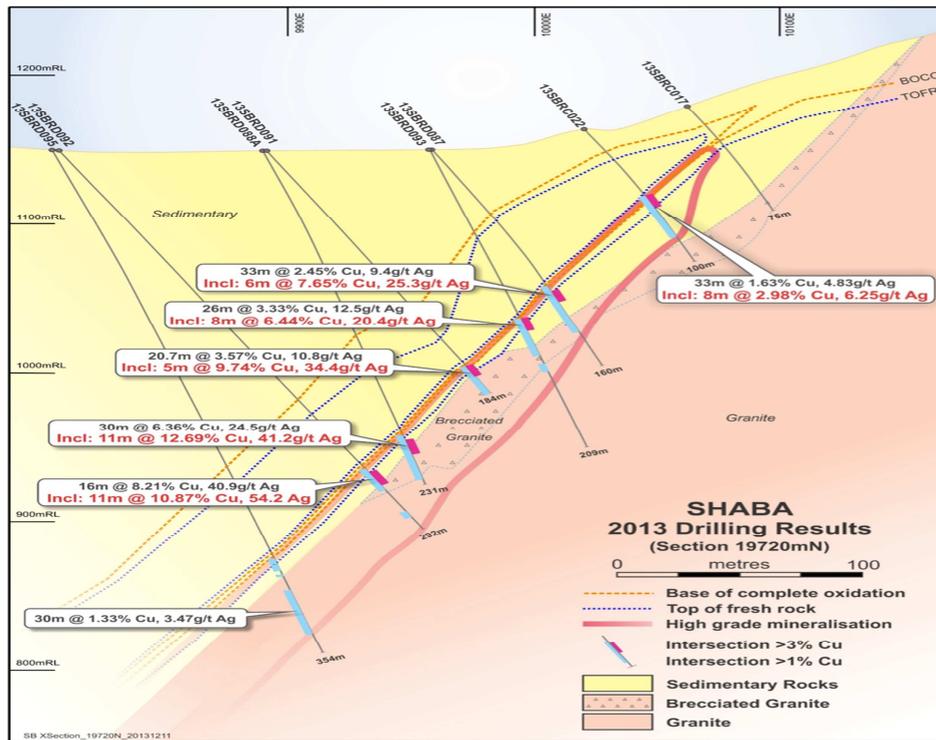
La zone de Sericite varie de 10 à 80 m, environ 40 m en moyenne

Ensuite le Clay \pm Fe-oxide \pm calcite dont la structure et l'altération sont contrôlées par le greywacke et la presence de breccia

La Zone de calcite a pour épaisseur 10 à 40 m; soit 25 m en moyenne

La Zone de K-feldspar \pm sericite recouvre 10 to 65 m d'épaisseur, soit 30 m en moyenne

Figures 1 et 2 montrant la stratigraphie et la structure du Gisement de Shaba



3 EVALUATION DU COUT DE PRODUCTION

3.1 INTRODUCTION

Au cours de ce Chapitre, nous allons évaluer le coût en tenant uniquement compte des opérations d’excavation et de transport des produits (minerais et stériles), compte tenu du contrat qui lie MCK et ANVIL MINING Congo, sachant que les autres opérations comme forage et Minage reviennent à AMC.

Cette limitation est motivée par le fait que l’objectif de cet ouvrage est de déterminer le coût de production, c’est-à-dire Excavation et transport dans la forme du contrat actuel de MCK basée sur les heures machines afin de pouvoir le comparer au coût que reviendrait cette production dans la forme d’un contrat au mètre cube.

3.2 PRÉSENTATION SOMMAIRE DES CLAUSES DU CONTRAT

Le contrat par heures machines est défini en terme des cinq points ci-après :

- Ressource et mobilisation des équipements et consommables

- Frais de management qui sont fixes et mensuels, et comportent le Management, la supervision, les salaires des opérateurs et du staff, les équipements de bureau, les frais de transport, le carburant, la communication Mobile et Internet et les assurances. (Monthly Management Fee, MMF en Sigle)
- Les frais horaires par engin selon 85% de disponibilité. Ces frais concernent la pelle Hitachi ZX870, la pelle CAT 336DL, 5 camions bennes Volvo A40F ADT, deux Bulldozers CAT D8R, un Grader CAT 140K, une chargeuse CAT 980 WL, Une benne Arroseuse Bell B40D W/KADT, un service truck Volvo A40F ADT et un marteau hydraulique 336 DL ; ainsi, le nombre d'heures de travail est multiplié par les frais horaires fixes, et le déficit par rapport à 85% constitue un Back charge, c'est-à-dire ces frais sont retranchés sur la facture globale, on les nomme Monthly Hourly Hire , MHH en sigle
- Les frais fixes par engin sur un minimum de 250 heures : ces frais dépendent du point précédent en supposant que chaque engin doit faire plus de 250 heures par mois ; si il en faisait moins et que la machine est disponible, ces frais sont payés de droit considérant que celle-ci a été mise au chômage ; si elle en faisait plus, ces frais sont payés pour la mobilisation ; on les appellera Monthly equipment Fixed Fee , MEFF en sigle
- Les ' Rise and Fall' : Sont calculés après chaque 4 mois, et sont considérés comme frais d'amortissement des engins

3.3 CALCUL DU COÛT DE PRODUCTION DU MÈTRE CUBE

Dans ce paragraphe, nous allons représenter les coûts globaux et les productions depuis le mois de Janvier jusque Mai 2015 afin de trouver le coût de production moyen en Dollars par Tonne ou Dollars par mètre Cube

Tableau 02 : représentation des frais et des productions

Desc	MMF	MEFF	MHH	Fuel	RB	BC	Total
	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Janv.	221385	237147	223670	227510	-	-	909712
Fév.	223788	250391	219442	224859	-	10065	908416
Mar	223788	254751	248771	259346	4084	1475	989265
Avr.	223788	250003	244463	246066	4084	1386	967018
Mai	223788	249773	275035	269886	4084	1701	1020865

Légende :

- MMF : Monthly Management Fee ou frais de management
- MEFF: Monthly Equipment Fixed Fee ou frais par machine
- MHH: Monthly Hourly Hire Ou frais relatifs aux heures machines
- RB : Rock break ou Marteau
- BC : Back Charge

Ainsi, nous pouvons sur base de ces coûts et des productions réalisées, calculer le coût au mètre cube comme suit :

Mois	Cout	Volume	Tonnes	CU	CU
	\$	Bcm		\$/bcm	\$/t
Jan 15	909712	125036	300087	7.28	3.03
Fév. 15	908416	143307	343231	6.34	2.65
Mar 15	989265	134024	328904	7.38	3.01
Avr. 15	967018	135961	332391	7.11	2.91
Mai 15	1020865	142085	348108	7.18	2.93

De ce qui précède, nous trouvons que sur base du contrat par heures machines, le cout de production revient à 7.1\$/ bcm (7.1 dollars par mètre cube), soit 2.9 dollars par Tonne en incluant tous les travaux de développement et en considérant 1.6 dollar comme prix de Gasoil livré sur site en provenance de la Zambie.

3.4 CRITIQUE DES RÉSULTATS

On constate que les frais de management MMF et ceux fixes par machine prennent 48% du coût global alors que les frais liés aux heures machines ne valent que 25.1%, ceci traduit que même quand il y a chute de production, la facture doit être payée aussi longtemps que les machines sont disponibles sur site. On pourra aussi remarquer que ces frais sont élevés par rapport à la normalisation faite par l'IBN comme nous allons le démontrer au tableau 4

Le contrôle de la productivité par le contractant ne faisant pas objet du contrat, on observe dans les documents de statistique de Mawson West que :

- le Truck factor est en moyenne de 13 bcm par camion au lieu d'être de 17, bien que le standard de MCK soit de 14 bcm
- le temps de cycle des bennes pour la distance contractuelle de 1.5 Km qui devrait être de 14 minutes au maximum est en moyenne de 18 minutes, ce qui réduit d'office la productivité, d'où la production
- les travaux de développement faits par le bulldozer et la niveleuse ont difficile à être quantifiées tandis que les heures machines sont comptabilisées.
- Les frais de management ne devraient contenir que le Management, la supervision et le staff, tandis que les assurances et autres coûts devraient revenir à la charge du contractant

4 PROJECTION DU CONTRAT AU METRE CUBE

4.1 GÉNÉRALITÉS

Contrairement au contrat par heures machines, le contrat au mètre cube devrait concerner les points ci-après :

1. Différents ratios pour le minerai et les stériles en tenant compte des niveaux d'exploitation et des remblais de destination
2. Distance maximale de transport (2 kilomètres selon les standards de MCK et RULCO), et même 1.5 Kilomètre conformément au contrat MCK- AMC de Novembre 2014
3. La Distance supplémentaire au-delà de celle convenue sera taxée avec un autre ratio
4. Les autres travaux de Génie Civil seront taxés par heure ou selon des conventions de surface ou Volume ; il s'agira de :
 - Débroussaillage
 - Enlèvement des morts terrains ou du terrain de Couverture
 - Travaux d'exhaures et connexes
 - Construction des ridelles sur les pistes
 - Construction des routes ou pistes de roulage
 - Déplacement de remblais
 - Alimentation du concasseur par la chargeuse
 - Chargement des concentrés dans les camions

4.2 PRÉSENTATION DES COÛTS STANDARDS

Ci- dessous, les différents prix par rubrique dans différents modèles de contrat au mètre Cube

Monthly Management Fee			
Description	Scenario 1 (\$)	Scenario 2 (\$)	Scenario 3 (\$)
Management	39 774.17	45 645.42	27 151.67
Supervision	17 688.0	25 212	17 688
Service Staff	14 124	21 252	12 804
Employés	24 048.05	32 930.67	20 148.37
Site office supplies	9 833.09	13 273.08	8 624.15
Transport sur Site	18 554.82	18 554.82	14 842.19
Transport hors Site	39 347.34	60 778.09	39 347.34
Ground Control	1 075.07	2 150.14	1 075.07
Fuel / Service Truck	7 970.38	13 283.97	7 970.38
Exhaure	0	0	0
Eclairage de Nuit	9 810.25	17 167.93	7 357.69
Informatique- Communication	2 418.65	2 732.75	2 418.65
Impression bureautique	1 056.33	1 056.33	1 056.33
Atelier Mécanique	10 403.27	10 403.27	9395.21
Assurances	5 270.83	5 270.83	5 270.83
Autres Charges	6 504.3	9 074.61	5 272.73
Total Mensuel	207 878.55	278 785.91	180 422.61
2. aménagement du remblai stérile : 21 410 \$/ ha			

On constate que les frais de Management ne devraient concerner que les rubriques Management, Supervision et service staff et qu'il y a lieu de charger le contractant des autres frais restants ou de les réduire par négociation

4.3 PROJECTION DU COÛT D'EXPLOITATION

Comme nous l'avons mentionné plus haut, le contrat au mètre cube devrait être spécifié par phase et par niveaux en tenant compte de la nature des produits excavés et transportés, et aussi de la distance du trajet.

Le tableau ci-dessous représente la projection des coûts moyens pour la suite des travaux :

PHASE	NIVEAUX	NATURE PRODUITS	COUT (\$/ bcm)
I	1210 à 1140 RL	Minerai	6.69
	1210 à 1140 RL	stériles	6. 15
II	1200 à 1060 RL	Minerai	6.94
	1290 à 1060 RL	stérile	6.33
III	1150 à 980 RL	Minerai	7.85
	1220 à 980 RL	Stérile	6.53
Morts terrains			6.95
Débroussaillage			9.272 \$ / ha
Alimentation Concasseur			1.07 \$ / Tonne

4.4 EVALUATION DU COUT AVEC AUGMENTATION DE LA FLOTTE

Dans ce paragraphe, nous allons calculer le coût que donne la flotte projetée pour la phase 2, mais en gardant la forme actuelle du contrat ; ceci nous permettra de voir lequel des deux contrats sera avantageux

Le tableau ci-après donne le cout par engin et le cout total réalisé au mois d'octobre :

Equipments	Hourly Rate	hrs	Hourly Hire \$	Equip Fixed Fee \$
EX 49	83,62	557,7	46 718	32 298,05
EX 54	62,58	526,6	33 017	17 503,06
ADT 252	33,57	444	14 939	19 146,60
ADT 253	33,57	493	16 584	20 209,91
ADT 254	33,57	545	18 329	20 209,91
ADT 255	33,57	511	17 188	20 209,91
ADT 256	33,57	123	4 163	5 473,44
DZ 35	69,32	502,1	34 875	20 003,94
DZ 25	69,32	416,7	28 955	19 113,65
GR 29	24,29	446,9	10 879	21 191,01
WK 114	17,62	115,2	2 047	11 497,02
ST 144		247,1	247	
WL 22	52,8	450,9	23 860	28 768,84
WK 20	48,99	26	1 323	6 006,28
Hydraulic Hammer			-	4 083,75
			-	
EX 55	83,62	552	46 242	32 298,05
ADT 242	33,57	539	18 128	20 209,91
ADT 246	33,57	489	16 449	20 209,91
ADT 247	33,57	541	18 195	20 209,91
ADT 251	33,57	543	18 262	20 209,91
ADT 257	33,57	481	16 181	20 209,91
ADT 258	33,57	564	18 967	20 209,91
			405 548,38	399 272,88

On remarque que sur la flotte il y a eu ajout d'une pelle (EX 55) de type Hytachi 870 et de 6 bennes ADT 40 F

Les frais de management pour ce même mois sont repris dans le tableau ci-après :

Monthly Management Fee	USD
Management	26 510,00
Supervisory	14 307,10
Operators and Mechanics	163 134,21
Service Staff	10 164,00
Site office supplies	5 218,04
Transportation On site	9 232,19
Transportation to-and-from site	15 903,59
Fuel/service truck	6 386,38
Computing and communication	2 418,65
Printing & stationery	1 056,33
Workshop minor plant-set & tools (weld, comp, forklift, etc.)	5 981,27
Insurances	5 270,83
Offsite Costs	6 504,30
TOTAL	272 087

4.5 REPRÉSENTATION DE LA PRODUCTION ET CALCUL DU COÛT PAR BCM (COÛT AU MÈTRE CUBE)

Production		Distance
		Km
Waste	639314	0,647
Ore	36819	1,5
Total Tonnes	676133	
Total BCMs	325064	
Fuel total (litres)	220422	
Cout total fuel (USD)	325675,20	
Cout total (USD)	1401701,923	
Cout total par metre cube (USD/BCM)	4,31	

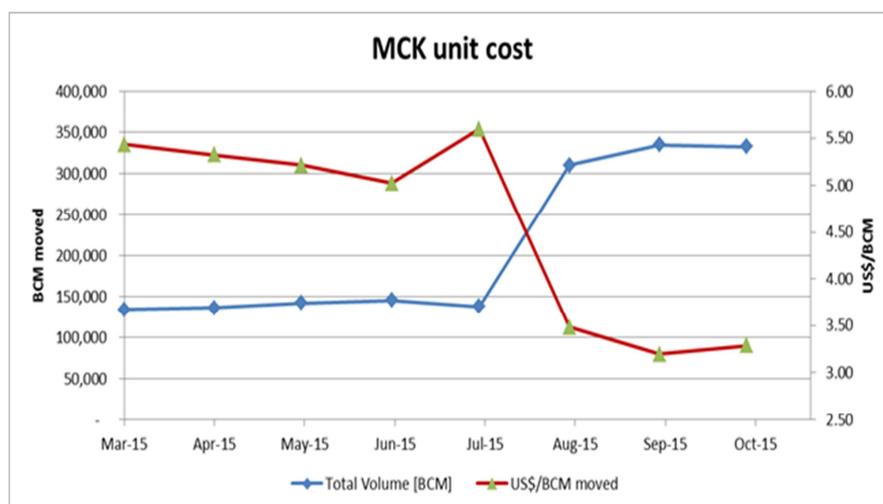
Constatation

Des chiffres ci-dessus représentés, on constate qu'avec l'ajout de la flotte comme prévu pour exploiter la phase deux, il ressort que :

La production moyenne passe de 136 082 mètres cube à 325 064 mètres cube, soit 2.38 fois plus

Le coût de production diminue de 7.1 à 4.31 dollars par mètre cube, soit 1.65 fois moins

Les courbes ci- après donnent l'allure de la variation des coûts de production de Mai à Octobre 2015



5 CONCLUSION

Pour une exploitation rentable de la deuxième phase de la mine à ciel ouvert de Shaba, et au regard des deux formes de contrat, il y a des avantages et inconvénients de part et d'autre.

Pour la forme de contrat par heures qui est la forme actuelle, l'avantage que l'on tire est que l'augmentation de la flotte de 5 à 11 bennes accroît la production de 2.38 fois et diminue le coût de 1.65 fois ; ce qui est avantageux pour la phase de découverte de la deuxième phase qui prévoit beaucoup de stériles ;

L'inconvénient de cette forme reste la lassitude et le manque d'efficacité du contractant dans ce sens qu'il a déjà rassuré son gain par le simple fait de maintenir ses engins disponibles.

Le contrat au mètre cube par contre motiverait le contractant à être efficace dans le sens que son gain sera proportionnel au volume excavé, par contre le coût sera constant au mètre cube ; bien que la production pourrait augmenter ; ceci pourrait être avantageux et égaler proportionnellement le coût du contrat par heures lorsque la flotte est maintenue à 11 bennes et que la production est maintenue au-delà de 528 000 mètres cubes par mois ; avec pour conséquence l'accélération de la découverte ; mais ceci exige la modification des Target

De ce qui précède, nous pensons que dans la phase actuelle où les Target de 2016 varient autour de 360 000 mètres cubes par mois, le contrat dans sa forme actuelle par heure de marche est avantageux quant au coût ; mais avec risque de non réalisation du Target ; ceci dit que le travail de supervision restera le cheval de bataille pour améliorer et rentabiliser la production.

REFERENCES

- [1] Wojciech Zukowski and Laura Klingberg: Geology, alteration and copper mineralisation at the Shaba and Safari deposits, Kapulo District, DRC Mawson West Ltd. Lubumbashi, 2014
- [2] Wojciech Zukowski : Annual Explo_Kapulo Mineralisation, Lubumbashi , 2012
- [3] Pierre Kamulete M. : Cours de Projets D'exploitation des Mines à Ciel Ouvert, Université de Lubumbashi, 2010
- [4] UN Curtin: Engineering Mine Planning Learning Guide University of Technology, Australia 2009.
- [5] JP Kayeye et JP MWAMBBA : MCK KPIs template, Anvil Mining Congo, Kapulo Project, 2015.