

République de Côte d'Ivoire

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Institut National Polytechnique
Félix Houphouët-Boigny



Ecole Supérieure des
Mines et de Géologie



Explosif Produit Chimique de
Côte d'Ivoire

Soutenu le 05 Décembre 2024
A Yamoussoukro, INP-HB

Composition du Jury :

Président : Dr. OKANGNI Jean Claude
Rapporteur : M. TIEMOKO Tonga Paul
Examineur : Dr. THIO Peyokoh Roger

Année Académique : 2023-2024



Ecole Supérieure des Mines et de Géologie

TRAVAIL DE FIN D'ETUDE
Cycle Ingénieur de Conception
Option : Mines et Carrières

Période : du 22 Avril au 23 Octobre 2024

THEME :
ETUDE DE L'INFLUENCE DES
ACTIVITES DE FORAGE ET DE
DYNAMITAGE SUR LA DILUTION
DU MINERAL A LA MINE D'OR DE
BONIKRO : CAS DE L'OUTIL
OREPRO 3D

Présenté par :

ZADI Gabo Serge-Junior

Élève Ingénieur de Conception en Mines et Carrières
3^{ème} année

Maitre de stage :

M. SANGARE Hamed
Ingénieur Technique des
Mines des Projets de
Bonikro & Agbaou

Encadreur pédagogique :

Dr. THIO P. Roger
Enseignant-Chercheur
INP-HB

THIO P. Roger

EPC CÔTE D'IVOIRE
BP 1783 YAMOUSSOUKRO
Tél: +225 27 22 48 81 51
C.C.N: 1290873 D

République de Côte d'Ivoire

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Institut National Polytechnique
Félix Houphouët-Boigny



Ecole Supérieure des
Mines et de Géologie



Explosif Produit Chimique de
Côte d'Ivoire

Soutenu le 05 Décembre 2024
A Yamoussoukro, INP-HB

Composition du Jury :

Président : Dr. OKANGNI Jean Claude
Rapporteur : M. TIEMOKO Tonga Paul
Examineur : Dr. THIO Peyokoh Roger

Année Académique : 2023-2024



Ecole Supérieure des Mines et de Géologie

TRAVAIL DE FIN D'ETUDE

Cycle Ingénieur de Conception
Option : Mines et Carrières

Période : du 22 Avril au 23 Octobre 2024

THEME :
ETUDE DE L'INFLUENCE DES
ACTIVITES DE FORAGE ET DE
DYNAMITAGE SUR LA DILUTION DU
MINERAI A LA MINE D'OR DE
BONIKRO : CAS DE L'OUTIL
OREPRO 3D

Présenté par :

ZADI Gabo Serge-Junior

Élève Ingénieur de Conception en Mines et Carrières
3^{ème} année

Maitre de stage :

M. SANGARE Hamed
Ingénieur Technique des
Mines des Projets de
Bonikro & Agbaou

Encadreur pédagogique :

Dr. THIO P. Roger
Enseignant-Chercheur
INP-HB

THIO P. Roger



DEDICACE



A MA FAMILLE
ET
A MES PROCHES

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers certaines personnes qui ont rendu possible la tenue et le bon déroulement de notre stage, ainsi que la rédaction du présent rapport. Tout d'abord, nous remercions toute l'équipe d'encadrement de l'Ecole Supérieure des Mines et de Géologie (ESMG), notamment :

-  Professeur YAO Kouakou Alphonse, Directeur de l'ESMG ;
-  Docteur OKAINGNI Jean Claude, Sous-Directeur des Enseignements de l'ESMG ;
-  Madame TRAORE Bintou épse BAMA, Sous-Directrice des Etudes de l'ESMG ;
-  Docteur THIO Peyokoh Roger, Enseignant-Chercheur à l'INPHB et notre encadreur pédagogique pour sa disponibilité et son soutien ;
-  Docteur KOUADIO Eugène, Enseignant-chercheur à l'INPHB et responsable chargé des stages pour tous ses efforts ;
-  L'ensemble des enseignantes et enseignants de l'ESMG, qui pendant des années nous ont dispensé les cours et offert de la connaissance ;

Ensuite, nous exprimons notre reconnaissance à tout le personnel de EPC-CI, en particulier envers ceux dont les noms suivent :

-  Monsieur KOUA Jean-Jacques, Directeur Général de EPC-CI ;
-  Monsieur GBEDE Léonard, Directeur Général Adjoint de EPC-CI ;
-  Monsieur ZOBO Benito Lionel, Ingénieur Technique en chef zone Afrique ;
-  Monsieur N'DRI Patrice, Responsable de site de Bonikro pour sa disponibilité ;
-  Monsieur FOFANA Aziz, Responsable Adjoint du site de Bonikro pour ses conseils et sa contribution dans la rédaction de ce mémoire ;
-  Monsieur SANGARE Dié Tchindjou Hamed, Ingénieur Technique Bonikro et Agbaou Projets, notre maître de stage pour son encadrement ;
-  Et, à tous les Agents de EPC Bonikro et de EPC-CI, veuillez trouver ici l'expression de nos remerciements pour votre soutien.

Aussi, nous exprimons notre gratitude au personnel de Allied Gold, plus précisément à :

-  Monsieur SAHOULE Jean-Baptiste, Senior Mine Geologist ;
-  Monsieur KONDE Aurélien, Mine Geologist ;
-  Monsieur LIBOUE Aristide, Shift Production Geologist ;

AVANT-PROPOS

Créé par le décret 96-678 du 04 septembre 1996, l'Institut National Polytechnique Houphouët Boigny (INP-HB) est un établissement public supérieur né de la restructuration de quatre (04) écoles :

- Institut National Supérieur de l'Enseignement Technique (INSET) ;
- Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP) ;
- Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) ;
- Institut Agricole de Bouaké (IAB).

Autrefois, constitué seulement de ces quatre (4) écoles, le pôle intellectuel d'Afrique de l'Ouest qu'est l'INP-HB se ramifie de jour en jour avec de nouveau décret et aujourd'hui, elle compte dix (10) grandes écoles que sont :

- Ecole Supérieure de Commerce et d'Administration des Entreprises (ESCAE) ;
- Ecole Supérieure des Travaux Publics (ESTP) ;
- Ecole Supérieure de l'Aéronautique et du Spatial (ESAS) ;
- Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA) ;
- Ecole Supérieure d'Industrie (ESI) ;
- Ecole Préparatoire aux Grandes Ecoles (EPGE) ;
- Ecole de Formation Spécialisées et du Perfectionnement des Cadres (EFSPC) ;
- Ecole Doctorale Polytechnique (EDP) ;
- Ecole Supérieure de Chimie, du Pétrole et de l'Energie (ESCPE) ;
- Ecoles Supérieur des Mines et Géologie (ESMG).

L'ESMG dont nous sommes issus a en son sein deux cycles de formation : le Cycle Technicien Supérieur et le Cycle Ingénieur de Conception dont sont formés des ingénieurs de haut niveau et qualifiés dans leurs domaines respectifs. L'étudiant en Mines et Géologie à l'ESMG est appelé, pendant son cursus, à effectuer des stages, des sorties de terrain, des visites d'entreprise, etc... dans le but d'allier la pratique à la théorie. C'est dans cette optique qu'il nous a été permis d'effectuer notre stage fin d'étude au sein de la structure EPC-CI qui s'est déroulé du **22 Avril au 23 Octobre 2024**. Le thème soumis est le suivant : « **Etude de l'influence des activités de forage et de dynamitage sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D** ». Ce rapport rend compte des travaux réalisés.



TABLE DES MATIERES

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
AVANT-PROPOS	III
TABLE DES MATIERES	IV
LISTES DES FIGURES	IX
LISTES DES TABLEAUX.....	XII
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	XV
RESUME	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES	2
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	3
1. Historique.....	3
2. Mission et ressources.....	3
3. Structuration de EPC CI.....	4
II. DESCRIPTION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE	6
1. Contexte géographique	6
1.1. Localisation de la mine d'or de Bonikro	6
1.2. Hydrographie.....	7
1.3. Relief.....	8
1.4. Climat.....	9
1.5. Végétation	10
1.6. Population.....	11
2. Contexte géologique	12
2.1. Géologie régionale	12
2.2. Géologie locale.....	13
III. APERCU GLOBAL SUR LE THÈME	14





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forage et de dynamitage sur la dilution du minerai à la mine d'or de Bonikro : Cas de l'outil OREPro 3D



1. Méthode d'exploitation de la mine d'or de Bonikro	14
2. Contrôle de teneurs à la mine d'or de Bonikro	15
3. Description des différentes activités de forage et de dynamitage à mine d'or de Bonikro	15
3.1. La phase de conception	16
3.2. La phase d'exécution.....	16
3.2.1. Implantation des trous	16
3.2.2. Forage	16
3.2.2.1. Différents types de trous	17
3.2.2.1.1. Les trous de pré-découpage (presplit/preshear)	17
3.2.2.1.2. Les trous tampons (Buffer)	18
3.2.2.1.3. Les trous de stabilisation (stab-hole)	18
3.2.2.1.4. Les trous de production	18
3.2.2.2. Quelques paramètres liés aux opérations de forage et de dynamitage à la mine d'or de Bonikro	19
3.2.2.2.1. La maille	19
3.2.2.2.2. La sur-foration	20
3.2.2.2.3. Le diamètre du trou.....	20
3.2.2.2.4. Profondeur de trou	21
3.2.2.2.5. Inclinaison de trou	21
3.2.3. Dynamitage.....	22
3.2.3.1. Phase de QAQC.....	22
3.2.3.2. Phase d'amorçage	22
3.2.3.3. Phase de pompage du produit.....	23
3.2.3.3.1. Explosifs	23
3.2.3.3.2. Injection de l'émulsion	24
3.2.3.4. Phase de vérification de la hauteur de bourrage	24
3.2.3.5. Phase de bourrage	24
3.2.3.6. Phase de mise à feu.....	25
3.2.3.6.1. Mécanisme de l'explosion	26
3.2.3.6.2. Mécanisme de fragmentation.....	27
4. Notion de dilution	29
4.1. Dilution due aux activités de forages	30





4.2. Dilution due aux activités de dynamitages.....	30
5. L'outil OREPro 3D.....	31
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	34
I. MATERIEL	35
1. Matériel de sécurité (EPI).....	35
2. Matériel informatique.....	36
3. Matériel technique.....	36
II. METHODES.....	38
1. Choix de l'explosif en fonction des caractéristiques géotechniques de la fosse de Bonikro	38
2. Analyse des paramètres de tirs et évaluation du contrôle qualité des activités de forage et dynamitage	40
2.1. Contrôle et assurance qualité de l'implantation des trous.....	40
2.2. Contrôle et assurance qualité des activités de chargement.....	42
2.3. Contrôle et assurance qualité du cout des opérations de forage et de dynamitage	43
3. Identification des facteurs pouvant impacter le mouvement du minerai pour un meilleur contrôle	43
3.1. Critères de sélection pour apprécier la qualité du mouvement	43
3.2. Les facteurs pouvant influencer les critères de sélection	44
3.2.1. Plan de tir ou séquence d'initiation	44
3.2.2. Consommation spécifique ou charge spécifique (powder factor)	47
4. Acquisition et traitement des données avec OREPro 3D.....	47
4.1. Avant le dynamitage	47
4.2. Après le dynamitage.....	57
5. Analyse et contrôle statistique des mouvements effectués après le dynamitage.....	65
6. Quantification de la dilution, des pertes de minerai et erreurs de classification	66
6.1. Suivi de la dilution avec le logiciel OREPro 3D.....	67
6.2. Suivi de la dilution avec le Mine Call Factor (MCF).....	67
7. Evaluation économique.....	67
CHAPITRE III : RESULTATS, INTERPRETATIONS ET RECOMMANDATIONS	70





I. RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS	71
1. Résultats de l'étude des caractéristiques géotechnique et le choix de l'explosif	71
1.1. Etude de l'adaptabilité de l'explosif à la roche	71
1.2. Transmission de l'énergie dans massif rocheux	72
2. Résultats du contrôle qualité et assurance des activités de forage et de dynamitage	73
2.1. Implantation et Opération de foration	75
2.1.1. Implantation des trous à forer	75
2.1.2. Opérations de foration	75
2.2. Opérations de chargement	77
2.2.1. Chargement à l'explosif.....	77
2.2.2. Densité de l'explosif.....	78
2.2.3. Hauteurs de bourrage.....	80
2.2.4. Inclinaison des trous	81
2.3. Coûts des opérations de forage et de dynamitage	81
3. Résultats de l'étude du mouvement du minerai par analyse statistique de Bravais-Pearson.....	82
3.1. Corrélation entre distance verticale, distance oblique et distance horizontale par rapport à la charge spécifique.....	82
3.2. Distance moyenne de déplacement du matériau selon les différents types de séquences.....	85
4. Résultats de la quantification de la dilution et évaluations économiques de pertes de minerai	86
5. Résultats du suivi de la dilution avec Mine Call Factor (MCF).....	104
II. RECOMMANDATIONS	106
1. Au niveau de la planification.....	106
2. Au niveau du forage et du dynamitage.....	106
3. Au niveau des Géomètres.....	107
4. Au niveau du service Géologie	107
5. Au niveau des sous-traitants.....	108
6. Suggestion de technique d'abattage après étude du mouvement avec les détonateurs non-électrique (Nonel)	108





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forage et de dynamitage sur la dilution du
minerai à la mine d'or de Bonikro : Cas de l'outil OREPro 3D



CONCLUSION	109
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	110
ANNEXES	I



LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme simplifié de EPC CI	5
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (Bamba, 2012).....	7
Figure 3 : Bassin versant du Bandama (Bamba,2012)	8
Figure 4 : Relief de la zone d'étude (PEMED-CI, 2013)	9
Figure 5 : Diagramme climatique de la mine de Bonikro (Station météo de la mine de Bonikro, 2011 à 2019).....	10
Figure 6 : Carte de la végétation du district du Gôh-Djiboua (PEMEDCI, 2015)	11
Figure 7 : Contexte régional de notre zone d'étude (Matthew, 2020).....	12
Figure 8 : Géologie de la mine de Bonikro (Matthew, 2020).....	13
Figure 9 : Chaîne d'extraction du minerai à la mine d'or de Bonikro.....	14
Figure 10 : Foreuses en activités sur un carreau.....	17
Figure 11 : Types de trous et dispositions sur une volée	18
Figure 12 : Différents types de mailles.....	19
Figure 13 : Eléments caractéristiques d'un carreau	21
Figure 14 : Amorçage à l'aide de booster.....	23
Figure 15 : Les catégories d'explosifs et leur vitesse de décomposition	23
Figure 16 : Principe de chargement de trou de mine.....	25
Figure 17 : Etape de la fragmentation	28
Figure 18 : Les types de dilution du minerai (Groundhog)	30
Figure 19 : Modèle généralisé du mouvement de l'explosion (Gilbride, 1995).....	31
Figure 20 : Paramètres de OREPro 3D (Poupeau et al., 2019)	32
Figure 21 : Traitement des données avec OREPro 3D (Poupeau et al., 2019).....	33
Figure 22 : Equipements de protection individuelle.....	35
Figure 23 : Matériel informatique	36
Figure 24 : Indice de dilution selon les trois (3) composantes (BMT Africa Pty. Ltd.)	43
Figure 25 : Plan de tir avec une séquence en échelon (Bon_-20_db_303_stg1).....	45
Figure 26 : Plan de tir avec une séquence centrée (Bon_-30_db_501_stg1)	46
Figure 27 : Plan de tir avec une séquence en V (Bon_-20_db_301p1_stg1)	46
Figure 28 : Digitalisation de la volée	48
Figure 29 : Extraction du block model	49
Figure 30 : Bloc model de la volée.....	50



Figure 31 : propriétés de la volée à dynamiter	51
Figure 32 : Importation des trous et de la surface topographique avant le tir	52
Figure 33 : Résultats de l'importation des trous.....	52
Figure 34 : Résultats de l'importation de la surface topographique avant le tir.....	53
Figure 35 : Compilation des trous, de la surface topographique et des contours de temps.....	53
Figure 36 : Importation du block du model dans OREPro 3D	54
Figure 37 : Attribut du block model	54
Figure 38 : Vérification des attributs.....	55
Figure 39 : Arbre de classification des teneurs.....	55
Figure 40 : Résultats d'importation du bloc model	56
Figure 41 : Délimitation du modèle (Crop).....	56
Figure 42 : Block model délimité par rapport à la topographie	57
Figure 43 : Récapitulatif des simulations avant le tir (Bon_-60_db_501p2_stg1).....	57
Figure 44 : Importation de la surface topographique après le tir	58
Figure 45 : Résultats de l'importation de la surface topographique après le tir.....	58
Figure 46 : Délimitation du p périmètre de la volée de tir	59
Figure 47 : fusion du design floor avec la topographie.	60
Figure 48 : Définition de la distance de la volée de tir aux contours du design floor	60
Figure 49 : Résultats du design floor.....	61
Figure 50 : Limite du mouvement	61
Figure 51 : Délimitation du mouvement	62
Figure 52 : Option de visualisation du mouvement de la volée de tir	63
Figure 53 : Mouvement de la volée de tir.....	63
Figure 54 : Option de création des niveaux.....	64
Figure 55 : Définition du nombre de niveau et du sens d'excavation.....	64
Figure 56 : Digitalisation des polygones minéralisés.....	65
Figure 57 : Appréciation de la corrélation entre deux séries de Bravais-Pearson	66
Figure 58 : Principe de calcul de l'évaluation de la perte de minerai et de la dilution	68
Figure 59 : Evaluation des écarts d'implantation des trous forés.....	75
Figure 60 : Evaluation des profondeurs.....	76
Figure 61 : Comparaison de la quantité planifiée et obtenue	77
Figure 62 : Comparaison du volume planifié et obtenu	78
Figure 63 : Evaluation du facteur de poudre	78





Figure 64 : Evolution de la densité de l'explosif lors du chargement des trous	79
Figure 65 : Evaluation des hauteurs de bourrage	80
Figure 66 : Evaluation des couts planifiés et réalisés lors des opérations de forage et de dynamitage	81
Figure 67 : Corrélation linéaire entre la charge spécifique et le déplacement vertical	82
Figure 68 : Corrélation linéaire entre la charge spécifique et le déplacement horizontal	83
Figure 69 : Corrélation linéaire entre la charge spécifique et le déplacement oblique	83
Figure 70 : Synthèse des distances de déplacement avec la charge spécifique.....	84
Figure 71 : L'état du mur de Bonikro	85
Figure 72 : Histogramme de distance moyenne de déplacement par type de séquence.....	86
Figure 73 : Contrôle de récupération du minerai du mois de Avril lors de l'excavation.....	87
Figure 74 : Contrôle de récupération du minerai du mois de Mai lors de l'excavation	87
Figure 75 : Contrôle de récupération du minerai du mois de Juin lors de l'excavation.....	88
Figure 76 : Contrôle de récupération du minerai du mois de Juillet lors de l'excavation.....	88
Figure 77 : Evaluation des déplacements en fonction des types de séquence et des taux de dilution, de perte de minerai et d'erreur de classification	103
Figure 78 : Ecart entre la teneur estimée par l'usine et la teneur déclarée par la mine avant l'utilisation de OREPro 3D	104
Figure 79 : Ecart entre teneur estimée par l'usine de traitement et celle déclarée par la mine (mois de Avril à Juillet)	105

LISTES DES TABLEAUX

Tableau I : Code couleur des flagelles selon les teneurs de coupures à Bonikro (Service Géologie et Géotechnique Agold)	15
Tableau II : Les écarts d'implantation limite respectées en fonction des diamètres de foration à la mine de Bonikro	41
Tableau III : Tableau de calcul de charge spécifique	47
Tableau IV : Calcul de dilution et des pertes engendrées avec OREPro 3D.....	69
Tableau V : Les caractéristiques mécaniques et physiques de la roche dans la fosse de Bonikro (Source : Service Géotechnique et Géologie)	71
Tableau VI : Caractéristiques des produits explosifs utilisés à Bonikro (Source : EPC GROUPE).....	72
Tableau VII : Calcul du rapport d'impédance (Z) pour différents explosifs	72
Tableau VIII : Rapport de transmissivité par rapport à l'énergie incidente	73
Tableau IX : Récapitulatif du contrôle qualité et de l'assurance qualité des activités de forage et de dynamitage.....	74
Tableau X : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_007_stg1	89
Tableau XI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_301p1_stg1	89
Tableau XII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_150_db_007_stg5.....	90
Tableau XIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_301p1_stg1	90
Tableau XIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_303_stg1	90
Tableau XV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_301p2_stg1	91
Tableau XVI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_008_stg1	91
Tableau XVII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_006_stg1.....	91



Tableau XVIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_140_db_001_stg5	92
Tableau XIX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_007_stg1	92
Tableau XX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_501_stg1	92
Tableau XXI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_140_db_002_stg5.....	93
Tableau XXII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_008_807_stg1.....	93
Tableau XXIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-40_db_005_stg1.....	93
Tableau XXIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-40_db_006_stg1.....	94
Tableau XXV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_303_stg1	94
Tableau XXVI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-35_db_001_stg1.....	94
Tableau XXVII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_301p2_stg1.....	95
Tableau XXVIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_135_db_001_stg5.....	95
Tableau XXIX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_110_db_006_stg3	95
Tableau XXX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_100_db_004_stg3.....	96
Tableau XXXI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-40_db_501_802_stg1.....	96
Tableau XXXII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_150_db_009_stg5.....	96
Tableau XXXIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-40_db_302_501p2_stg1.....	97



Tableau XXXIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_001_stg1.....	97
Tableau XXXV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_002_801_stg1.....	98
Tableau XXXVIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_002_801p2_stg1.....	99
Tableau XXXIX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_004p2_stg1.....	99
Tableau L : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_501_stg1	99
Tableau LI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_100_db_007_stg3.....	100
Tableau LII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_003_802p2_stg1	100
Tableau LIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_501p1_stg1	100
Tableau LIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_501p2_stg1	101
Tableau LV : Tableau récapitulatif des pertes, dilutions et erreurs de classification par la séquence en V après le tir.....	101
Tableau LVI : Tableau récapitulatif des pertes, dilutions et erreurs de classification par la séquence en center lift après le tir	102
Tableau LVII : Tableau récapitulatif des pertes, dilutions et erreurs de classification par la séquence en échelon après le tir	102



LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AGOLD : Allied Gold

C.I : Côte d'Ivoire

DB : Drill and Blast (forage et dynamitage)

EPC-CI : Explosif et Produits Chimiques-Côte d'Ivoire

EPI : Equipement de protection individuelle

PF : Powder factor (facteur de poudre)

UMFE : Unité Mobile de Fabrication d'Explosif

RL : Reduced Level (Niveau réduit)

SA : Société Anonyme

TNT : Trinitotoluène

PETN : Pentaérythritol

TCOC : Tube conducteur d'onde de choc

MCO : Mine à ciel ouvert

GPS : Global Position System (Système global de positionnement)

Franc CFA : Franc des Colonies Française d'Afrique

KPIs : Key Performance Indicator (Indicateur clé de performance)

AN : Nitrate d'Ammonium

MCF : Mine Call Factor (Facteur d'appel de la mine)

BMT : Blast Movement Technology (Technologie du mouvement du tir)

QAQC : Quality assurance & quality control (qualité assurance – qualité contrôle)

PVC : Chlorure de Polyvinyle

SASCA : Sassandra-Cavally

Bon : Bonikro





RESUME

L'étude de l'influence des activités de forage et de dynamitage sur la dilution du minerai à la mine d'or de Bonikro avec l'outil OREPro 3D a pour objectif de minimiser la dilution du minerai afin de permettre une meilleure récupération de l'or.

A la mine d'or de Bonikro, Allied Gold utilise l'outil OREPro 3D pour suivre et matérialiser le bloc minéralisé pendant et après le tir et prédire le mouvement du tir. Le contrôle du mouvement du minerai permet de suivre le déplacement des bloc minéralisés.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail sur **l'étude de l'influence des activités de forage et de dynamitage sur la dilution du minerai à la mine d'or de Bonikro : Cas de l'outil OREPro 3D**. Pour mener cette étude, nous avons eu recours à un matériel de sécurité, informatique et technique. Notre travail a consisté, tout d'abord, à analyser des paramètres de tirs et évaluation du contrôle qualité des opérations de forage et dynamitage selon les indicateurs clés de performance de l'entreprise durant notre étude. Ensuite, étudier le mouvement du minerai, quantifier la dilution et les pertes de minerai engendrées. Et enfin, faire une évaluation économique.

L'analyse de la direction du mouvement du minerai a mis en évidence plusieurs facteurs. Il s'agit des caractéristiques du terrain, de la charge spécifique, du plan de tir (type de séquence) et le type d'explosif utilisé. L'étude a montré que la dilution est plus prononcée dans les séquences en **center lift** par rapport aux séquences en *V* et en **échelon**. Cela a permis par la suite de comprendre que la dilution est influencée par le mouvement du minerai. L'étude de l'impact financier a permis de faire ressortir **7 592 958,05\$ USD** soit **4 548 181 871,95 Franc CFA** de valeurs monétaires perdues en termes de perte de minerai, de dilution et d'erreur de classification durant le mois d'Avril à Juillet. Néanmoins le contrôle du mouvement du minerai avec le logiciel OREPro 3D s'est avérée plus ou moins satisfaisante pour l'entreprise. Les recommandations sur la prise en compte des paramètres avant le dynamitage ont été faites pour mieux cerner le mouvement du minerai dans l'intention de bonifier la production.

Mots clés : *Activités de forage, dynamitage, OREPro 3D, mouvement du minerai, dilution.*





ABSTRACT

The aim of the study of the influence of drilling and blasting activities on ore dilution at the Bonikro gold mine using the OREPro 3D tool is to minimise ore dilution in order to improve gold recovery.

At the Bonikro gold mine, Allied Gold is using the OREPro 3D tool to track and materialise the mineralised block during and after blasting and to predict the movement of the blast. Controlling the movement of the ore makes it possible to track the movement of the mineralised blocks.

This is the context of our work on **the Study of the influence of drilling and blasting activities on ore dilution at the Bonikro gold mine : Case of the OREPro 3D tool**. To carry out this study, we used safety, IT and technical equipment. Our work consisted, firstly, in analysing the shooting parameters and evaluating the quality control of drilling and blasting operations according to the company's key performance indicators during our study. Secondly, we studied ore movement and quantified dilution and ore losses. And finally, to carry out an economic evaluation.

Analysis of the direction of movement of the ore has highlighted several factors. These include the characteristics of the terrain, the specific load, the blast plan (type of sequence) and the type of explosive used. The study showed that dilution is more pronounced in *centre-lift* sequences than in *V* and *step* sequences. The financial impact study revealed \$7,592,958.05 USD or 4,548,181,871.95 CFA Francs in lost monetary value in terms of ore loss, dilution and misclassification during the month of April to July. Nevertheless, the control of ore movement with the OREPro 3D software proved more or less satisfactory for the company. Recommendations on taking parameters into account before blasting were made to better define ore movement with a view to improving production.

Key words : *Drilling, blasting, OREPro 3D, ore movement, dilution.*





INTRODUCTION

La recherche constante de bénéfices dans l'industrie minière pousse les entreprises à constamment chercher des moyens d'optimiser leurs coûts de production. L'extraction du minerai dans les mines à ciel ouvert de roche massive repose principalement sur les travaux de forage et de dynamitage à l'explosif. L'abattage des roches pendant cette phase est crucial pour assurer une bonne récupération du minerai et réduire les coûts opérationnels en permettant d'obtenir la granulométrie souhaitée, essentielle pour la performance des engins et de l'unité de traitement. Lors du dynamitage, chaque explosion libère de l'énergie selon un plan préétabli, et le déplacement du matériau se fait dans un périmètre précis. Pour contrôler ce mouvement, certaines entreprises minières comme la Société Allied Gold Corporation utilisent la technologie OREPro 3D afin de matérialiser l'emplacement du minerai pendant et après le tir.

Ainsi, il est crucial pour EPC CI, entreprise sous-traitante, charger des opérations de dynamitage de comprendre quelles sont les activités de forage et de dynamitage qui influent sur le déplacement du minerai afin de maintenir le contrôle et atteindre les objectifs fixés par l'Entreprise Agold. Ainsi, la préoccupation se pose : comment l'Entreprise Agold peut-elle améliorer le contrôle du mouvement du minerai et réduire les dilutions indésirables ? Afin de répondre à cette problématique, ce thème nous a été soumis : « **Etude de l'influence des activités de forage et de dynamitage sur la dilution du minerai à la mine d'or de Bonikro : Cas de l'outil OREPro 3D** ».

L'objectif général de ce travail est de minimiser la dilution du minerai due aux activités de forage et de dynamitage afin de permettre une meilleure récupération de l'or. De manière spécifique, il consistera d'analyser les paramètres de tirs et évaluer le contrôle qualité des activités de forage et de dynamitage mis en œuvre, de faire une étude du mouvement du minerai par le traitement des données acquises et d'évaluer et quantifier les pertes et dilutions de minerai pour faciliter les prises de décisions.

Notre étude comportera trois chapitres. Le premier chapitre portera sur les généralités, le second présentera des matériels utilisés et étalera notre méthodologie de travail. En ce qui concerne le dernier chapitre, il exposera les résultats obtenus, les analyses faites ainsi que les interprétations et suggestions qui pourront en suivre.



CHAPITRE I :

GENERALITES

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. Historique

EPC Groupe est une société française basée à Paris. À partir de 1893, elle existe sous le nom de Société Anonyme d'Explosif et de Produit Chimique, dont **Eugène Jean-Barbier** en est le premier président. Avec 100 ans d'existence et d'expérience, le groupe a développé diverses méthodes innovantes pour la fabrication et l'utilisation d'explosifs, notamment des explosifs non réfrigérés, des tubes de combustible nitrate et des émulsions explosives. Avec plus de **125 ans** d'expérience, EPC Groupe s'est distingué par sa capacité à fournir des solutions efficaces et innovantes et un haut niveau de service client dans le monde entier. Depuis 2012, **KOUA Jean-Jacques** gère un capital total de **2 016 860 000 CFA** sous la dénomination **EPC Côte d'Ivoire SA**. Avec son partenaire régional SODEMI, EPC Côte d'Ivoire SA est une société de droit ivoirien basée à Yamoussoukro. EPC Côte d'Ivoire propose des solutions sécurisées, efficaces, adaptables et compétitives pour l'ensemble du marché ivoirien et des sous-régions (Direction Générale de EPC CI, 2013).

2. Mission et ressources

La principale activité de EPC Groupe consiste à fabriquer et à utiliser des explosifs. EPC Groupe occupe une position de premier plan dans le domaine de la production, du stockage et de la distribution d'explosifs, en particulier dans le domaine du forage et de l'exploitation minière. En outre, le groupe participe également à des activités liées telles que le forage-minage, la démolition, l'utilisation d'additifs, d'explosifs et le transport de marchandises sensibles. EPC Côte d'Ivoire se concentre principalement sur la commercialisation et la production d'explosifs et d'accessoires de tir. Dans cette optique, la mission de EPC-CI a été précisément définie et enregistrée dans sa charte dès le départ. Ces responsabilités particulières comprennent :

- 🌀 La production d'Emulsions ;
- 🌀 La gestion et le stockage des explosifs ;
- 🌀 Le transport des explosifs entre les entrepôts et les sites clients ;

EPC-CI est également une entreprise qui, afin de réaliser ses objectifs et de financer ses activités, trouve des ressources grâce aux :

- 🌀 Frais liés au stockage et au transport de ses produits ;



- Coûts liés à la prestation de minage.

EPC France est le principal fournisseur de EPC-CI et des principaux clients de EPC CI sont :

- Dans le domaine des mines (ENDEAVOUR MINING, PERSEUS MINING, ALLIED GOLD, ...).
- Dans le domaine des carrières (EBOMAF, SOGECAR) : EBOMAF est une entreprise spécialisée dans l'exploitation de gisements de roches massives ;
- Dans le domaine de la construction (SYNOHYDRO ; PFO ; COLAS) : elles sont parmi les plus importantes entreprises de construction en Côte d'Ivoire.

3. Structuration de EPC CI

Un directeur général élu par les actionnaires dirige EPC-CI. Il agit en faveur des intérêts de l'entreprise en mettant en œuvre des plans d'action et les stratégies requises pour atteindre les objectifs initialement établis. Néanmoins, la Direction Générale assure la gestion quotidienne de ses activités et accompagnée par d'autres directions comme le montre l'organigramme. Nous avons réalisé notre stage au sein du département des mines, à la mine de BONIKRO.

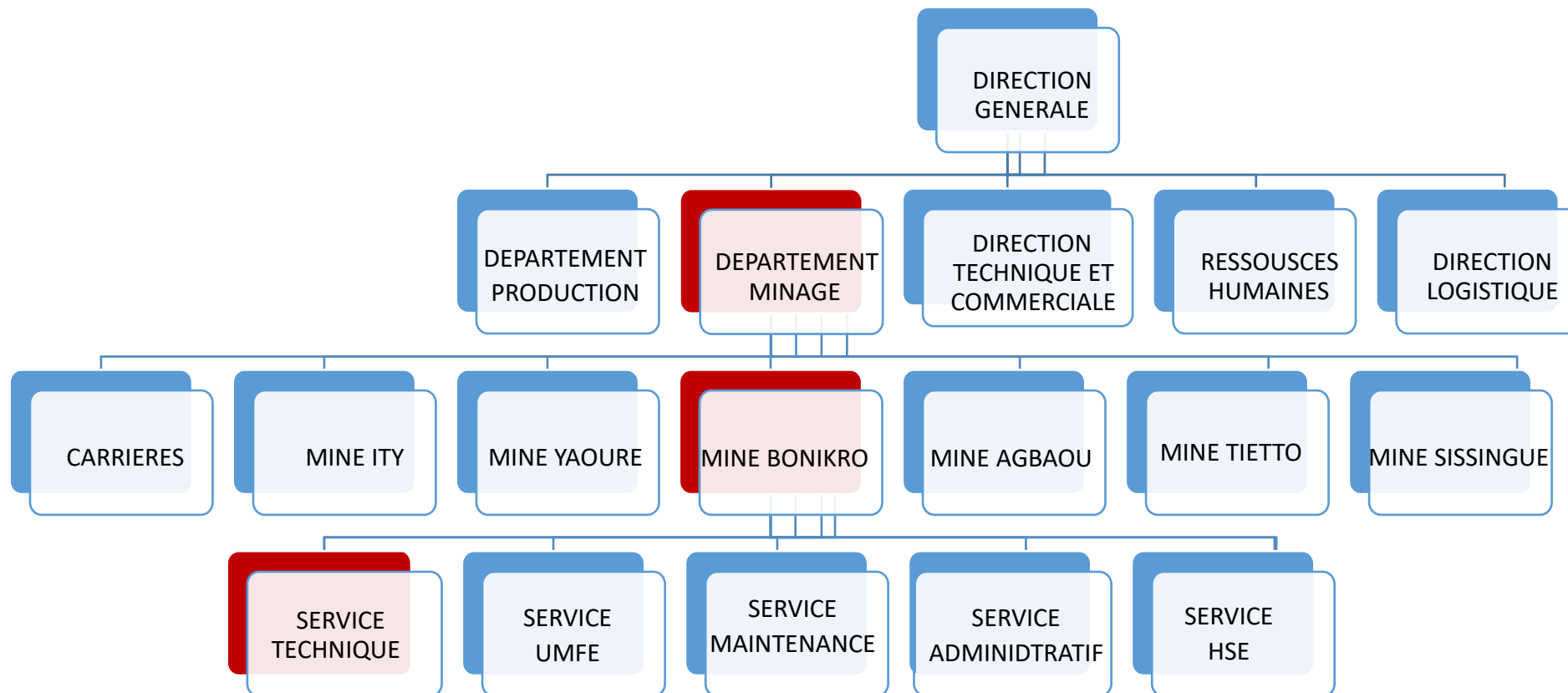


Figure 1 : Organigramme simplifié de EPC CI

II. DESCRIPTION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

1. Contexte géographique

1.1. Localisation de la mine d'or de Bonikro

En Afrique de l'Ouest, dans l'hémisphère Nord, à l'Ouest du méridien de Greenwich, entre l'Équateur et le tropique du Cancer, se trouve la Côte d'Ivoire. Elle se situe au 4ème et au 11ème parallèle nord et au 2ème et au 9ème méridien ouest. Son apparence est de manière générale inscrite dans un carré de 600 km. Hiré est une commune située sur l'axe Divo-Oumé, dans la région du Sud Bandama, à 45 km de Divo Chef-lieu de région et à 29 km d'Oumé. Ainsi, la mine d'or de Bonikro est située dans la sous-préfecture de Hiré, qui est rattachée à la préfecture de Divo, dans la région du Loh-Djiboua au Sud de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes $6^{\circ}13'06''N$ et $6^{\circ}14'11''N$, et les longitudes $5^{\circ}22'04''W$ et $5^{\circ}22'55''W$. La mine d'or de Bonikro se trouve dans le sud de la Côte d'Ivoire, à environ 240 kilomètres au nord-ouest d'Abidjan. Elle est précisément située à 3 km à l'est de la ville de Hiré et à 23 km au sud-ouest d'Oumé. L'accès final se fait par une piste rurale de 5,2 km qui rejoint le tronçon routier Oumé-Hiré. Dans un rayon de 4 km autour du site, on trouve le village de Bonikro, Bandamakro, Petit-Bouaké et Konankro. Le site comprend cinq fosses : Akissi-so, Chapelle, Assondji-so, Agbalé et Bonikro. Actuellement, seule les fosses Bonikro, Chapelle et Agbalé sont exploitées. Les cartes ci-joint (figure 2) illustrent respectivement la localisation de la mine d'or de Bonikro, les différentes fosses ainsi que la carte de minéralisation spécifique à la fosse de Bonikro.



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (Bamba, 2012)

1.2. Hydrographie

Ce qui concerne l'hydrographie, la région est parcourue par le cours d'eau majestueux du Gnouzalé, affluent du puissant fleuve Bandama. Ce cours d'eau alimente deux bassins versants, à savoir le Gnénissi et le Zéssié. La zone appartient aux bassins versants des fleuves Bandama à l'est et Boubo au sud, formant ainsi quatre sous-bassins distincts. Ces sous-bassins, comprenant les affluents du Bandama tels que le Gnouzalé, le Gnénissi et le Zéssié, couvrent près de 90% de la superficie du site minier (Tia, 2018). Quant au Boubo, son affluent est le Lélébiaba, et il draine environ 10% de la région aurifère. Ces quatre sous-bassins représentent les principales sources d'eau de surface pour le site minier. Des digues de fortune ont été

construites sur certains de ces sous-bassins, notamment le Gnénissi, afin de fournir de l'eau brute à l'usine de traitement et d'arroser les voies d'accès à la mine d'or et les pistes à l'aide de camions citernes. Deux barrages de retenue d'eau sont érigés sur le sous-bassin du Gnénissi, en amont et au centre, couvrant respectivement des superficies de 1 172 464 m² et 786 401 m². Un troisième barrage est construit en amont du sous-bassin du Lélébiaba, couvrant une superficie de 1 377 000 m². Ces infrastructures permettent une utilisation aisée de l'eau pour les différentes activités liées à l'exploitation de l'or dans la région (figure 3).

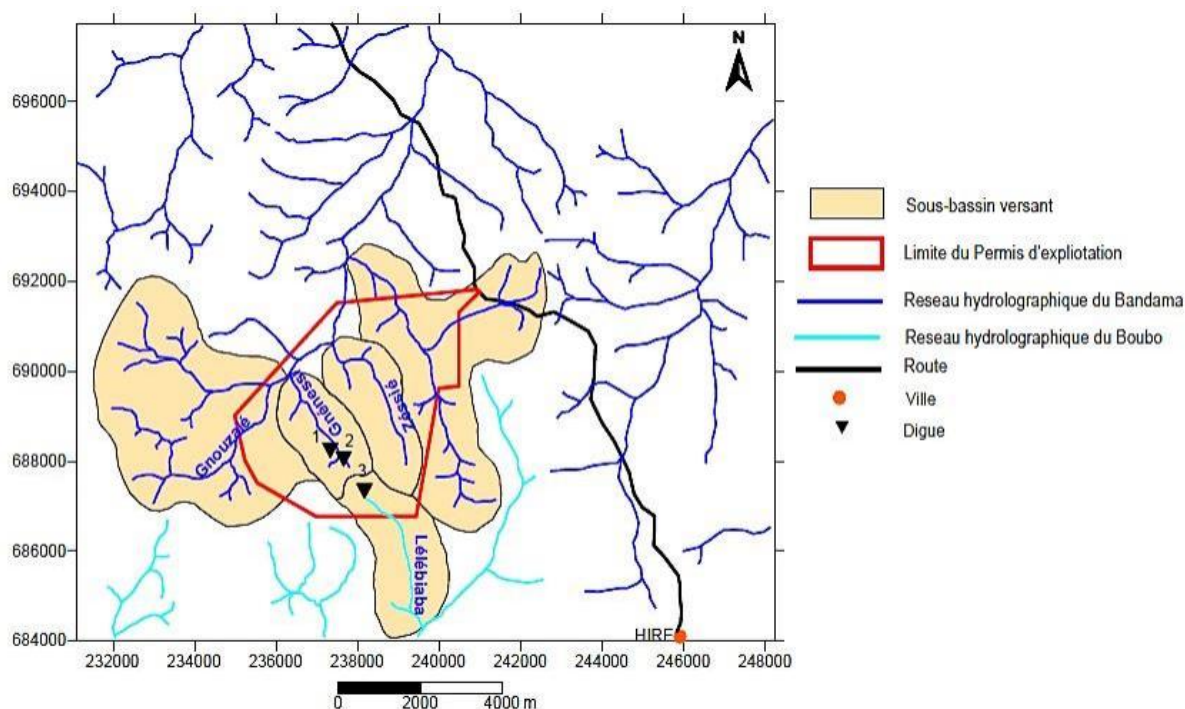


Figure 3 : Bassin versant du Bandama (Bamba, 2012)

1.3. Relief

La topographie de la région est modérément vallonnée. On peut observer une succession de collines au sud-ouest de la zone, en direction de Petit-Bouaké, tandis que des plaines s'étendent avec des altitudes oscillantes entre 150 et 350 m principalement dans le nord de la région, en périphérie de la forêt classée de la Sangoué (figure 4).

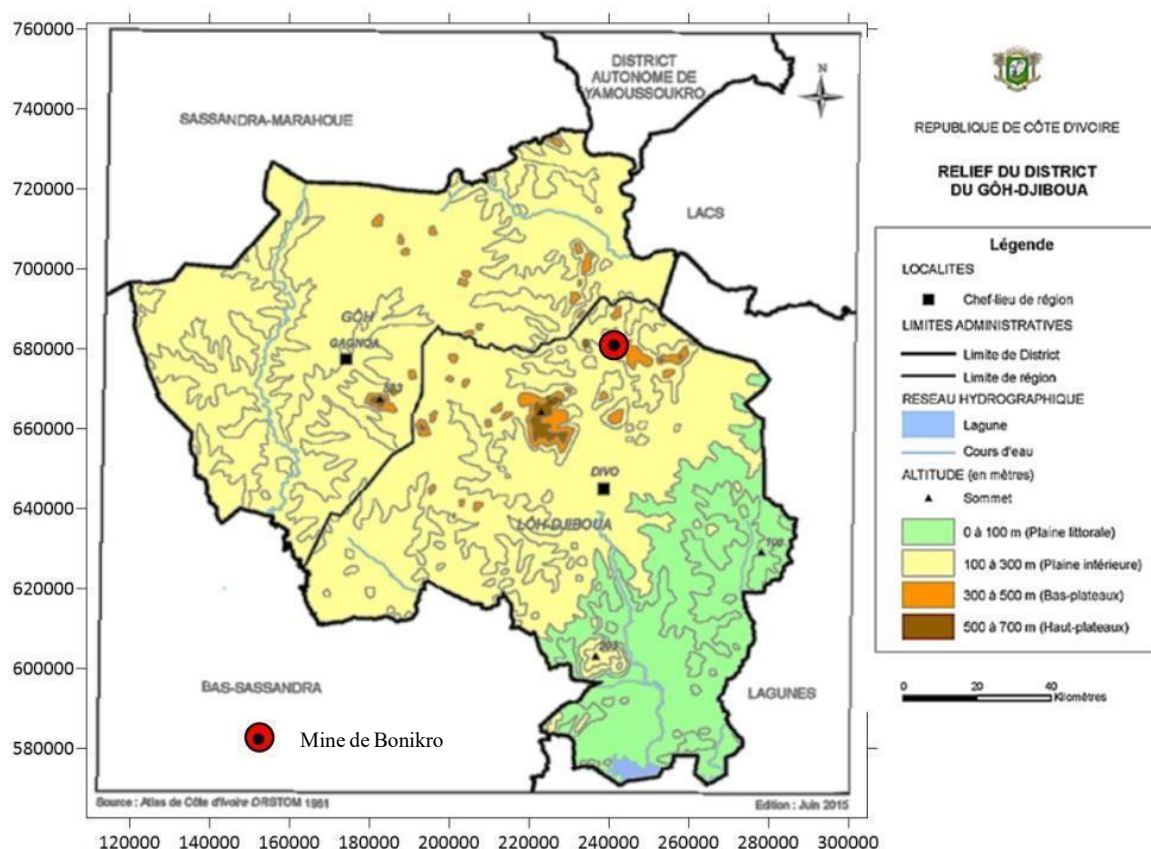


Figure 4 : Relief de la zone d'étude (PEMED-CI, 2013)

1.4. Climat

Le site aurifère de Bonikro profite d'un climat subéquatorial avec une pluviométrie bimodale (Tia, 2018), ce qui signifie qu'il y a deux saisons des pluies bien distinctes. Les quatre saisons se distinguent clairement par leurs précipitations, avec une température annuelle moyenne variant entre 24,8 et 27,7 °C. La saison des pluies la plus intense s'étend de mars à juin, suivie d'une petite saison sèche en juillet et août. En septembre, une petite saison pluvieuse prend place avant de se terminer en octobre. La grande saison sèche survient en décembre, janvier et février. La majeure partie des précipitations annuelles (plus de 60%) se concentre sur les six mois de mai à octobre, avec des quantités variant de 226 mm en juin (pleine saison des pluies) à seulement 31 mm en janvier. La figure 5 offre un aperçu clair du climat à la mine d'or de Bonikro.

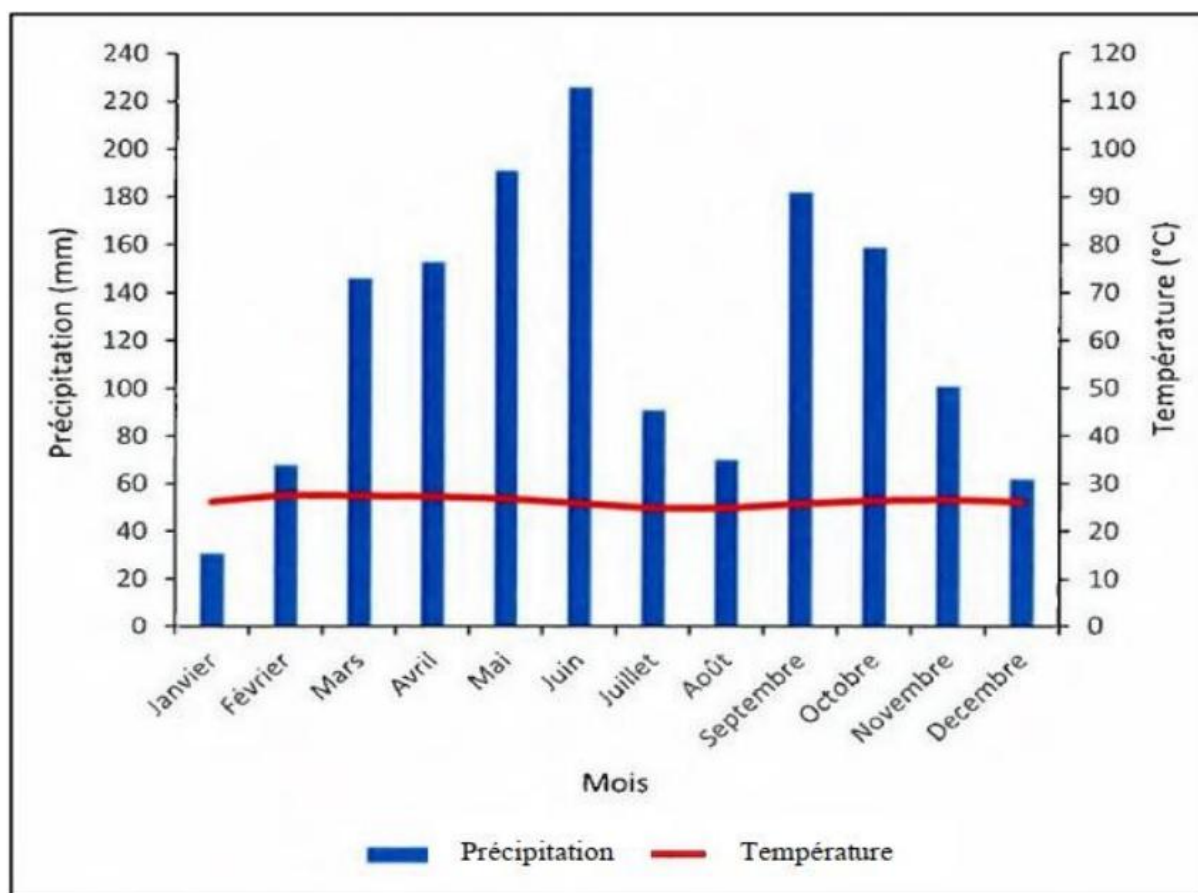


Figure 5 : Diagramme climatique de la mine de Bonikro (Station météo de la mine de Bonikro, 2011 à 2019)

1.5. Végétation

La végétation de la région se caractérise par une forêt dense tropicale humide, dont le sol est de type ferralitique. Progressivement, cette forêt laisse place à des cultures industrielles telles que le palmier à huile, l'hévéa, le café et le cacao. Malgré cela, des îlots préservés sont désignés comme réserves naturelles et sont protégés par l'Etat ivoirien, comme les forêts classées d'Oumé, de Doka, de Zuoké et de la Sangoué (figure 6).

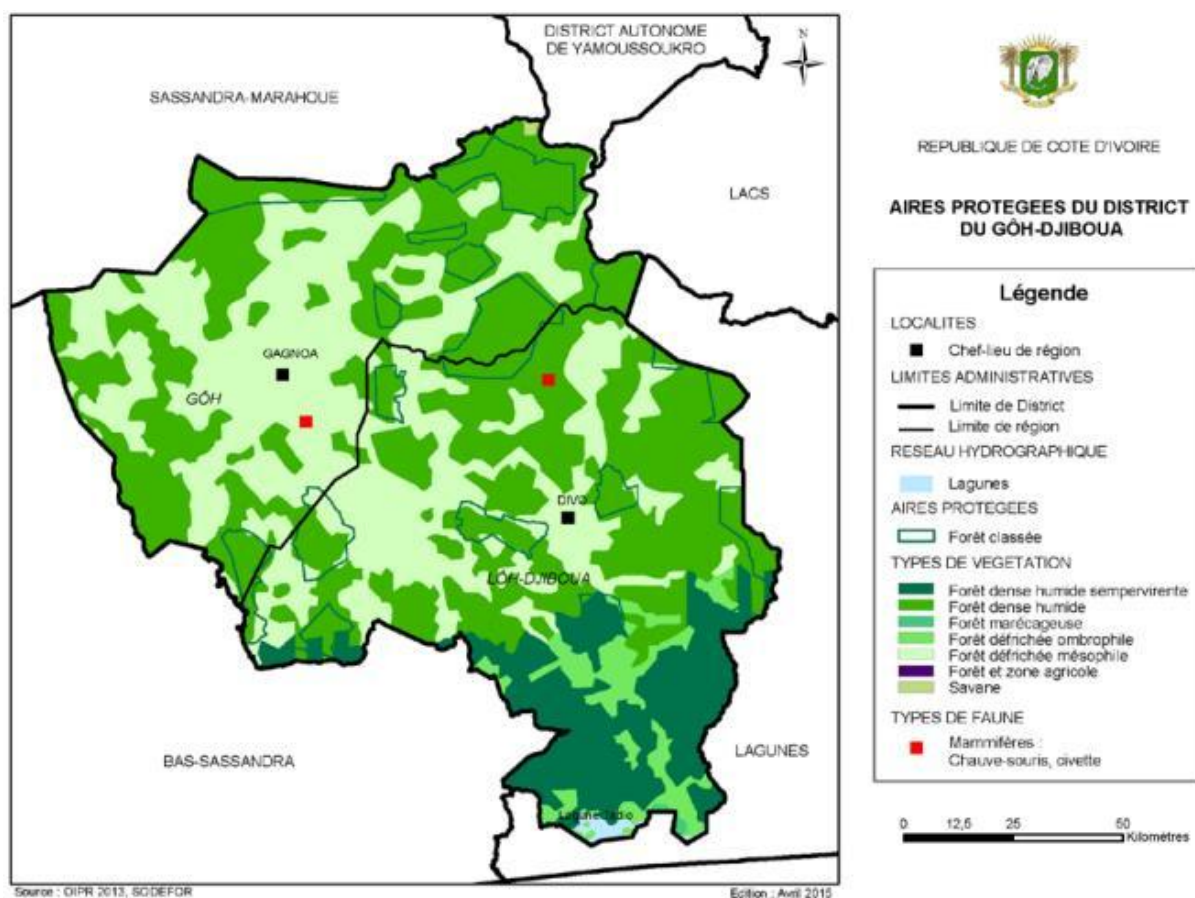


Figure 6 : Carte de la végétation du district du Gôh-Djiboua (PEMEDCI, 2015)

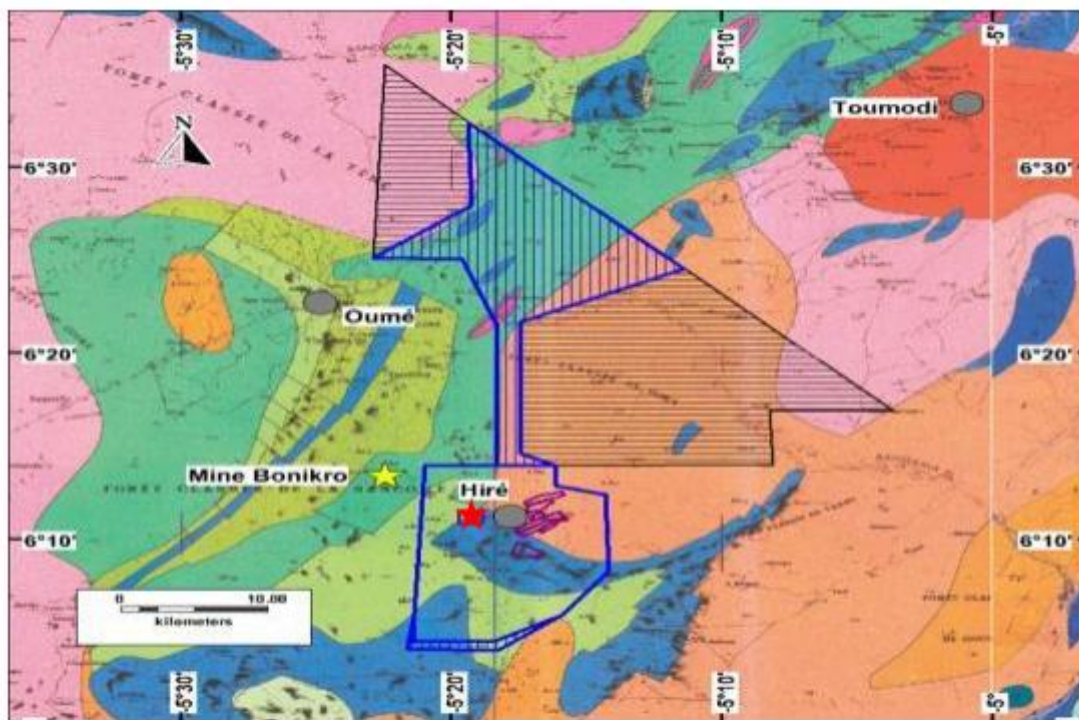
1.6. Population

La zone d'étude se compose principalement de deux groupes ethniques distincts : les Dida, considérés comme les autochtones, et les Baoulés, qualifiés d'allogènes. Ces deux groupes sont rejoints par une population diverse et immigrée en raison principale de la présence de la mine d'or de Bonikro. L'agriculture est l'activité principale de la population locale, appuyée par l'élevage. Les cultures pratiquées sont principalement vivrières, telles que le maïs, le manioc, le riz et l'igname, ainsi que des cultures commerciales lucratives comme le café, le cacao et le palmier à huile. Les marchés des villages animent la vie commerciale locale. En troisième position, on trouve l'activité d'extraction artisanale de l'or, qui a connu un essor important en raison de la hausse des prix de ce métal précieux ces derniers temps. Cette évolution a entraîné l'arrivée massive de populations allogènes en provenance du Burkina Faso et du Mali dans la Sous-Préfecture, cherchant à tirer profit de cette opportunité économique.

2. Contexte géologique

2.1. Géologie régionale

La zone d'étude se trouve dans le domaine Baoulé-Mossi, plus précisément dans la partie sud du sillon birimien d'Oumé-Fêtékro, datant du Protérozoïque Inférieur. Il s'agit d'une ceinture de roches vertes composées de roches volcano-sédimentaires. Les dépôts se divisent en deux groupes lithologiques distincts : le groupe felsique (intrusions granitoïdes) et le groupe mafique (métavolcanites, dolérites, grès et sédiments volcano-clastiques). Vers 2100 Ma, la zone a subi une déformation progressive marquée par des cisaillements senestres et des plis serrés orientés. Le métamorphisme présent dans la région correspond au faciès des schistes verts (figure 7).



Paléoprotérozoïque moyen

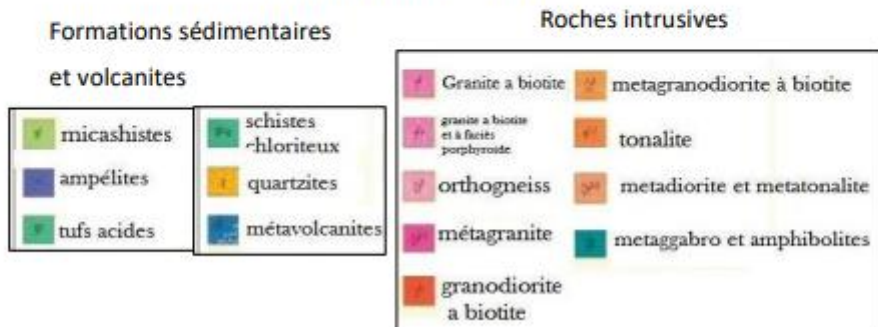


Figure 7 : Contexte régional de notre zone d'étude (Matthew, 2020)

2.2. Géologie locale

Le gisement aurifère de Bonikro est un dépôt d'or orogénique situé au cœur de la ceinture des roches vertes d'Oumé-Fétékro. Sa composition géologique est fascinante, avec des volcanites mafiques à l'Est et un mélange de volcanoclastiques et de sédiments à l'Ouest. L'interface entre ces deux structures est marquée par le couloir de cisaillement de Bonikro (BSZ) et le pluton granodioritique, entouré de dykes d'aplite et de pegmatite et également des volcanites donnant ainsi l'ensemble felsique (figure 8). L'or de Bonikro se montre sous deux formes :

- L'or disséminé irrégulièrement dans des failles et cisaillements au sein de structures volcano-sédimentaires du Birimien ;
- L'or se trouvant dans des veines de quartz discontinues au sein de structures volcanosédimentaires du Birimien et dans les parties marginales de l'intrusion granodioritique.

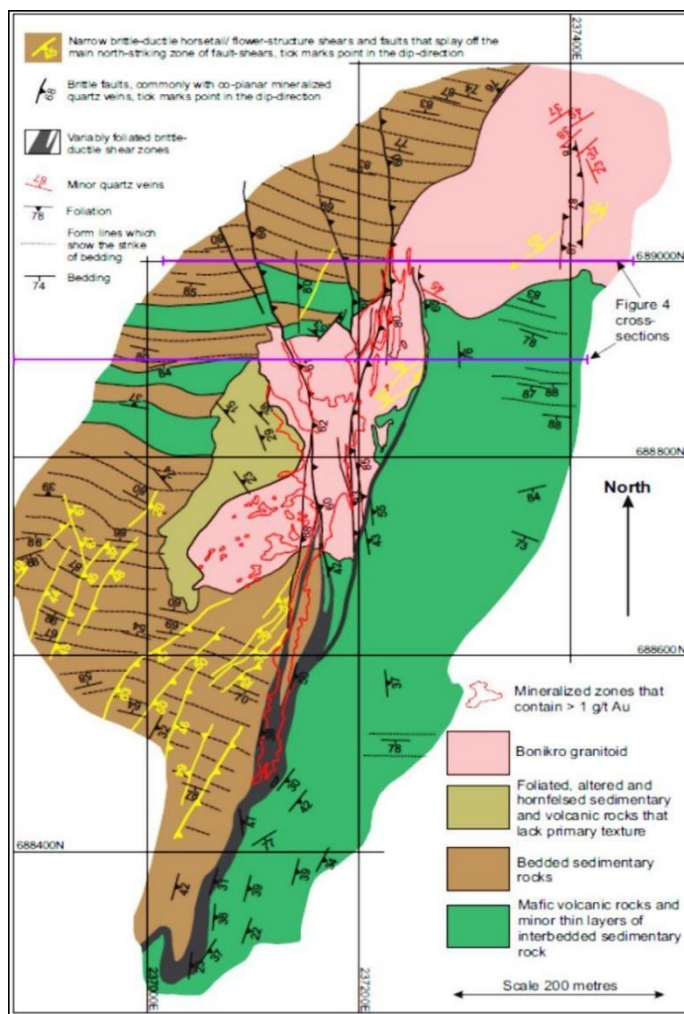


Figure 8 : Géologie de la mine de Bonikro (Matthew, 2020)

III. APERCU GLOBAL SUR LE THÈME

1. Méthode d'exploitation de la mine d'or de Bonikro

La mine d'or de Bonikro est une mine d'or à ciel ouvert (MCO), utilisant la technique des fosses emboîtées par enlèvements cycliques. Cette méthode est privilégiée en raison de la faible profondeur du gisement. Les gradins sont ajustés en fonction des spécifications des machines telles que les foreuses et les pelles. Pour garantir la stabilité de la fosse, les angles des talus sont soigneusement choisis en fonction de la nature du matériau excavé pour assurer la sécurité des opérations. Comme dans n'importe quelle mine d'or dans le monde, l'extraction et le traitement du minerai sont les activités principales à Bonikro. L'étape d'extraction, également connue sous le nom d'extraction du minerai in situ, consiste à prélever le minerai du milieu naturel pour le transporter vers le concasseur primaire au début du processus de traitement. Les différentes étapes de l'extraction incluent le contrôle de teneur, la foration, le dynamitage, le chargement et le transport des matériaux, ainsi que l'alimentation des concasseurs primaires.

La Figure 9 ci-dessous est un schéma récapitulatif de la chaîne d'extraction du minerai à la mine de Bonikro.

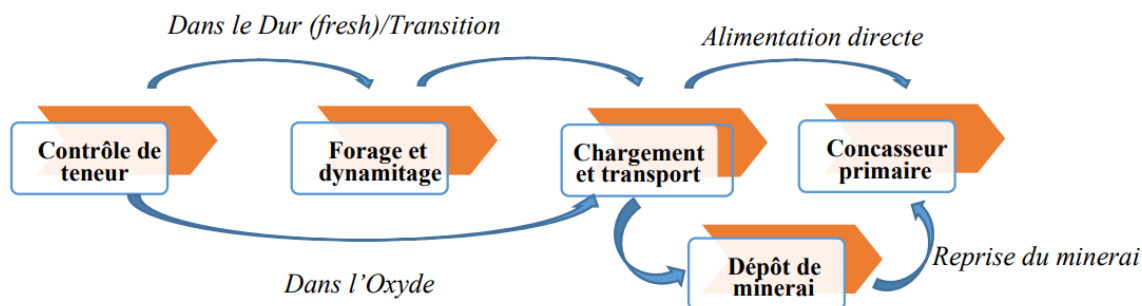


Figure 9 : Chaîne d'extraction du minerai à la mine d'or de Bonikro

Pour une bonne performance économique, AGOLD travaille en collaboration avec des sociétés sous-traitantes notamment PW (Société de forage, transport du minerai), CMS (Capital Mining Service, forage), CREST DRILLING SERVICES (Société de forage) et EPC-CI (dynamitage) et d'autres afin d'opérer certaines activités importantes de sa chaîne de production.

2. Contrôle de teneurs à la mine d'or de Bonikro

Le contrôle de teneur est un processus minutieux consistant à inspecter de manière très précise (avec un espacement de 5m et des banques de 10m) la zone de minéralisation déjà identifiée lors des travaux d'exploration minière. Pendant cette procédure, une zone d'extraction est définie et dynamitée avant d'être excavée. Il est crucial de sélectionner le minéral parmi les stériles lors de l'excavation, cette décision étant basée sur les données recueillies dans la zone à l'étude. Ces informations sont obtenues par le prélèvement d'échantillons des trous de dynamitage. Une fois les explosions effectuées, des codes couleurs sont utilisés pour déterminer les zones à extraire du minéral. Ces codes correspondent à des teneurs spécifiques et sont indiqués par des flagelles colorés (tableau I) pour faciliter l'identification sur le terrain.

Tableau I : Code couleur des flagelles selon les teneurs de coupures à Bonikro (Service Géologie et Géotechnique Agold)

Désignations	Couleurs	Fosse Bonikro		
		Oxyde	Transition	Roche (fresh)
W : stérile	Blanc	< 0.5	< 0.52	< 0.54
MW : Teneur faible	Bleu	0.5 – 0.52	0.52 – 0.54	0.54 – 0.56
LG : Teneur moyenne	Vert	0.53 – 0.85	0.54 – 0.87	0.56 – 1.14
HG : Teneur élevée	Rouge	0.85 – 999	0.87 – 999	1.14 – 999

3. Description des différentes activités de forage et de dynamitage à mine d'or de Bonikro

Les activités de forage et de dynamitage est la suite d'opérations qui se regroupent en deux phases :

- La phase de conception qui va consister à faire le dimensionnement du plan de tir ;
- La phase d'exécution qui regroupe les activités d'implantation, de foration, de chargement et de sautage des trous.

3.1. La phase de conception

La démarche classique utilisée pour la conception d'un schéma de tir peut se faire en trois principales étapes :

- Identification des objectifs quantitatifs et qualitatifs ;
- Détermination des paramètres géométriques de base du tir : géométrie du front, diamètre de foration, profondeur des trous...
- Détermination des paramètres de sautage : choix des explosifs, choix des artifices de mises à feu, détermination de la séquence de tir (géométries en échelon, géométries en V et géométries centrées) ...

3.2. La phase d'exécution

3.2.1. Implantation des trous

Une fois que les engins (bulldozers) ont terminé le nettoyage et la mise à niveau de la volée à abattre (clean up), les géomètres-topographes entrent en action pour marquer précisément les emplacements des trous de mines. Munis de leur GPS différentiel de haute technologie de marque **LEICA** et de modèles **GS14**, **GS15** et **GS16**, tous avec une précision de l'ordre de 1 cm, ils arpentent le terrain avec une précision pour garantir que chaque trou de mine soit parfaitement positionné.

3.2.2. Forage

Lorsqu'une mine est en phase d'exploitation et que la pelle hydraulique rencontre des difficultés à creuser dans la roche, des trous de mine sont nécessaires pour y placer des explosifs et dynamiter le massif rocheux. Cette opération, appelée forage, est essentielle pour le traitement des matériaux extraits (figure 10). La machine de forage est équipée d'un système sophistiqué qui ajuste la poussée, la rotation et la percussion en fonction des caractéristiques de la roche. En effet, lors du forage, il est fréquent de rencontrer différentes zones de roches (broyées, fracturées, veines de quartz, etc.) nécessitant une adaptation des paramètres de foration pour éviter les déviations qui pourraient compromettre le processus d'exploitation. C'est pourquoi, la mine de Bonikro confie la tâche de forage à des entreprises spécialisées telles que PW et CREST

DRILLING SERVICES. Les foreuses utilisées, de type marteau hors-trou, sont capables de réaliser des trous de différents diamètres : **127 mm** pour les trous de production, **115 mm** pour les trous d'amortissement et de production, et **102 mm** pour les trous de pré-découpage. Ces différences de diamètres sont déterminées en fonction des contraintes spécifiques liées à l'emplacement et au niveau d'exploitation de la mine.



Figure 10 : Foreuses en activités sur un carreau

3.2.2.1. Différents types de trous

3.2.2.1.1. Les trous de pré-découpage (presplit/preshear)

Les trous de forage servent à tailler les murs pour obtenir le profil final souhaité, assurant ainsi une meilleure stabilité des talus. L'angle des talus dépend du matériau dans lequel nous travaillons. À Bonikro, les angles varient en fonction de la composition des couches (oxyde, transition, roche dure). Pour l'oxyde, l'angle est de 75° et pour la roche dure, il est de 90° par

rapport à l'horizontale. En revanche, pour l'oxyde, l'excavation se fait directement, sans nécessiter de trous de forage (figure 11).

3.2.2.1.2. Les trous tampons (Buffer)

Ces forations ont pour objectif d'absorber l'énergie libérée par les trous de production afin de protéger le mur des dommages. Elles sont réalisées à un angle de 90° par rapport à l'horizontale pour maximiser leur efficacité et garantir une protection optimale (figure 11).

3.2.2.1.3. Les trous de stabilisation (stab-hole)

Contrairement aux trous tampons, ces trous ont une profondeur équivalente à la moitié de la hauteur du banc d'exploitation. Ils apparaissent lorsque la distance entre le mur et la première rangée de trous d'amortissement est de 2,5 mètres ou plus (figure 11).

3.2.2.1.4. Les trous de production

Les trous de production sont conçus pour fragmenter la roche et sont généralement présents en grand nombre sur une volée donnée. Positionnés immédiatement après les trous d'amortissement, leur angle de foration est de 90° par rapport à l'horizontale (figure 11).

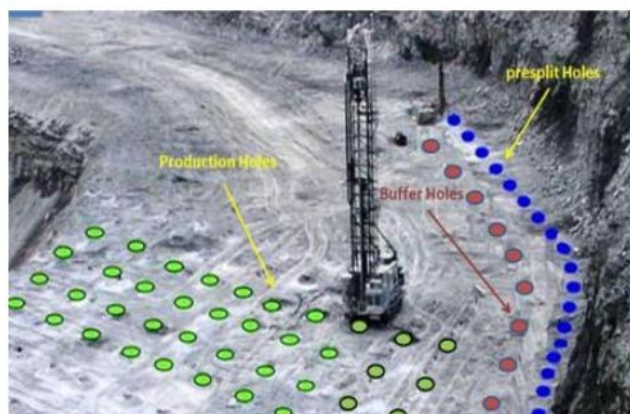
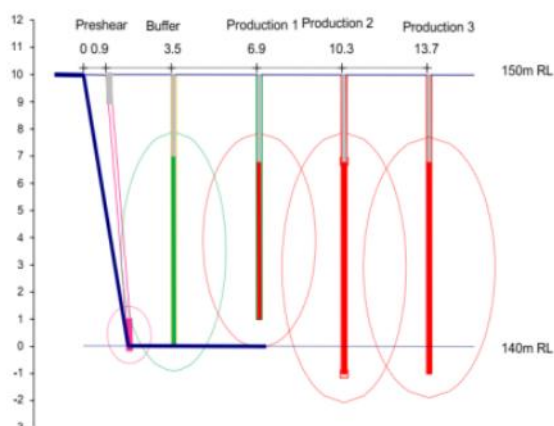


Figure 11 : Types de trous et dispositions sur une volée

3.2.2.2. Quelques paramètres liés aux opérations de forage et de dynamitage à la mine d'or de Bonikro

Avant toute opération de forage, les ingénieurs du Service Technique, conçoivent les plans de forage des volées à sauter à partir de certains paramètres importants dont le choix influence le dynamitage. Ces paramètres sont :

3.2.2.2.1. La maille

La maille quinconce, utilisée pour le forage des trous de mine, est le type le plus couramment employé dans l'industrie minière. Son principal avantage est de réduire le risque de zones non fragmentées lors de la propagation de l'énergie. Cette maille se caractérise par deux dimensions essentielles : la banquette et l'espacement. **La banquette** correspond à la distance entre deux rangées consécutives de trous de mine avec des facteurs de choix tels que le diamètre, la hauteur du gradin, l'inclinaison du trou et la fragmentation prévue ; tandis que **l'espacement** représente la distance entre deux trous de même rangée avec une valeur variant de 0.8 à 1.5 fois la banquette sans pour autant augmenter l'énergie de charge spécifique. Ces aspects sont cruciaux pour obtenir un résultat optimal lors du processus de fragmentation des roches (figure 12).

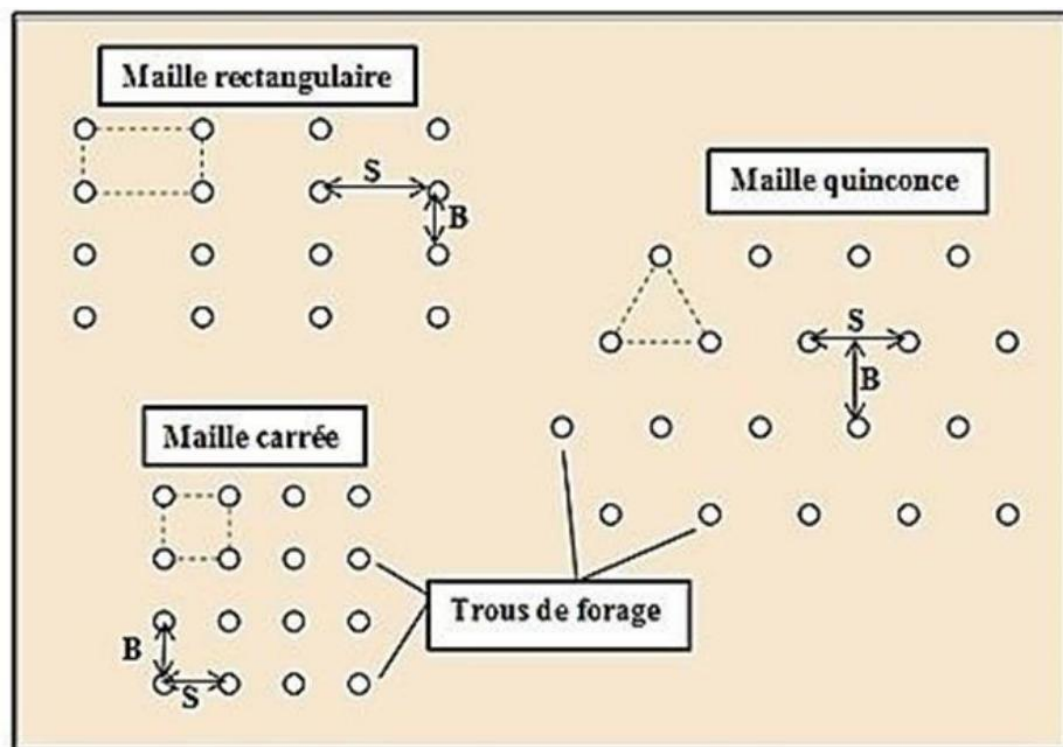


Figure 12 : Différents types de mailles

3.2.2.2.2. La sur-foration

La sur-foration consiste à creuser une cavité supplémentaire en dessous de la profondeur ciblée, afin d'optimiser l'efficacité du tir dans la partie inférieure du gradin et garantir une fragmentation optimale de la roche. Cette technique permet de créer des conditions de travail idéales pour les engins, en prenant en compte la hauteur du gradin, le diamètre du trou, les propriétés de l'explosif, ainsi que les caractéristiques physiques et mécaniques des roches. En général, la longueur de sur-foration doit être d'environ 0,3 fois la largeur de la banquette. À la Mine de Bonikro, cette longueur est fixée à un mètre pour maximiser l'efficacité des opérations de forage.

3.2.2.2.3. Le diamètre du trou

Le choix du diamètre du trou de forage revêt une importance cruciale dans les opérations d'abattage. En effet, il doit être parfaitement adapté aux objectifs du tir ainsi qu'aux conditions d'abattage pour garantir une fragmentation optimale de la roche. Un diamètre bien choisi, en association avec un positionnement adéquat des trous, permettra de faciliter les opérations de chargement, de transport et de concassage des matériaux extraits.

Plusieurs facteurs entrent en jeu dans le choix du diamètre du trou. Tout d'abord, **l'environnement** doit être pris en compte, car le niveau de vibration et de bruit dépend directement de la charge explosive, elle-même déterminée en fonction du diamètre et de la profondeur des trous de forage. **Les caractéristiques de la roche** à abattre sont également essentielles, car la structure du massif influencera la granulométrie finale, impactant ainsi le choix du diamètre de trou. **La production moyenne par heure** est un autre paramètre à considérer, car l'engin de chargement nécessite une fragmentation spécifique et un certain foisonnement des roches abattues pour assurer un rythme de production efficace. Enfin, **la nature de l'explosif** utilisé joue également un rôle, car selon le diamètre du trou, la vitesse de détonation de l'explosif peut varier et avoir un impact sur l'efficacité de l'abattage.

3.2.2.2.4. Profondeur de trou

La profondeur du trou dépend de la hauteur du front de taille à exploiter et de la sur-foration. La hauteur de banc d'exploitation est la distance verticale entre deux niveaux horizontaux de la fosse d'exploitation. Cette hauteur est déterminée par les caractéristiques du matériau à excaver et les capacités des engins de forage et d'excavation utilisés, comme les foreuses et les pelles. Par exemple, à la mine d'or de Bonikro, la hauteur du gradin est de 20 mètres.

3.2.2.2.5. Inclinaison de trou

L'utilisation de l'abattage par trous inclinés est essentielle pour garantir la sécurité des travailleurs et obtenir des résultats optimaux dans le processus d'extraction minière. A la mine d'or de Bonikro, l'angle de foration varie de 50 à 70° dans l'oxyde et la transition, et dans la roche-mère, il varie de 85 à 90° pour les trous de pré-découpage (presplit/preshare). Au niveau des trous de production, il est de 90°. Cette technique permet une granulométrie contrôlée, assurant ainsi des performances constantes et satisfaisantes.

La figure 13 ci-dessous présente les éléments caractéristiques du forage.

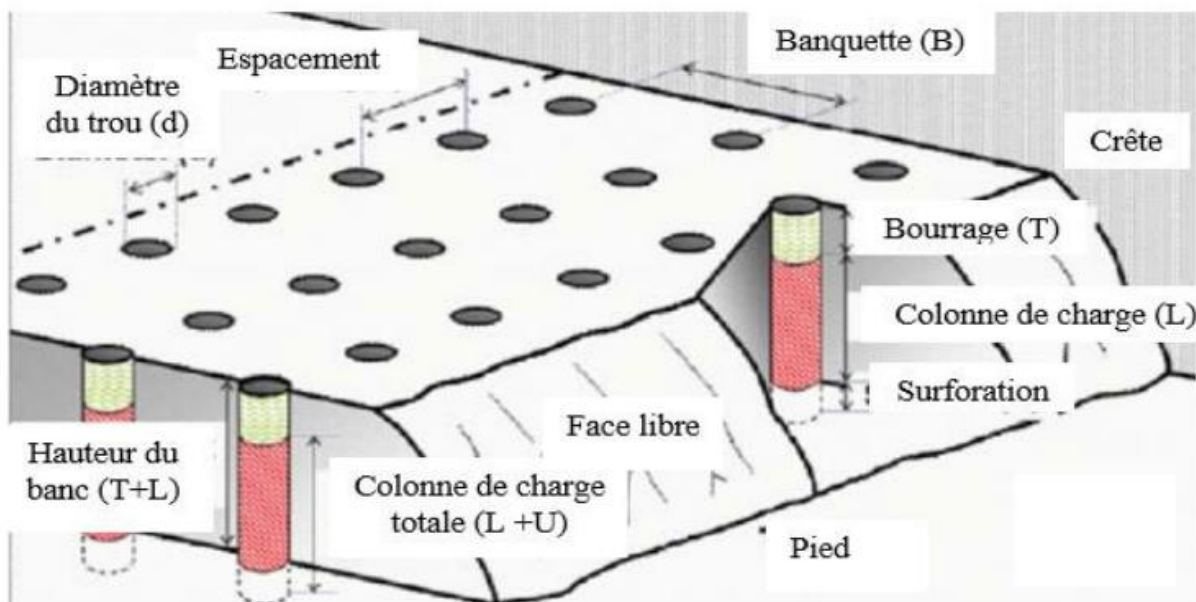


Figure 13 : *Eléments caractéristiques d'un carreau*

3.2.3. Dynamitage

Après avoir achevé le processus de forage, l'étape suivante consiste à charger les explosifs et à procéder au dynamitage des roches. Ce processus, nommé dynamitage, vise principalement à fragmenter le massif rocheux afin d'obtenir des blocs de taille adaptée aux équipements de chargement, de transport et aux concasseurs primaires. Cette activité est généralement sous-traitée par l'entreprise EPC-CI.

3.2.3.1. Phase de QAQC

Le contrôle qualité et l'assurance qualité (QA-QC) revêt une importance capitale dans le processus de dynamitage, car il conditionne la possibilité de charger en explosifs la volée. Il s'agit tout d'abord de vérifier la concordance du positionnement (implantation) des trous après forage est conforme sur le terrain et comparer les profondeurs planifiées (PP) aux profondeurs réellement forées (PF) à l'aide d'un décamètre. La profondeur d'un trou est acceptable si et seulement si $PP - 0.2 \leq PF \leq PP + 0.2 \text{ m}$. On parle de marge de tolérance. Ainsi :

- Si $PF > PP + 0.2 \text{ m}$, on a un trou sur-foré donc faire un ajustement devient impératif avec du gravier jusqu'à atteindre la profondeur souhaitée.
- Si $PF < PP - 0.2 \text{ m}$, on a un trou sous-foré donc une ré-foration est nécessaire si les conditions du terrain le permettent.

3.2.3.2. Phase d'amorçage

L'amorçage est une étape essentielle dans le processus de détonation des explosifs utilisés dans les mines, telle que la Mine d'or de Bonikro. Il consiste à connecter un booster, un produit explosif spécial contenant un mélange de 50% de Pentaérythritol (PETN) et 50% de Trinitrotoluène (TNT), à un détonateur et à le placer au fond du trou. Pour assurer la sécurité des opérations, des détonateurs non-électriques sont utilisés à la Mine d'or de Bonikro. Le Nitram (Enaline) est également utilisé comme charge amorce pour déclencher la réaction en chaîne nécessaire à l'explosion contrôlée. Enfin, l'amorçage des émulsions encartouchées se fait à l'aide de cordons détonants, permettant une initiation précise et sécurisée des charges explosives (figure 14).

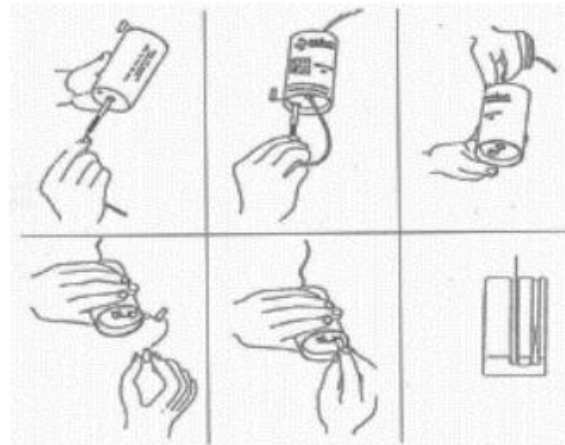


Figure 14 : Amorçage à l'aide de booster

3.2.3.3. Phase de pompage du produit

3.2.3.3.1. Explosifs

Un explosif est un corps capable de se transformer brusquement en un grand volume de gaz à haute température. On distingue deux types d'explosifs : les déflagrants, qui se décomposent à une vitesse inférieure à 1000 m/s et génèrent seulement de l'énergie en gaz, et les détonants, qui se décomposent à une vitesse supérieure à 1000 m/s et produisent à la fois de l'énergie en gaz et de l'énergie de choc. Chez EPC, nous optons pour l'utilisation d'explosifs détonants (figure 15).

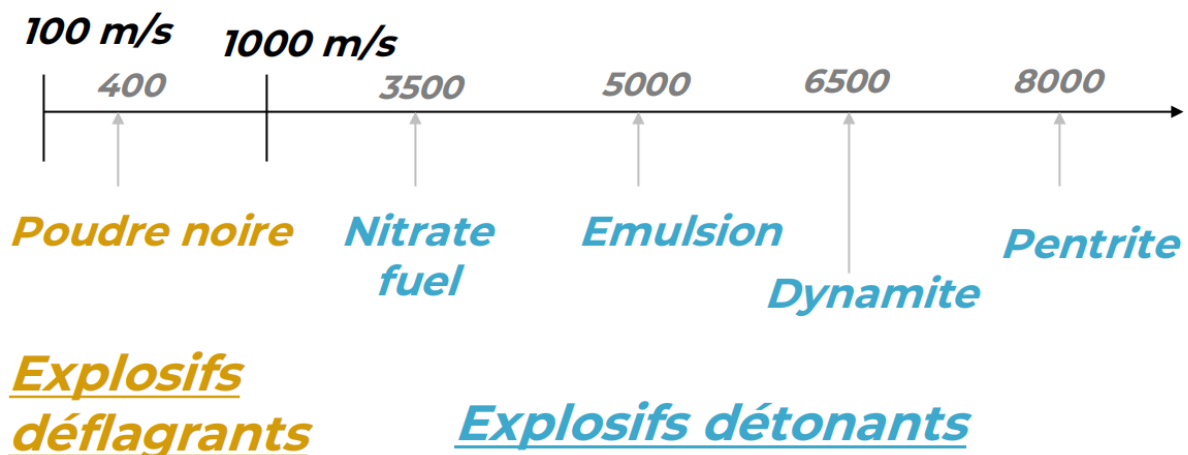


Figure 15 : Les catégories d'explosifs et leur vitesse de décomposition

3.2.3.3.2. Injection de l'émulsion

Pendant cette étape, chaque trou de mine est rempli d'un explosif spécifique appelé Émulsion 70/30. Ce produit se compose de 70% de matrice et 30% de Nitrate d'ammonium, assurant une explosion contrôlée et efficace. Le chargement des trous de mines est effectué méticuleusement en utilisant une Unité mobile de Fabrication d'Explosif (UMFE), un contrôle de densité et de masse réelle est fait, et garantissant une précision et une sécurité dans le processus.

La quantité de l'explosif se calcule en fonction de la densité, du diamètre du trou et de la colonne de charge :

$$Q = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} \cdot d \cdot 10^3 \cdot L$$

Équation 1: Quantité d'explosif

Q : la quantité d'explosif (kg), ϕ : le diamètre du trou en m, d : la densité et L : longueur de la colonne charge en m.

De cette formule, on déduit la formule de la charge linéaire étant la quantité de l'explosif pompée dans 1 m de profondeur.

$$Ql = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} \cdot d \cdot 10^3$$

Équation 2: Charge linéaire

3.2.3.4. Phase de vérification de la hauteur de bourrage

Après avoir injecter l'émulsion composite dans un trou de production, la hauteur du bourrage est mesurée à l'aide d'un fil conçu à cet effet pour s'assurer du respect de la hauteur recommandée. En cas, de hauteur élevée on ajoute du produit sinon on débouffe afin d'atteindre la hauteur recommandée.

3.2.3.5. Phase de bourrage

Au sein de la mine d'or de Bonikro, le bourrage est une étape cruciale dans le processus d'explosif. Il consiste à combler les trous chargés avec des graviers de petite taille, variant

généralement entre 16mm et 25mm. Cette technique vise à réduire les projections et à optimiser l'effet de gaz des explosifs, tout en évitant le phénomène du travail "en cratère" de charge. La qualité du bourrage dépend principalement de la nature de la banquette et du diamètre des trous, témoignant de son importance pour garantir la sécurité et l'efficacité des opérations minières (figure 16).

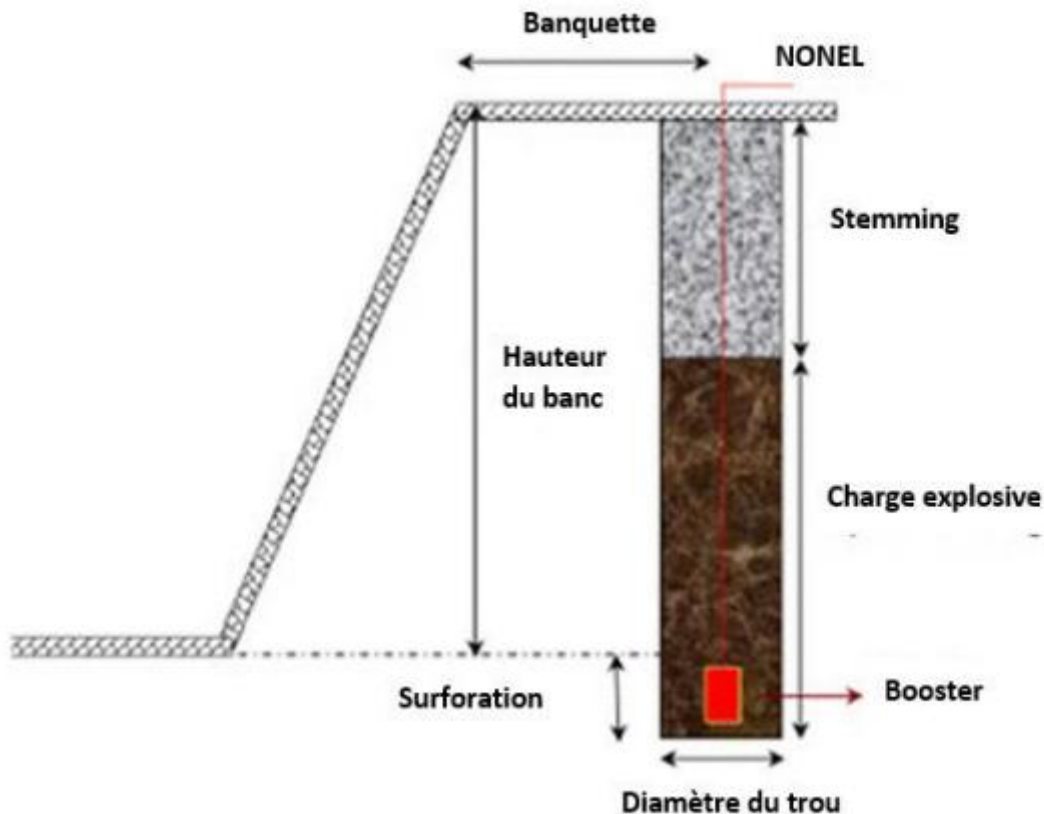


Figure 16 : Principe de chargement de trou de mine

3.2.3.6. Phase de mise à feu

La connexion ou séquence d'amorçage consiste à relier les détonateurs non électrique (NONEL) de fond de trou entre eux par l'intermédiaire de détonateurs non électrique de surface. Évidemment, cette opération nécessite un plan à suivre, deux éléments principaux caractérisent le plan de connexion ainsi que la séquence d'initiation. Ce sont :

- Le point d'initiation : c'est le trou qui recevra en premier le feu venant de l'explosion ou encore c'est le trou qui sautera le premier.

- La ligne de contrôle ou ligne directrice : directement reliée au point d'initiation, c'est la ligne qui partagera le feu aux détonateurs qui lui sont connectés. Elle est constituée de détonateurs Daveyquick ou Exel de 65 ms de retard et de détonateurs Daveyquick ou Exel de 42 ms de retard. Dans la conception du plan de tir, l'on définit d'abord l'orientation ou le tracé de la ligne de contrôle et, ensuite, la position du point d'initiation.

L'orientation de la ligne de contrôle doit être définie par rapport à la direction du minerai. Une fois la ligne de contrôle tracée, l'on positionne le point d'initiation en fonction de l'orientation que l'on veut donner au sens de déplacement du matériau. Pour ce qui est de la mise à feu sur le terrain, elle est exécutée par le boutefeu.

En effet, la planification d'un plan de tir est une étape très importante dans le mouvement du minerai dans la mesure où elle permet de définir le sens du mouvement du minerai en tenant compte de plusieurs éléments. C'est la manière de disposer les trous de mine par rapport à la direction du minerai, de sorte à pouvoir obtenir des contours perpendiculaires.

Une fois l'angle d'orientation connu, les éléments clés dans le mouvement du minerai sont le point d'initiation et la ligne de contrôle. En ce qui concerne le point d'initiation, il peut être placé dans une zone de face libre ou dans une autre confinée en fonction du type de tir souhaité ou des contraintes du terrain. Le matériau se déplacera vers le point d'initiation, c'est-à-dire dans le sens contraire du sens de propagation du feu.

3.2.3.6.1. Mécanisme de l'explosion

Le principe de l'explosion repose sur la conversion d'une énergie chimique potentielle en énergie mécanique transmise à l'environnement. Les substances explosives réagissent de différentes manières en fonction de leur mode de décomposition : combustion, déflagration, détonation. Les niveaux de puissance libérée varient en fonction du type de réaction chimique. La détonation, étant la réaction la plus rapide, produit les effets mécaniques les plus spectaculaires. Il s'agit d'une réaction chimique exothermique se propageant dans l'explosif avec une onde de choc. Cette combinaison engendre une vitesse de détonation stable, oscillant généralement entre 2000 m/s et 7000 m/s pour les explosifs civils. L'énergie libérée par la décomposition de l'explosif alimente continuellement le processus. Cette réaction chimique

exothermique produit principalement du CO₂, de l'H₂O et des NO_x, relâchés à des températures comprises entre 1000°C et 4000°C, avec des pressions atteignant entre 1000 MPa et 25000 MPa.

L'énergie dégagée par un explosif au cours d'une détonation se manifeste sous deux formes :

- Une énergie de choc véhiculée par une onde de choc (c'est-à-dire une onde mécanique de contrainte) et transmise dans le milieu connexe ;
- Une énergie de gaz qui s'exprime sous la forme d'un gaz dans des conditions de très hautes température et pression.

Les puissances libérées par des explosifs civils atteignent quelques gigawatts.

3.2.3.6.2. Mécanisme de fragmentation

La fragmentation à l'explosif est un procédé complexe qui repose sur deux éléments clés : l'onde de choc et les gaz d'explosion. Ces deux phases distinctes sont illustrées de manière graphique pour mieux expliciter le processus (figure 17).

Une phase dynamique :

Au cours de cette phase on peut distinguer différents phénomènes, relatifs à différentes zones du massif rocheux :

- L'onde de choc génère, tout d'abord, dans un régime que l'on peut supposer hydrodynamique, une onde de compression, qui va engendrer des contraintes supérieures à la résistance en compression de la roche. Cet état de contrainte va donc broyer la roche en fines particules, dans une zone autour du trou désigné par « zone de broyage » ;
- On observe ensuite la création de fissures radiales : l'onde de choc perd en intensité, mais les contraintes tangentielles qu'elle crée sont encore suffisantes pour fracturer la roche via des contraintes tangentielles de traction ;
- Le dernier phénomène de la phase dynamique fait intervenir les ondes de traction : en effet, les ondes de choc initialement créées vont rencontrer des surfaces libres (typiquement, le front à abattre ou les discontinuités du massif) sur lesquelles elles vont se scinder en une onde transmise et une onde réfléchie.

La répartition entre les énergies transmises et réfléchies dépend du rapport des impédances des deux milieux. Dans le cas d'une interface roche-air, cette réflexion est presque totale. L'onde de compression initiale se réfléchit en une onde de traction. Cette onde réfléchie engendre dans le massif rocheux des contraintes de traction, qui vont provoquer une fissuration appelée écaillage, dans une zone proche de l'interface. De plus, les ondes réfléchies, en se propageant, vont réinitialiser les fissures créées par la première phase.

Une phase quasi statique :

Elle constitue la dernière étape de l'abattage à l'explosif : les ondes de contraintes ont joué leur rôle, fissurant ou affaiblissant le massif, les gaz d'explosion emprisonnés vont pouvoir se détendre, poursuivant leur propagation et leur action. Ils filtrent dans les discontinuités, participant éventuellement à la fissuration, et mettant surtout l'ensemble en mouvement.

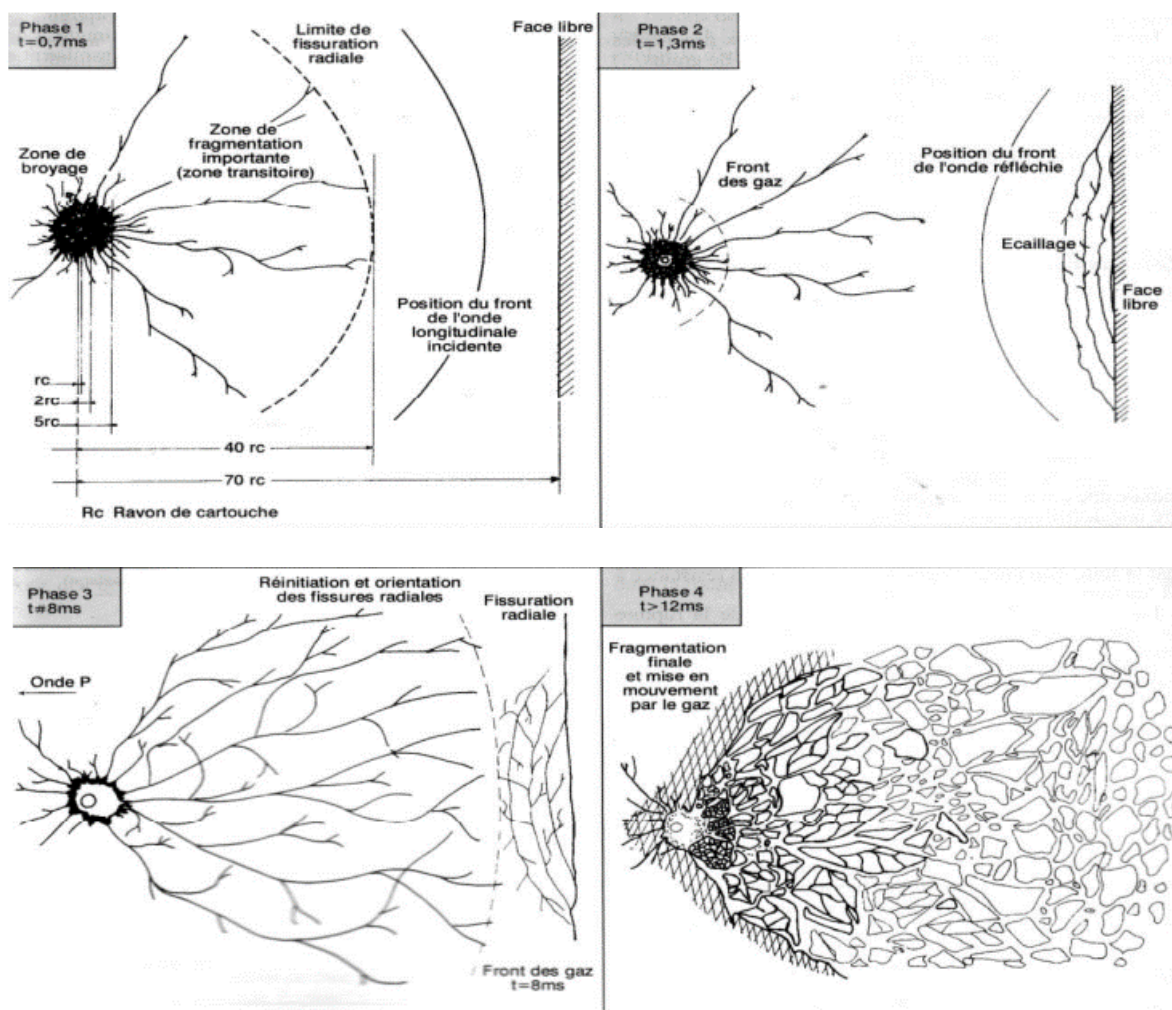


Figure 17 : Etape de la fragmentation

4. Notion de dilution

La dilution est l'ajout de matériau stérile ou de matériau minéralisé à faible teneur dans le minerai exploité, ce qui réduit la qualité du minerai extrait. Cette pratique augmente la quantité de minerai extrait mais diminue sa teneur en minerais précieux. Donc la dilution peut être définie comme le ratio du stérile ajouté au tonnage minerai excaver sur le total tonnage du minerai excavé (minerai dilué : stérile +minerai). Et cela s'exprime en pourcentage :

$$\text{Taux de Dilution} = \frac{\text{Tonnage de stérile}}{(\text{tonnage minerai} + \text{Tonnage de stérile})} \times 100$$

$$\text{Autre calcul, } D = 100(T_r - T_i) / T_i$$

Équation 3: Expression de la dilution

(Engmann et al., 2013)

Il existe deux types de dilution à savoir la **dilution interne**, lorsque des inclusions de stériles sont présentes dans le bloc de minerai et ne peuvent être séparées, et la **dilution externe**, lorsque des stériles se mélangent au minerai lors de l'explosion ou sont extraits avec le minerai (figure 18). La dilution externe peut être contrôlée avec des équipements et des méthodes minières adaptées. La dilution externe peut être causée par plusieurs facteurs :

- Lors foration ;
- Lors de l'excavation ;
- Lors du dynamitage ;
- Lors du traitement.

La figure 18 ci-dessous fait illustration de la dilution du minerai :

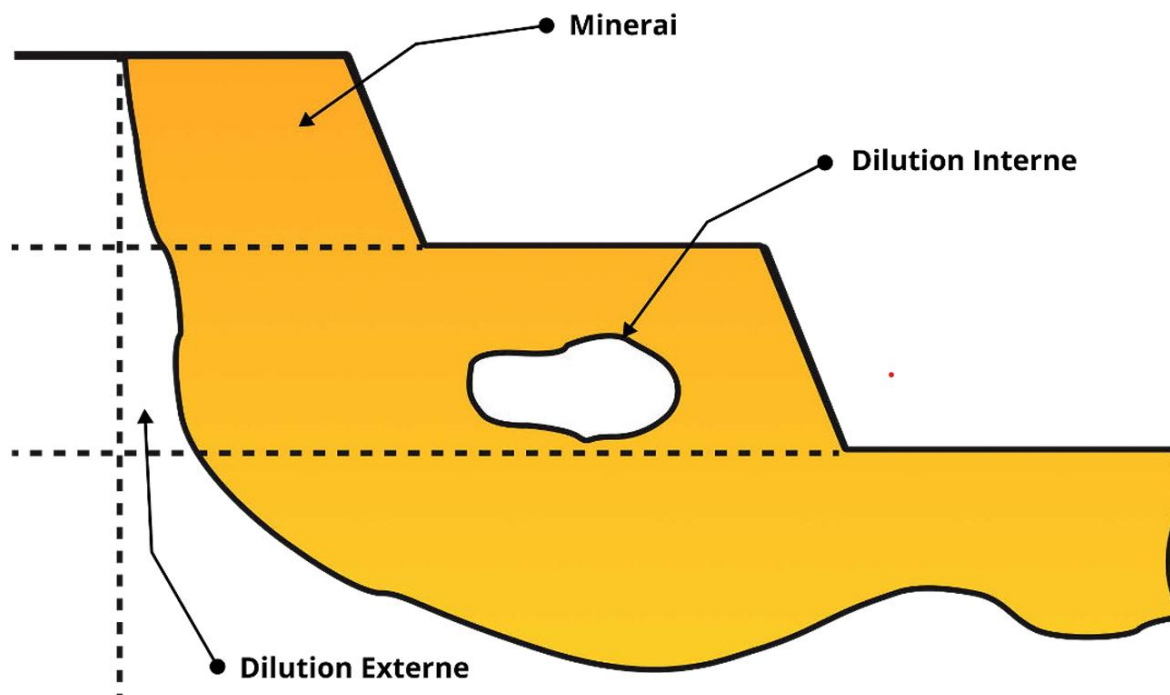


Figure 18 : Les types de dilution du minerai (Groundhog)

4.1. Dilution due aux activités de forages

La dilution du minerai est un phénomène qui se produit lors des activités de forage dans une mine. Lorsqu'il y a foration dans une zone contenant du minerai, il arrive que des roches stériles soient également forées en même temps que le minerai. Cette dilution peut être causée par plusieurs facteurs, il peut arriver parfois que les agents forent trop loin ou pas assez loin de la zone contenant du minerai et aussi une mauvaise inclinaison des trous, profondeur, diamètre ou maille : il peut avoir non-respect des paramètres de foration pour plusieurs raisons (erreur humaine, condition du terrain, ...).

4.2. Dilution due aux activités de dynamitages

Le contrôle de teneur a pour but de fournir des informations précises sur l'emplacement des limites du minerai et des stériles. Tout d'abord, les géomètres examinent la zone d'abattage et planifient les trous de mine dans une séquence logique en fonction des données des trous de mine et des données de production des bancs précédents, en tenant compte du type de roche, des failles, des formations et des altérations géologiques. Une fois les trous de mine forés, les

échantillons sont prélevés et analysés à l'aide de logiciel (BMM, OREPro 3D, ...). Les données des géomètres et les données d'analyse sont utilisées pour estimer les zones de teneur spécifiée à l'intérieur du banc. Après l'explosion, des piquets en bois munis de drapeaux colorés sont utilisés pour indiquer l'emplacement des limites des polygones à la surface de l'amas de boue avant l'explosion, montrant ainsi les limites de creusement pour les opérateurs de charge. Les géologues, en cartographiant la géologie de la fosse, fournissent des informations géologiques à l'ingénieur chargé du contrôle de la teneur en minéral.

La figure 19 illustre la coupe transversale du mouvement de la roche avant et après l'explosion :

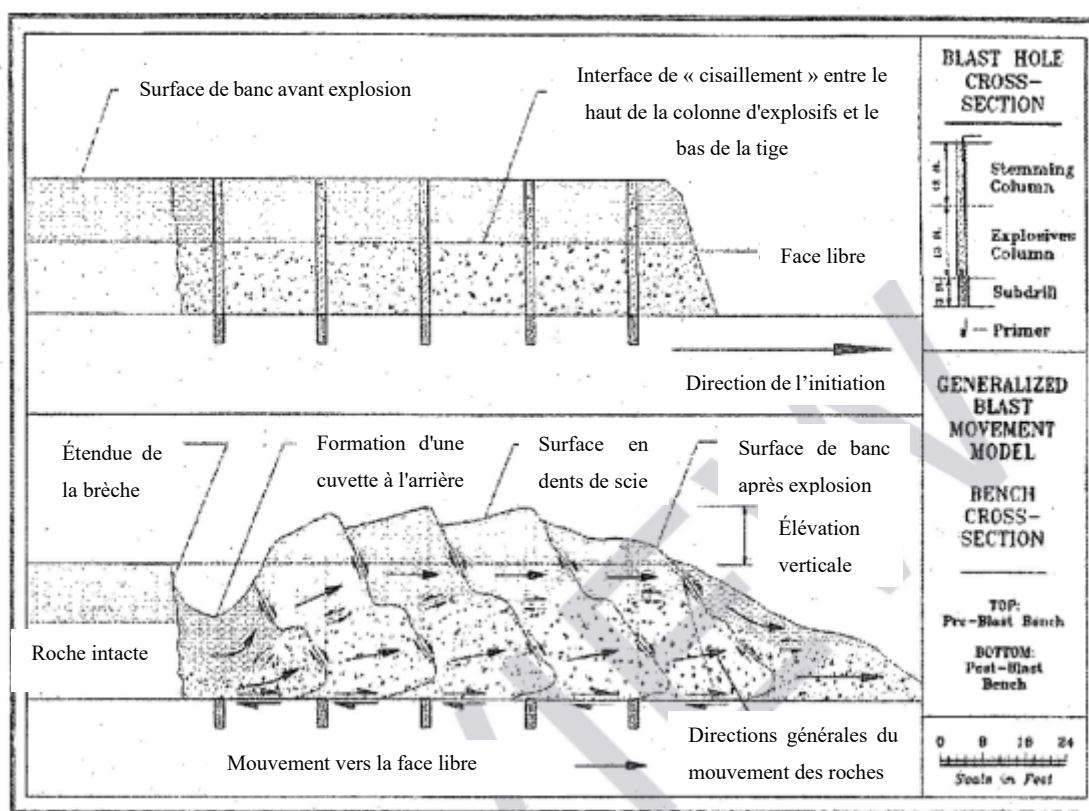


Figure 19 : Modèle généralisé du mouvement de l'explosion (Gilbride, 1995)

5. L'outil OREPro 3D

OREPro 3D est un outil utilisé dans le secteur minier pour améliorer la rentabilité des opérations minières. Ce logiciel permet de créer des modèles 3D détaillés des gisements, en prenant en compte divers paramètres tels que la géologie, la teneur en minéral, la structure des roches, etc. Grâce à ces modèles, les exploitants miniers peuvent planifier et simuler les opérations minières

avec plus de précision. En identifiant les zones à risque de dilution du minéral, ils peuvent prendre des mesures préventives pour garantir une exploitation plus efficace et rentable. En réduisant la dilution du minéral, OREPro 3D permet aux entreprises minières d'optimiser leur récupération et de minimiser les coûts liés à la perte de minéral.

OREPro 3D prend en compte certaines données de la mine, notamment le modèle de contrôle de la teneur in situ, la conception de l'abattage et un relevé de la surface topographique avant et après l'abattage (figure 20).

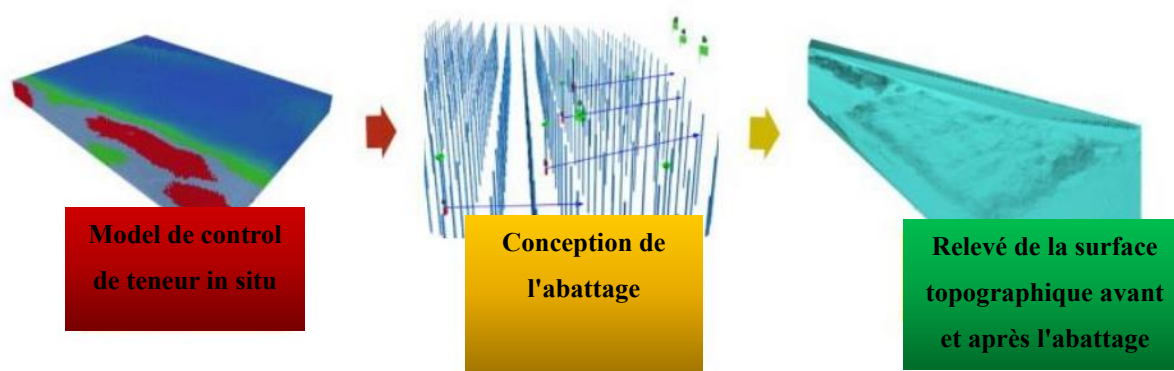


Figure 20 : Paramètres de OREPro 3D (Poupeau et al., 2019)

En utilisant ces données, un modèle de mouvement réactif est créé, ce qui permet de transformer le modèle de contrôle de la teneur in situ en un modèle de contrôle de la teneur après l'abattage. Le modèle est « réactif » parce qu'il nous donne un modèle sous-jacent qui traduira le modèle in-situ sans aucun vecteur de mouvement mesuré. Si des vecteurs de mouvement mesurés sont disponibles, le modèle « apprend » à partir des entrées, ce qui donne un modèle post-explosion plus précis. Ensuite, les considérations opérationnelles sont introduites, telles que :

- Fractures uniques ou multiples ;
- Taille minimale du polygone de minéral ;
- Angle du front d'exploitation ;
- Directions d'exploitation possibles ;
- La teneur de coupure ;
- Critères de sous-classification.

De plus à travers ses paramètres OREPro 3D met en évidence des résultats qui permettent de suggérer des polygones de contrôle de la teneur optimisés sur chaque filon pour chaque direction d'exploitation, avec des tonnes précises qui tiennent compte de la géotechnique et de la géochimie réelles pour chaque forme d'exploitation figure 21).

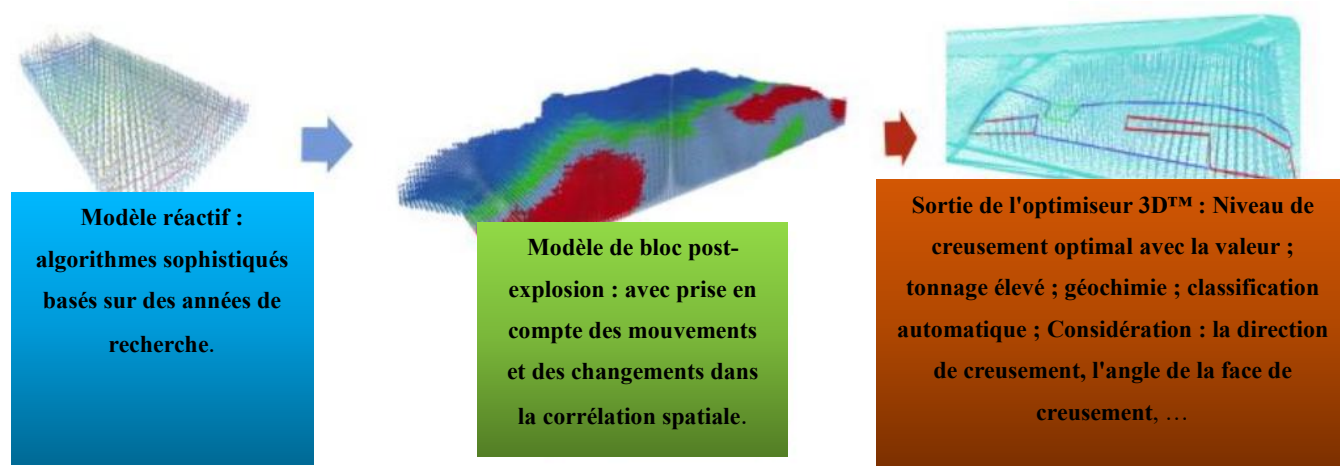


Figure 21 : Traitement des données avec OREPro 3D (Poupeau et al., 2019)

La technologie OREPro 3D permet de déterminer l'emplacement réel du minéral après explosion. Ces informations permettent aux ingénieurs de forage et dynamitage et aux géologues d'améliorer des décisions sur les frontières du minéral superflues afin de réduire au maximum la perte de ce dernier et la dilution. L'avantage majeur de OREPro 3D est la précision qu'il offre en vue de réduire la perte de minéral, et ce dans l'optique d'accroître la production, contrairement à d'autres méthodes d'appréciation du mouvement, à savoir le BMM (Blast Movement Monitoring).

Après avoir établi les généralités dans le premier chapitre, en abordant la présentation de la structure d'accueil, une description générale de la zone d'étude, et un aperçu global sur le thème, nous passons à présent au Chapitre II, où il sera question de détailler les outils utilisés ainsi que les méthodologies adoptées pour mener à bien cette étude. Ce chapitre constituera la base scientifique et technique sur laquelle reposent les résultats présentés ultérieurement.



CHAPITRE II :

MATERIEL ET

METHODES

I. MATERIEL

Nous distinguons de trois (3) type de matériel pour atteindre nos objectifs à savoir le matériel de sécurité, informatique et technique.

1. Matériel de sécurité (EPI)

Ces équipements sont obligatoires pour tout accès à la mine. Ils ont pour rôle de faciliter la reconnaissance du personnel et de renforcer les mesures de sécurité de sorte à prévenir les accidents divers auxquels sont exposés les travailleurs.

- ❖ **Un casque** : pour la protection de la tête ;
- ❖ **Des gants** : pour la protection des mains ;
- ❖ **Des chaussures de sécurité** : pour la protection des pieds ;
- ❖ **Une chemise à bandes fluorescentes** : permettre d'être visible à tout temps et en tout lieu ;
- ❖ **Des lunettes noires de journée** : pour protéger les yeux contre les rayons solaires et de la poussière ;
- ❖ **Des bouchons d'oreilles** : pour éviter les dommages dus aux bruits assourdissants ;
- ❖ **Des cache-nez** : pour se protéger contre l'inhalation de la poussière et d'autres produits.



Figure 22 : Equipements de protection individuelle

2. Matériel informatique

Le matériel informatique requis pour traiter les différentes données acquises afin d'aboutir aux résultats escomptés se compose de :

- ❖ **OREPro™3D** : pour étudier le mouvement du minerais et modéliser les blocks de minerais afin de contrôler la dilution ;
- ❖ **Geovia Surpac** : pour l'exportation du block model du pattern à dynamiter ;
- ❖ **Excel** : pour les calculs et la construction des graphes ;
- ❖ **EXPERTIR 3D** : pour la réalisation des séquences et l'optimisation des énergies d'abattage. Le logiciel EXPERTIR s'ouvre uniquement avec une clé appelée clé Expertir



Figure 23 : Matériel informatique

3. Matériel technique

Entendons par matériel technique, tout élément auquel nous avons eu recours pour obtenir nos données. Ce sont entre autres :

- ❖ La base de données des activités de forage et de dynamitage (Drillplan, Approval, Sequence Proposal, QAQC & Loading sheet, Blast Report, Blast performance, ...) : pour la sélection et l'évaluation des volées et qui renferme toute la planification du forage et du dynamitage. Il nous a permis de connaître pour chaque zone à dynamiter, le tir prévu et l'orientation prévue et la charge spécifique planifiée ;



- ❖ Le rapport des données géotechniques et géologiques des roches rencontrées à la mine de Bonikro, pour connaître les caractéristiques géotechniques ;
- ❖ Les données du bloc model GC de la volée de tir, du TIE UP avec les temps, de la topographie avant et après le tir : ces fichiers permettront à exécuter les différentes tâches dans le logiciel OREPro 3D ;
- ❖ Les fichiers OREPro 3D : les fichiers nous ont permis d'exporter les données de pré-blast, du post-blast et des diglayers et de comprendre le fonctionnement du logiciel OREPro3D ;

II. METHODES

Dans le but d'atteindre les objectifs fixés, nous avons procédé par une méthodologie bien élaborée tout au long de notre étude.

Nous avons commencé par effectuer des travaux de recherches documentaires. Ce choix se justifie par le fait que toute évaluation ne peut se faire sans connaissance du système existant.

Puis, afin de résoudre le problème qui nous a été posé, nous avons procédé comme suit : nous nous sommes rendus sur le terrain de sorte à collecter les données nécessaires à notre étude.

Nous avons identifié les différentes techniques d'abattage à l'explosif ainsi que leurs paramètres utilisés à la mine dans le but de relever les facteurs pouvant influencer la dilution du minerai.

Nous avons déterminé l'influence des activités de forage et de dynamitage ainsi que la dilution du minerai sur des tirs de quatre mois et avons fait des analyses pour aboutir enfin à des interprétations. La méthodologie de notre travail se compose en quatre parties et se présente comme suit :

- ❖ Choix de l'explosif utilisé en fonction des caractéristiques géotechniques des fosses ;
- ❖ Analyse des paramètres de tirs et évaluation du contrôle qualité des opérations de forage et dynamitage selon les indicateurs clés de performance de l'entreprise ;
- ❖ Étude du mouvement du minerai par le traitement des données acquises ;
- ❖ Quantification de la dilution, des pertes de minerai ;
- ❖ Faire une comparaison des résultats de teneurs et de tonnages avant et après les tirs pour une gestion économique.

1. Choix de l'explosif en fonction des caractéristiques géotechniques de la fosse de Bonikro

Le chargement d'un tir doit respecter des explosifs adaptés au massif rocheux dans lequel ils travaillent. Pour orienter le choix de l'explosif, on peut s'appuyer sur des théories expérimentales. Rappelons que l'énergie libérée lors de la détonation d'un explosif se manifeste sous deux formes : une énergie de choc et l'énergie des gaz d'explosion. La première étape du processus est la transmission de l'onde de choc au massif rocheux. Dans le cas d'une onde de

choc plane parallèle à la surface de discontinuité, dans les conditions de l'élasticité linéaire, le transfert d'énergie peut être donné par la formule suivante :

$$Z = \frac{\rho_e}{\rho_r V_p} V_e \quad \text{Équation 4 : Rapport d'impédance}$$

ρ_e : masse volumique de l'explosif

V_e : vitesse de détonation de l'explosif

ρ_r : masse volumique de la roche

V_p : vitesse de propagation des ondes P dans la roche.

Il y a adaptation de l'explosif au massif rocheux si le rapport d'impédance est compris entre 0,4 et 0,7. (Coulombes C, 2007)

Pour calculer la vitesse de propagation des ondes P dans le massif rocheux, nous utilisons les paramètres géotechniques de ce massif qui sont : densité de roche (ρ), le module de Young (E), le coefficient de poisson (ν).

$$V_r = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1-2\nu)(1+2\nu)}} \quad \text{Équation 5 : Vitesse de propagation des ondes P}$$

Après, la détermination de l'impédance s'ajoute la détermination de la transmission de l'onde de choc au massif rocheux. La transmissivité est donnée selon équation ci-dessous :

$$\frac{E_{tr}}{E_i} = \frac{4Z}{(1+Z)^2} \quad \text{Équation 6 : Transmission de l'énergie}$$

(ce rapport > 0.75) (Coulombes C, 2007)

Le choix de l'explosif dépend aussi dans large mesure de présence d'eau dans le massif à abattre ou des conditions climatiques, parce qu'il y a des explosifs très sensibles à l'eau et d'autres résistants (comme par exemple le nitrate fioul, leur emploi est prohibé lors de présence d'eau).

Cependant c'est à l'utilisateur de bien choisir le type d'explosif ou jouer sur les techniques permettant la conservation ou la protection de l'explosif contre l'eau.

A la mine d'or de Bonikro, les explosifs utilisés doivent être résistants à l'eau car la majorité des formations géologiques contiennent de l'eau. La réaction de l'explosif face à l'eau doit être un des critères de sélection (c'est bien le cas des explosifs utilisés à Bonikro comme Blendex 70/30, Boosters, Nitram (Enaline), ...).

2. Analyse des paramètres de tirs et évaluation du contrôle qualité des activités de forage et dynamitage

L'analyse des paramètres de tirs sert à montrer les écarts entre les paramètres planifiés et obtenus en fonction des réalités du terrain afin de faire une interprétation relative aux indicateurs de performance. Ces données concernent typiquement les données de QAQC, il s'agira de voir les points planifiés c'est-à-dire profondeurs, charges, bourrages, la densité de l'explosif et les coûts. Ceux-ci sont-ils respectés sur le terrain ? Et avec quelle marge d'erreur?

Cette étape a pour but de confronter les résultats de la réalisation des travaux avec les prescriptions théoriques définies. D'abord, il s'agit d'assurer que ces opérations sont réalisées dans les normes et qu'elles aboutissent aux résultats escomptés. Ainsi, de façon successive, l'implantation, la foration et le chargement des trous, sont les activités qui seront suivies, et dont les résultats seront évalués par rapport aux indications.

2.1. Contrôle et assurance qualité de l'implantation des trous

Le principe ici est de faire une vérification à l'aide du plan de foration (croquis) et du GPS différentiel, le positionnement des points à forer sur le terrain.

Notons que les opérations d'implantation et les Indicateurs Clés de Performance (ICP) sont atteints si l'ensemble des points implantés ont un écart inférieur à deux fois le diamètre de foration et ces opérations sont conformes si les conditions suivantes sont respectées (Rule of Thumb : règle empirique) :

- 75% des points ne doivent pas être implantés avec un écart supérieur de 15cm par rapport à l'implantation planifiée ;

- 95% des points ne doivent être implantés avec un écart supérieur à 30 cm.

Tableau II : Les écarts d'implantation limite respectées en fonction des diamètres de foration à la mine de Bonikro

Diamètres de foration	Ecarts d'implantation limite
102 mm	20.4 cm
115 mm	23 cm
127 mm	25.4 cm

Cependant, il y a présence de différents diamètres sur une volée de tir tel que les volées de type trim comprenant des trous de production et des trous d'amortissement /et des trous de pré-découpage d'où l'écart moyen d'implantation des trous sur une volée de tir ne doit pas être supérieur à **23 cm**.

La réalisation de cette tâche se fait en deux (02) principales étapes :

- L'évaluation du positionnement des trous ;
- L'évaluation de la profondeur des trous forés.

Évaluation du positionnement des trous

Elle a consisté à mesurer les écarts entre le positionnement initialement planifiée et la position du trou après forage. C'est donc l'étape de vérification de la conformité de l'emplacement des trous après forage.

Évaluation des profondeurs

Cette étape se base sur la vérification de la mesure des profondeurs de trou obtenu. Son évaluation a consisté à comparer les profondeurs réelles aux profondeurs théoriques prédéfinies avec une marge de ± 0.2 m. Ce qui renseigne sur la proportion de trous forés à la bonne profondeur suivant les indications.

2.2. Contrôle et assurance qualité des activités de chargement

Un suivie des activités réalisées durant la phase de chargement et de raccordement des trous de mines va être effectuer pour se prononcer sur la qualité de ladite phase avec des prévisions escomptées.

Pour ce faire, il est réalisé :

- L'évaluation de la quantité d'explosif chargée dans le trou ;
- L'évaluation de la qualité de la hauteur de bourrage et raccordement selon le plan de tir.

Contrôle de la charge et la densité de l'explosif (Blendex 70/30)

Le processus de chargement des trous forés est suivi et vérifier par peser afin de vérifier de la conformité des quantités d'explosifs et de relever ceux qui sont effectivement chargées dans les trous. L'évaluation est donc faite en comparant les données recueillies sur le terrain et les quantités prédéfinies pour chaque trou. La densité quant à elle, est observé ici pour voir le dosage du produit avec le réactif. C'est l'un des paramètres qui situe sur la qualité de l'explosif.

Contrôle de la qualité et de la hauteur de bourrage

Il est question de déterminer les hauteurs de bourrage terminal à l'aide d'un décimètre qu'on insère dans le trou déjà chargé, pour évaluer la hauteur restante, constituant la hauteur de bourrage. Une marge de hauteur de ± 0.2 m est tolérée pour que le trou soit considéré comme ayant été bien bourré.

Quant à la qualité du bourrage, elle est appréciée en se basant sur l'observation du matériau utilisé pour le bourrage terminal, en se référant évidemment à la nature du matériau théoriquement préposé à cette fonction. Le granite est bien apprécié pour le bourrage. En effet, le granite est souvent préféré car il est dense, compact et peu sujet à l'effondrement. Cependant, d'autres matériaux, comme l'argile ou un sable compact, peuvent également être utilisés si leur cohésion est suffisante.

2.3. Contrôle et assurance qualité du cout des opérations de forage et de dynamitage

Il s'agit ici de faire l'évaluation des couts prédéfinis pour chaque volée en fonction des couts réellement obtenus sur le terrain. En effet, compiler les coûts réels et les comparer avec le budget initial afin d'identifier les facteurs ayant causé des dépassements de coûts et mettre en œuvre des ajustements pour les opérations futures.

3. Identification des facteurs pouvant impacter le mouvement du minéral pour un meilleur contrôle

3.1. Critères de sélection pour apprécier la qualité du mouvement

Une sélection des critères a été défini pour étudier le mouvement du minéral et les dilutions induites. Le mouvement du matériau après dynamitage varie aujourd'hui de 0.5 m à 30 m et le déplacement horizontal constitue 50% de la moyenne de ce mouvement (BMT's research : Blast Movement technologies). Un mouvement sera dit bon lorsqu'il occasionnera moins de déplacement que possible selon les trois dimensions (Horizontal, Vertical et Oblique). Cette marge n'est pas figée et est liée au volume du matériau déplacé. En outre, il faut éviter le mieux possible de soulèvement du matériau, c'est-à-dire, le déplacement vertical ainsi que le déplacement oblique qui a tendance à recouper la minéralisation. Tous ces déplacements doivent être minimales possibles dans les plans dans le but de lutter contre la dilution. En ce qui concerne la dilution, une marge de **10%** est tolérée par l'entreprise Allied Gold.

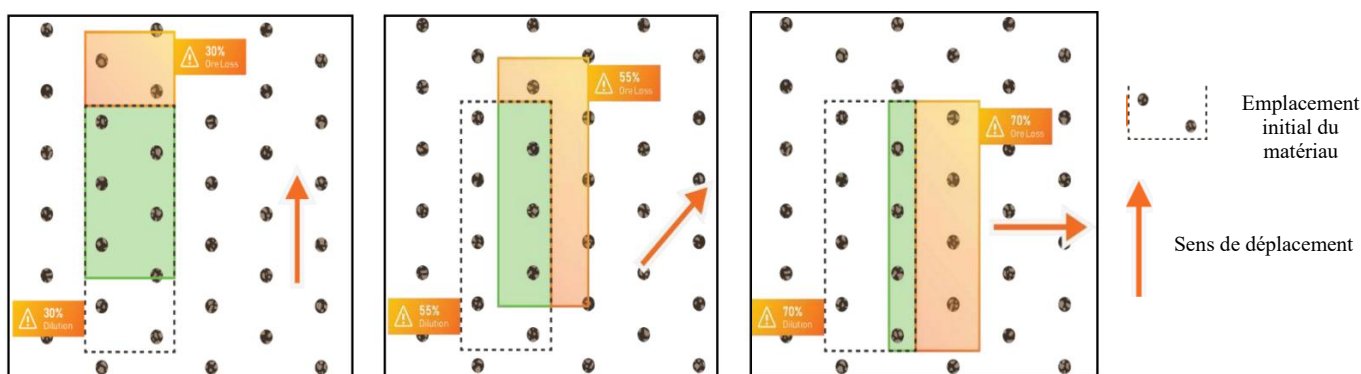


Figure 24 : Indice de dilution selon les trois (3) composantes (BMT Africa Pty. Ltd.)

La figure 24 montre les effets de la direction du mouvement sur la dilution et les pertes de minerai c'est à dire lorsque la direction de déplacement est plus verticale, l'indice de dilution varie de 30% avec des erreurs de classification élevées. De plus, si le déplacement est oblique, l'indice de dilution varie de 55% avec des erreurs de classification aussi élevées. Mais lorsque le mouvement est horizontal, l'indice de dilution est de 70% avec des erreurs de classification moindres.

3.2. Les facteurs pouvant influencer les critères de sélection

Il est question d'identifier les différents facteurs qui peuvent influencer les résultats du mouvement du minerai et la dilution. On a :

- Le plan de tir (tie-up)
- Type d'explosif ;
- Consommation spécifique ;
- Hauteur du banc ;
- Délais ou raccords (timing) ;
- Diamètre des trous ;
- Banquette et espacement.

Il existe bien d'autres critères pouvant influencer le déplacement du minerai. Cette énumération n'est donc pas exhaustive.

3.2.1. Plan de tir ou séquence d'initiation

Le plan de connexion sert à connecter les trous de mines pour le dynamitage. Il définit l'orientation (directions et sens) du mouvement des matériau. Il faut s'assurer du respect du plan planifié et des ajouts de trous d'extra. Il est important de souligner qu'il existe plusieurs manières de faire sauter une zone. On peut citer principalement les séquences en **échelon**, en **V** et **centrés** (communément appelé **Center lift**).

Les séquences en échelon et les séquences en V sont utilisées préférentiellement dans le minerai car ils permettent un déplacement plus ou moins maîtrisé d'où une meilleure séparation du

minéral avec le stérile. Dans le cas où les tirs s'effectuent dans une zone stérile ou les sumps, on priorise la séquence centrée pour faciliter le minage et la création de la sump.

Cette opération consiste à faire des simulations à partir du logiciel EXPERTIR 3D et à affecter sur le terrain un délai à chaque détonateur des mines. Les délais affectés aux mines sont fonction du mouvement du minéral que l'on veut atteindre ainsi que les objectifs de l'entreprise.

Les éléments clés dans la séquence de tir sont le **point d'initiation**, l'**orientation des isochrones** et le **mouvement du matériau** qui doivent être perpendiculaires aux polygones minéralisés. En fonction du niveau de la vitesse d'amorçage choisi, le mouvement du massif rocheux lors du tir se fera ainsi dans le prolongement des polygones minéralisés limitant autant que possible les mouvements indésirables qui sont à l'origine d'une grande dilution. Le point d'initiation (I) est le trou d'où part le feu. En ce qui concerne le point d'initiation, il peut être placé dans une zone de surface libre ou dans autre zone confinée en fonction du type de séquence souhaitée ou des contraintes de terrain. Le matériau se déplacera vers le point d'initiation (I), c'est-à-dire dans le sens contraire de propagation du feu. Dans la conception du plan de tir, l'on définit d'abord l'orientation, ensuite, la position du point d'initiation.

Dans les gisements d'or avec des zones minéralisées bien délimitées et allongées, il est bien connu qu'il faut éviter les mouvements latéraux et transversales pendant le tir afin de limiter la dilution. En effet, plus le mouvement lors du tir sera « latéral ou transversale, plus il y aura de surface de mélange entre stérile et minéral, augmentant ainsi la dilution. Les figures 25, 26 et 27 illustrent les différents mouvements du minéral avec les types de séquences adoptées.

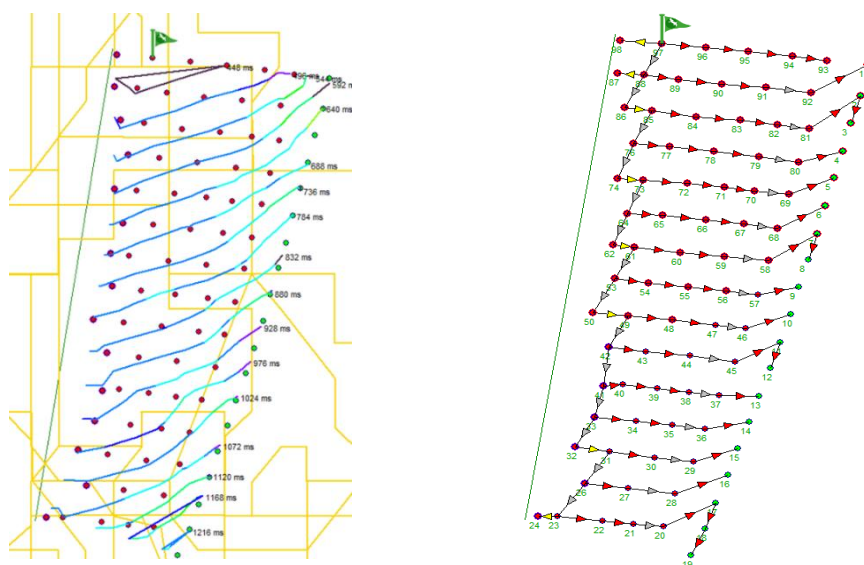


Figure 25 : Plan de tir avec une séquence en échelon (Bon_-20_db_303_stg1)

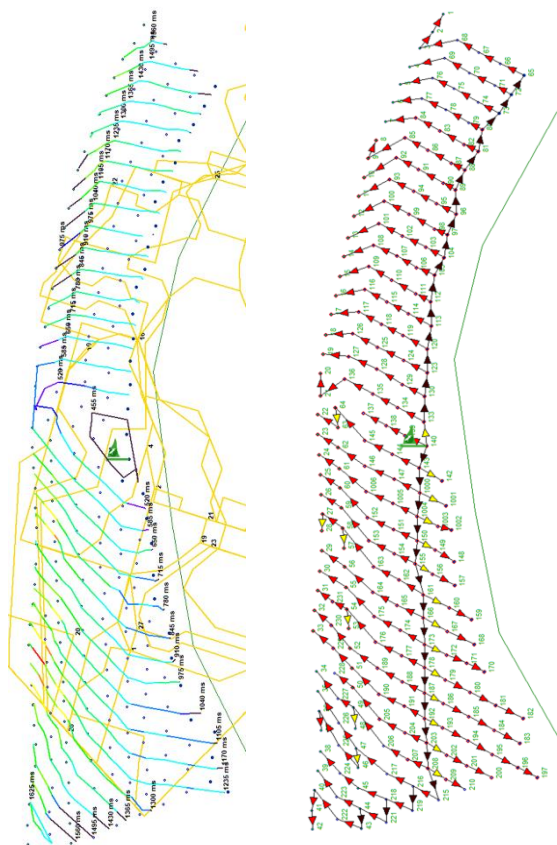


Figure 26 : Plan de tir avec une séquence centrée (Bon_-30_db_501_stg1)

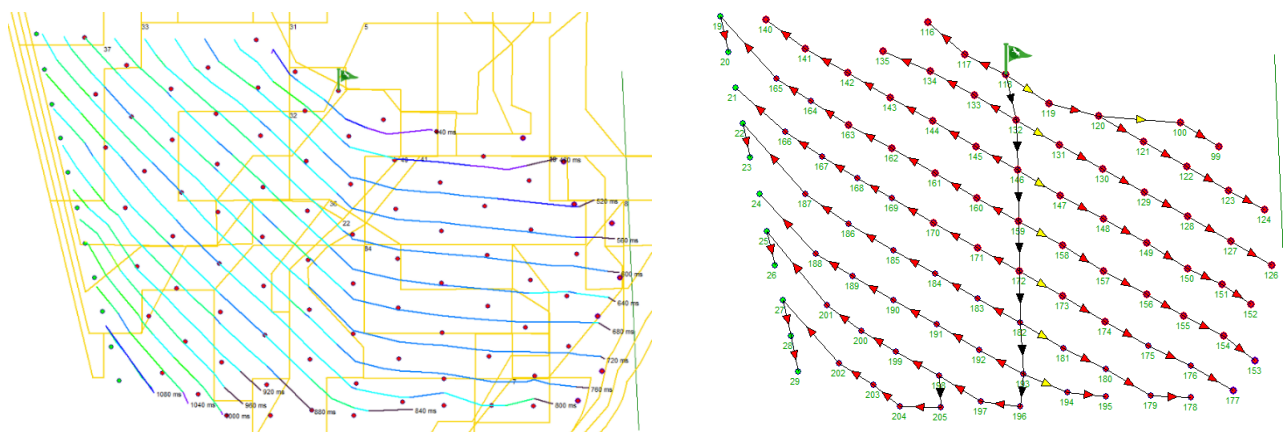


Figure 27 : Plan de tir avec une séquence en V (Bon_-20_db_301p1_stg1)

L'objectif consiste donc à obtenir un mouvement qui soit le plus possible en direction de l'axe principal du polygone minéralisé (déplacement longitudinal). Pour ce faire, les lignes

isochrones de la séquence, qui déterminent les mouvements du massif pendant le tir, doivent être parfaitement perpendiculaires à l'axe de la minéralisation.

3.2.2. Consommation spécifique ou charge spécifique (powder factor)

Le terme de consommation spécifique désigne la quantité d'explosif que l'on charge dans un trou de mine pour abattre 1 m³ de roche (ou 1 t de roche). La consommation spécifique est donc donnée en kg/m³ (ou en g/t respectivement). Elle joue un rôle important dans le mouvement du matériau. Ainsi, selon la puissance du tir, la composante (verticale, horizontale ou oblique) ayant le plus grand déplacement pourrait impacter le mouvement du matériau dynamité. La consommation spécifique est un paramètre à adapter au massif rocheux à abattre : la quantité d'explosif nécessaire pour abattre un volume donné de roche est en effet fonction des propriétés mécaniques et structurales de la roche en question. Elle influence aussi le mouvement du matériau. La méthode de calcul est décrite dans le tableau-ci-dessous.

Tableau III : Tableau de calcul de charge spécifique

Entités	Symboles	Formules ou valeurs
Volume de trou sur 1m	V_{1m}	$[(\Pi d^2)/4] \times 1$
Densité de l'émulsion	γ_{emul}	1.15 (g/cc)
Charge linéaire de l'émulsion	C_L	$V_{1m} \times \gamma_{emul} (Kg/m)$
Hauteur de charge	H_C	$H_f - H_b$
Quantité d'émulsion dans le trou	Q_{emul}	$H_c \times C_L$
Volume de roche abattu par trou	V_{abattu}	$B \times E \times P$
Consommation spécifique (Powder factor)	PF	Q_{emul} / V_{abattu}

4. Acquisition et traitement des données avec OREPro 3D

4.1. Avant le dynamitage

Pour contrôler le déplacement du minerai lors du dynamitage, l'action combinée de EXPERTIR 3D, de Surpac et du logiciel OREPro 3D est primordial, tout d'abord avec l'extraction des

données concernant l'étude du mouvement du minéral dans EXPERTIR 3D en format Excel de chaque scenarios constitué de :

- Label : il représente le numéro des trous ;
- Les coordonnées des trous : X (latitude), Y (longitude), Z (altitude) ;
- Depth : Ce sont les différentes profondeurs des trous ;
- Density : la densité de la roche
- Subdrill : la sur-foration ;
- Diameter : le diamètre des trous ;
- Timing : le délai de sautage de chaque trou ;
- Stemming : la hauteur du bourrage ;
- Powder Factor (PF) : c'est le facteur de poudre qui représente la quantité d'explosif (kg) nécessaire pour abattre un mètre cube (1 m^3) de matériau.

Ensuite, l'extraction du bloc model et digitalisation du pattern avec le logiciel Surpac. Il s'agit de digitaliser le pattern qui doit être dynamité.

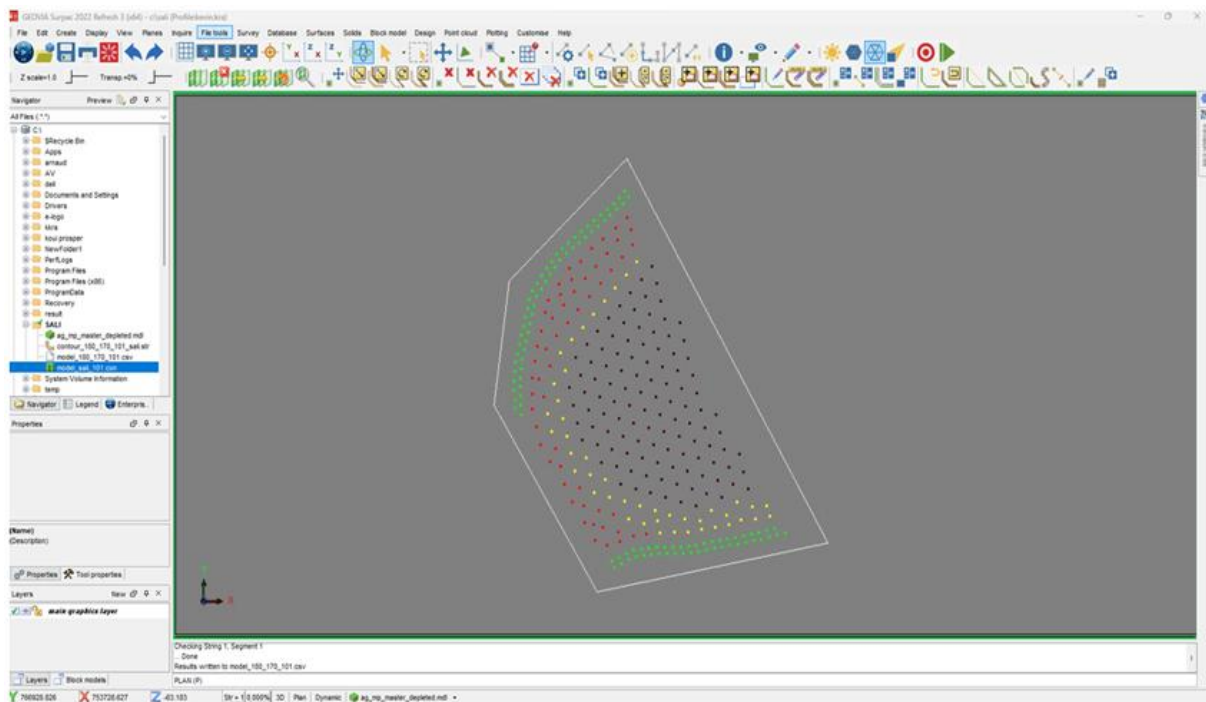


Figure 28 : Digitalisation de la volée

Une fois la digitalisation achevée, on lui attribue des propriétés de la zone à abattre telles que les altitudes minimale et maximale (en extrayant et ajoutant 10 m respectivement sur les niveaux inférieur et supérieur de la zone à abattre).

On plote le bloc model master dans notre bloc model concernant la volée à abattre. Le bloc model de la volée va extraire ces informations propres à lui contenues dans le bloc model master (celui de la fosse). Le bloc model dont on a besoin pour suivre le mouvement du minerai est ainsi extrait.



Figure 29 : Extraction du block model

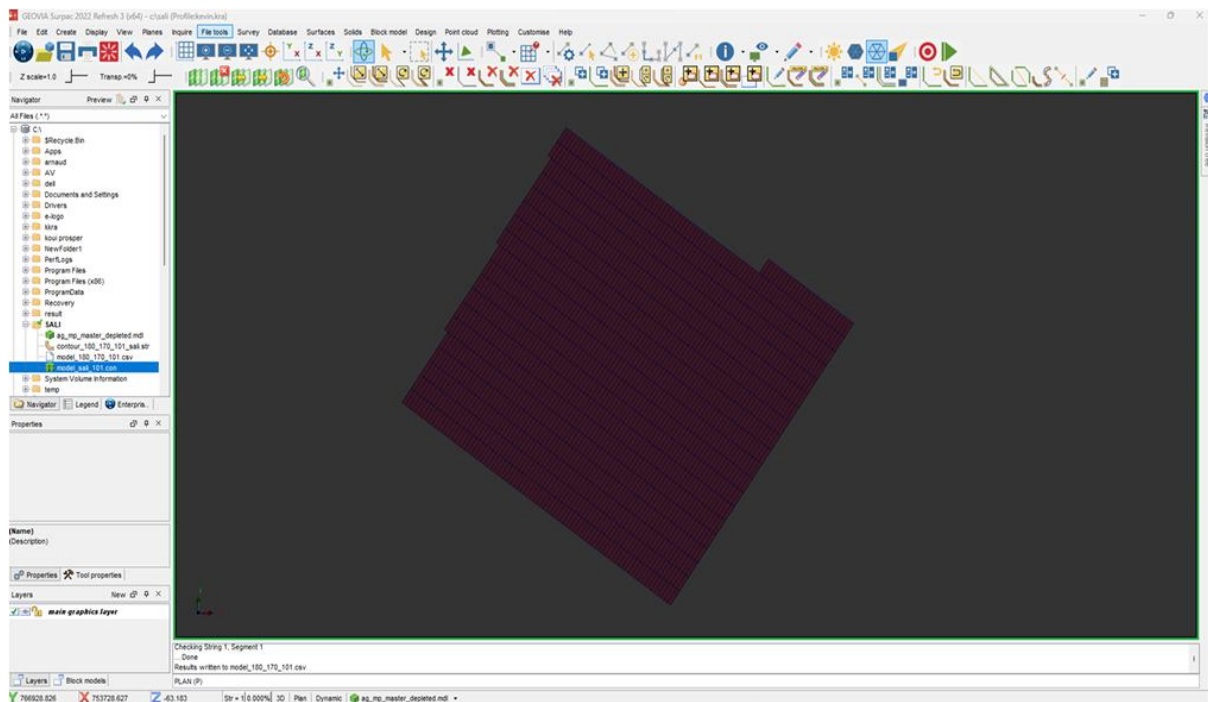


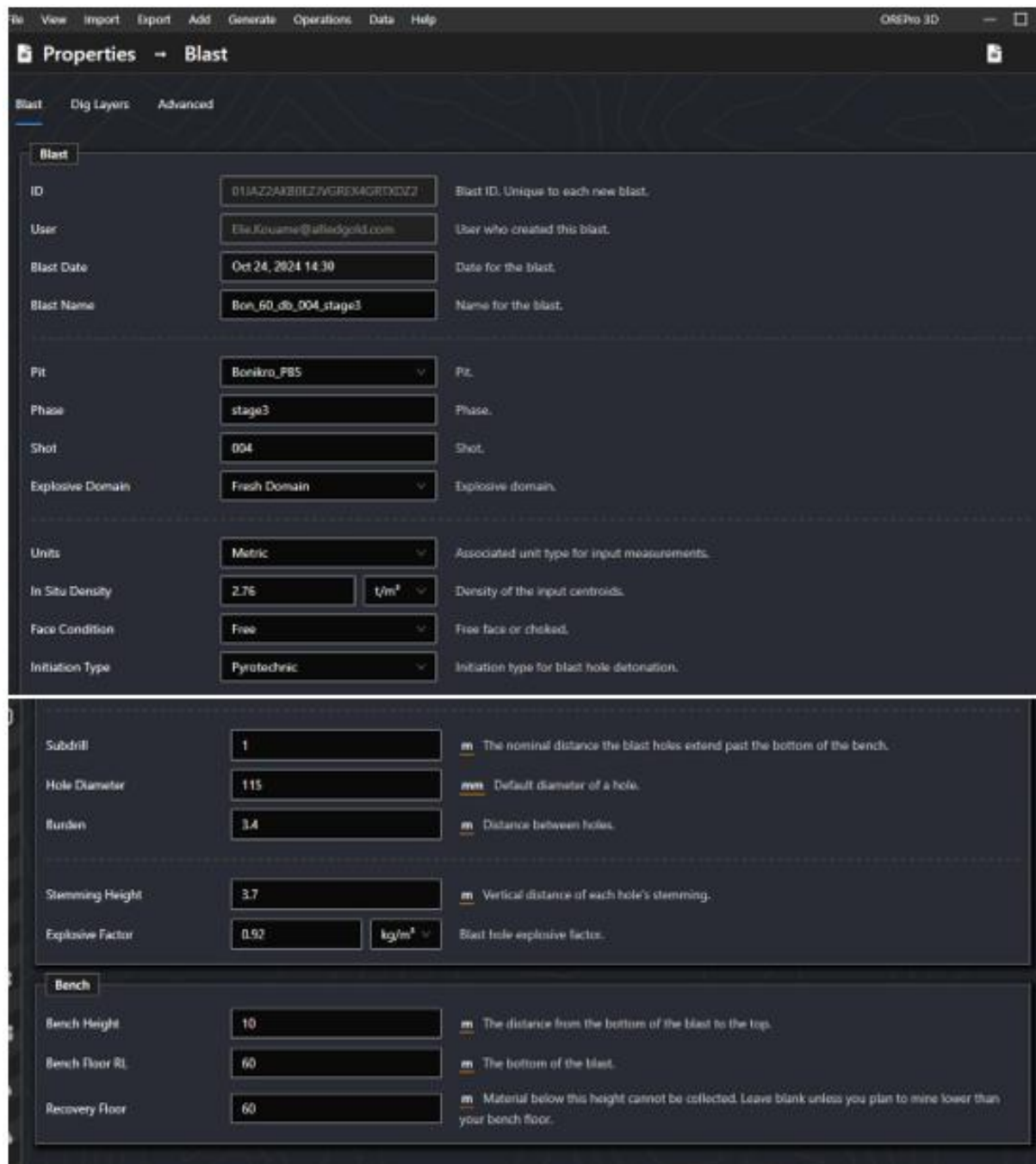
Figure 30 : Bloc model de la volée

On passe au traitement des données avec OREPro 3D :

➤ Etape 1

Il s'agit de définir le nom et les propriétés de la volée à abattre. Pour définir le nom de la volée, nous utilisons un identifiant à partir du nom de la fosse où se localise la zone à explorer (par exemple : Bon_-20_db_007_stage1 : **Bon** est le nom de la fosse qui veut dire Bonikro, **db** veut dire drill and blast (forage et dynamitage), **00** signifie qu'il s'agit d'un tir de production, **7** représente le numéro d'ordre de tir et **stage** représente la division de la fosse en compartiment suivant l'objectif de l'entreprise, **-20** c'est le niveau du carreau inférieur que nous souhaitons atteindre.

Des informations renseignées sur l'interface sont le **nom de la volée**, le **nom de la fosse**, la **densité de la zone à dynamiter**, la **présence de face libre ou non**, le **type d'initiation**, la **surforation**, le **diamètre des trous**, la **banquette**, la **hauteur du banc à abattre**, le **niveau inférieur** qu'on souhaite atteindre (Relative Level : RL), la **hauteur du bourrage** et le **facteur de poudre (PF)**. Lorsque ces champs sont bien remplis, on clique sur « ok ».



Properties - Blast

Blast

ID: 011A22AKB0EZVAGREXAGRTX0Z7. Blast ID. Unique to each new blast.

User: Ebe.Kouame@afedgold.com. User who created this blast.

Blast Date: Oct 24, 2024 14:30. Date for the blast.

Blast Name: Bon_60_db_004_stage3. Name for the blast.

Pit: Bonikro_FB5. Pit.

Phase: stage3. Phase.

Shot: 004. Shot.

Explosive Domain: Fresh Domain. Explosive domain.

Units: Metric. Associated unit type for input measurements.

In Situ Density: 2.76 t/m³. Density of the input centroids.

Face Condition: Free. Free face or choked.

Initiation Type: Pyrotechnic. Initiation type for blast hole detonation.

Bench

Subdrill: 1 m. The nominal distance the blast holes extend past the bottom of the bench.

Hole Diameter: 115 mm. Default diameter of a hole.

Burden: 3.4 m. Distance between holes.

Stemming Height: 3.7 m. Vertical distance of each hole's stemming.

Explosive Factor: 0.92 kg/m³. Blast hole explosive factor.

Bench Height: 10 m. The distance from the bottom of the blast to the top.

Bench Floor RL: 60 m. The bottom of the blast.

Recovery Floor: 60 m. Material below this height cannot be collected. Leave blank unless you plan to mine lower than your bench floor.

Figure 31 : propriétés de la volée à dynamiter

Ensuite, importer les trous et la surface avant dynamitage en allant dans “**Import**” et sélectionner **Holes** pour les trous et **Pre Blast Topo** pour la topographie de la fosse avant le tir, la figure nous indique comment faire pour importation.

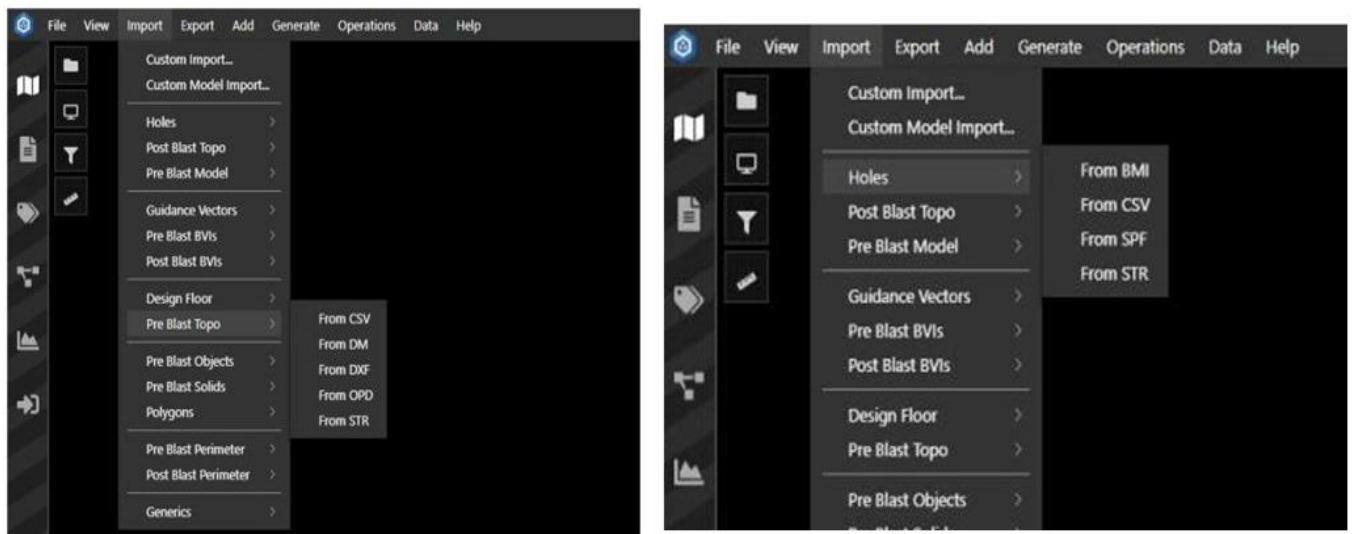


Figure 32 : Importation des trous et de la surface topographique avant le tir

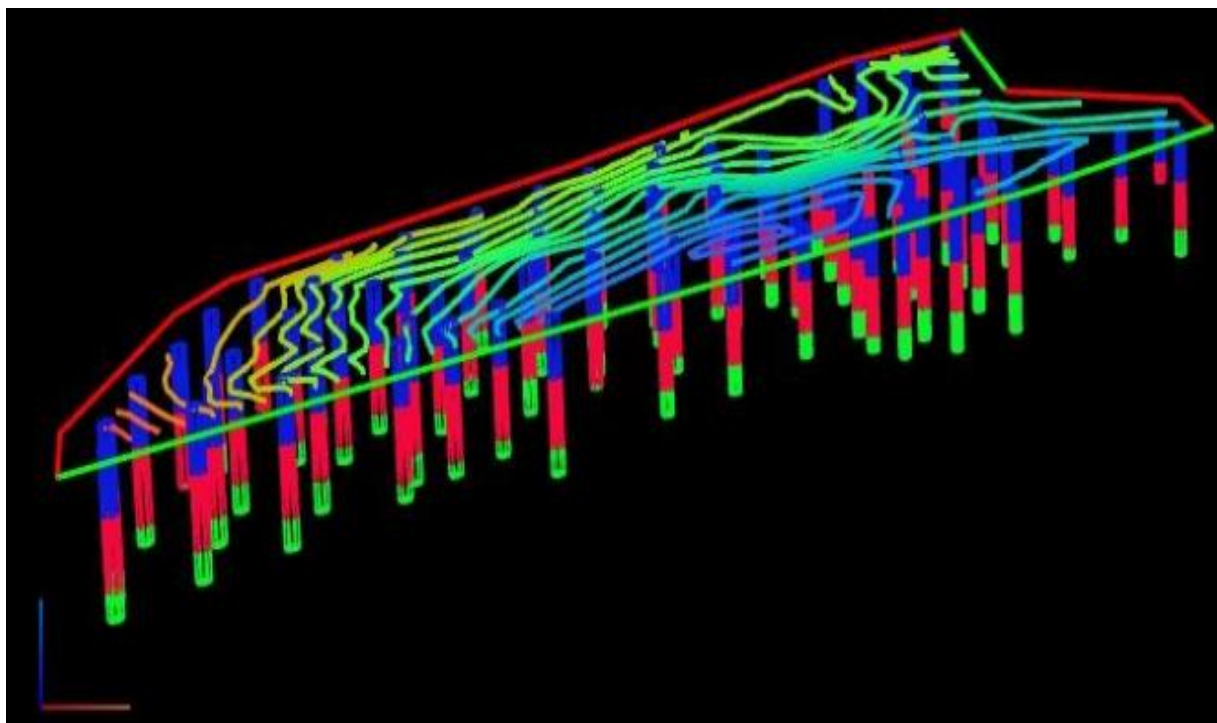


Figure 33 : Résultats de l'importation des trous

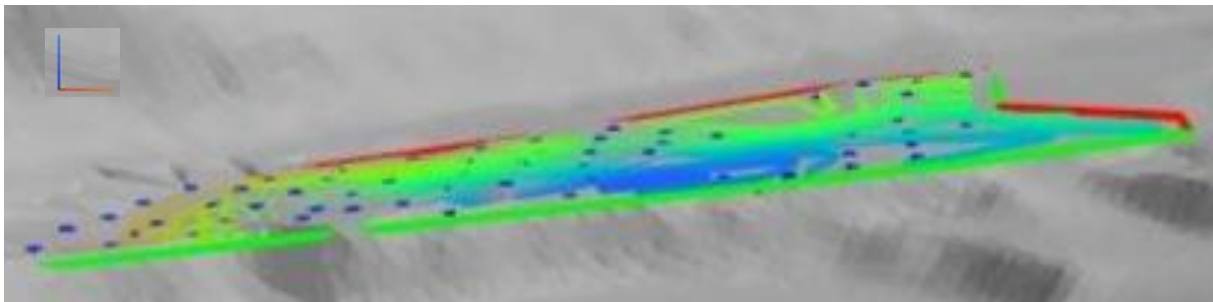


Figure 34 : Résultats de l'importation de la surface topographique avant le tir

Dans, ce cas chaque scenario verra son délai de temps importer avec les autres éléments de base.

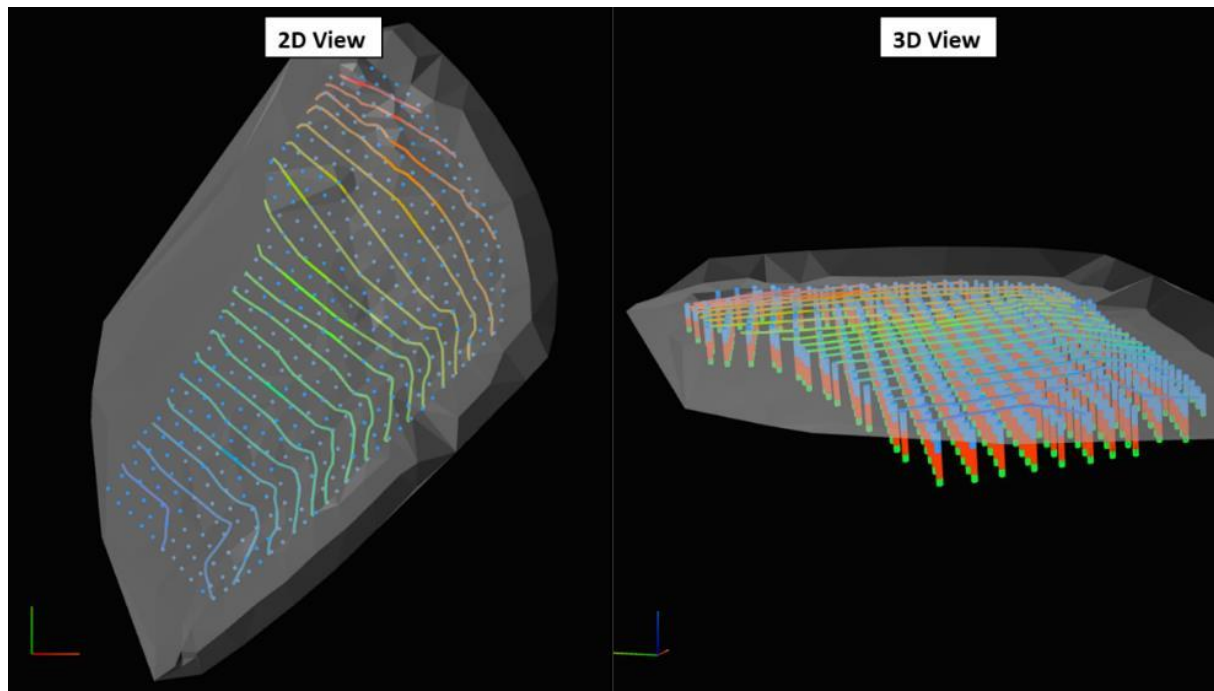


Figure 35 : Compilation des trous, de la surface topographique et des contours de temps

➤ Etape 2

A ce stage, il s'agit d'importer le block model en mettant les attributs du bloc model à savoir la substance utile (Au) (**Digblock_au**), la densité du minéral (**Density**), la destination (**Destination**) et le polygone (**PolygonID**), **Digblock_ID** et **Geo_ox_n**. De même que la classification des teneurs à savoir la création de l'arbre qui va identifier au prospect (la volée)

et à ses attributs. L'arbre va également permettre de faire la classification en fonction de la teneur de coupure (g/t) et du profil d'altération.

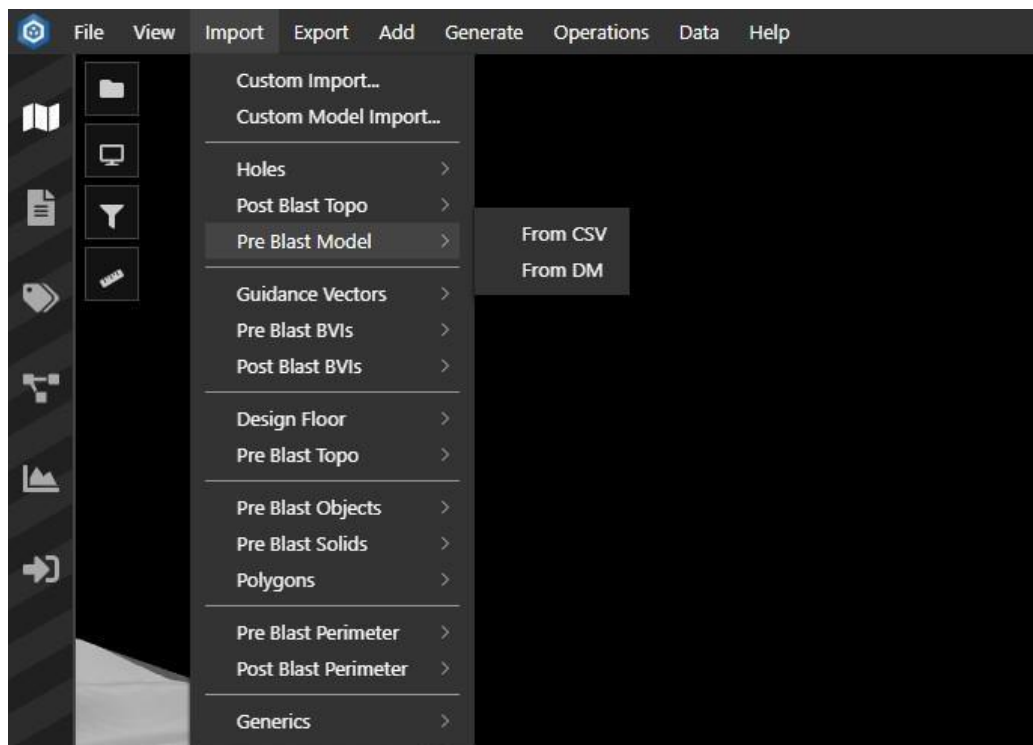


Figure 36 : Importation du block du model dans OREPro 3D

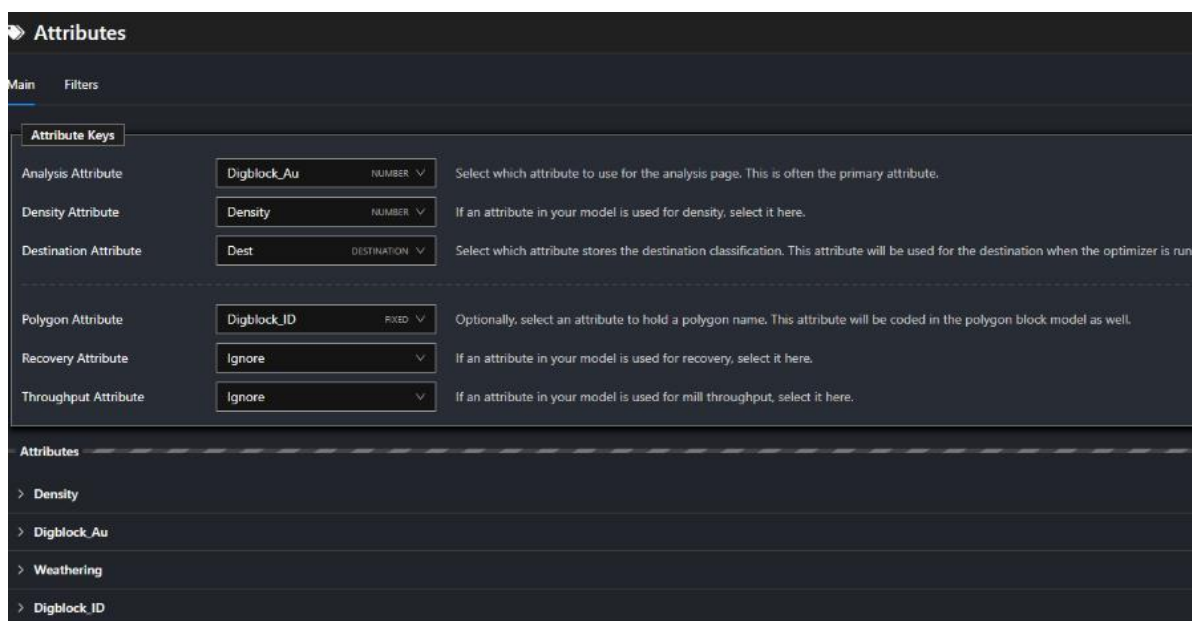


Figure 37 : Attribut du block model

File View Import Export Add Generate Operations Data Help

Import

H	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	X	Y	Z	classification_no	block_lock	campaign_id	campaign_rl	campaign_zone_c	campaign_zone_n	classification	digblock_adjusted_density	digblock
2	597591.25	753251.25	221.25	1	UNLOCKED	BLANK	BLANK	BLANK	0	0	2.8	0.1
3	597591.25	753251.25	223.75	1	UNLOCKED	BLANK	BLANK	BLANK	0	0	2.8	0.1
4	597591.25	753256.25	221.25	1	UNLOCKED	BLANK	BLANK	BLANK	0	0	2.8	0.1
5	597591.25	753256.25	223.75	1	UNLOCKED	BLANK	BLANK	BLANK	0	0	2.8	0.1

Using Header(s).

Open File: model305.csv Pre Blast Model

Model Field	Example Data	Use Column
X	597591.25	X
Y	753251.25	Y
Z	221.25	Z
Size		
X	UNLOCKED	block_lock
Y	UNLOCKED	block_lock
Z	UNLOCKED	block_lock
Attributes		
Digblock_Au_Dil	0.01	digblock_au_dil
Gc_density	2.8	gc_density
Digblock_ID		digblock_id
Geo_ox_c	FR	geo_ox_c
Geo_lith_c	GD	geo_lith_c
Gc_reov	93.6	gc_au_recov

Figure 38 : Vérification des attributs

Ensuite, la classification des teneurs

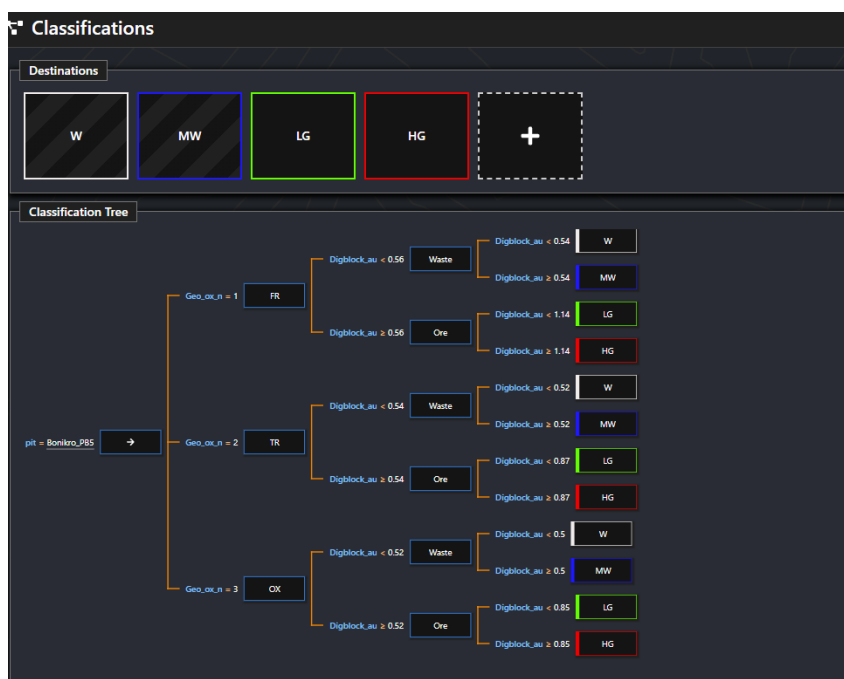


Figure 39 : Arbre de classification des teneurs

Une fois, le modèle importé, il se présente comme sur la figure 42. La taille du block model importé est celle choisie lors de l'exportation avec le logiciel Surpac. Ce modèle importé n'étant pas à la limite juste du pattern, il nous faut le délimiter à la limite de celui-ci. Pour se faire, il faut « Crop » le modèle avec la topographie. La figure 43, nous illustre le processus de délimitation du modèle. Après la délimitation du modèle, nous obtenons les résultats comme l'indique la figure 44.

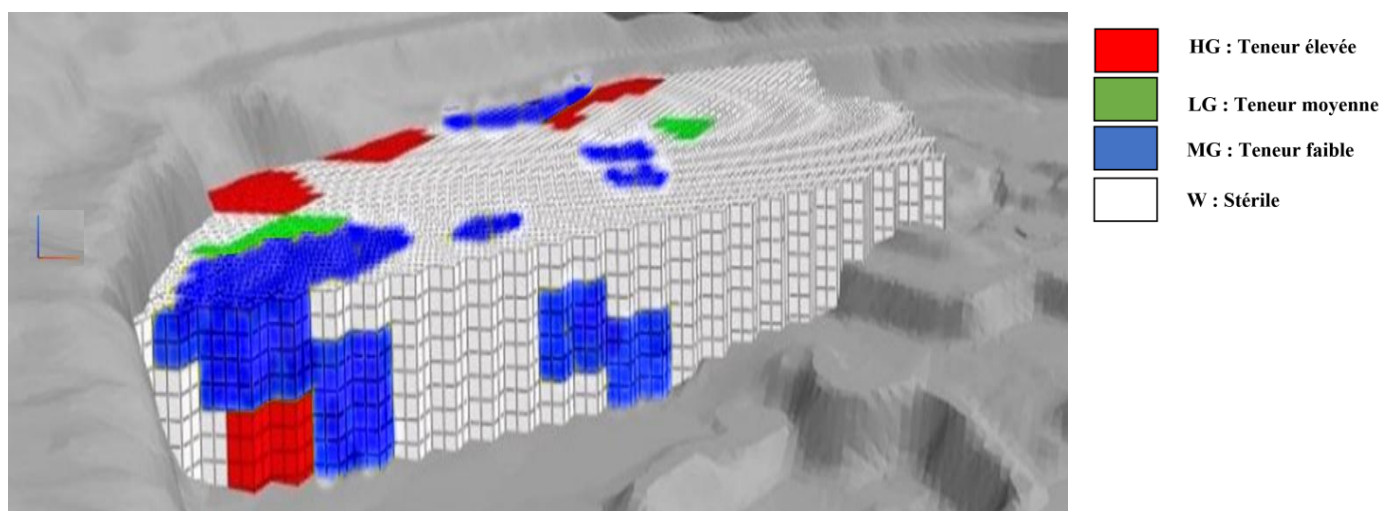


Figure 40 : Résultats d'importation du bloc model

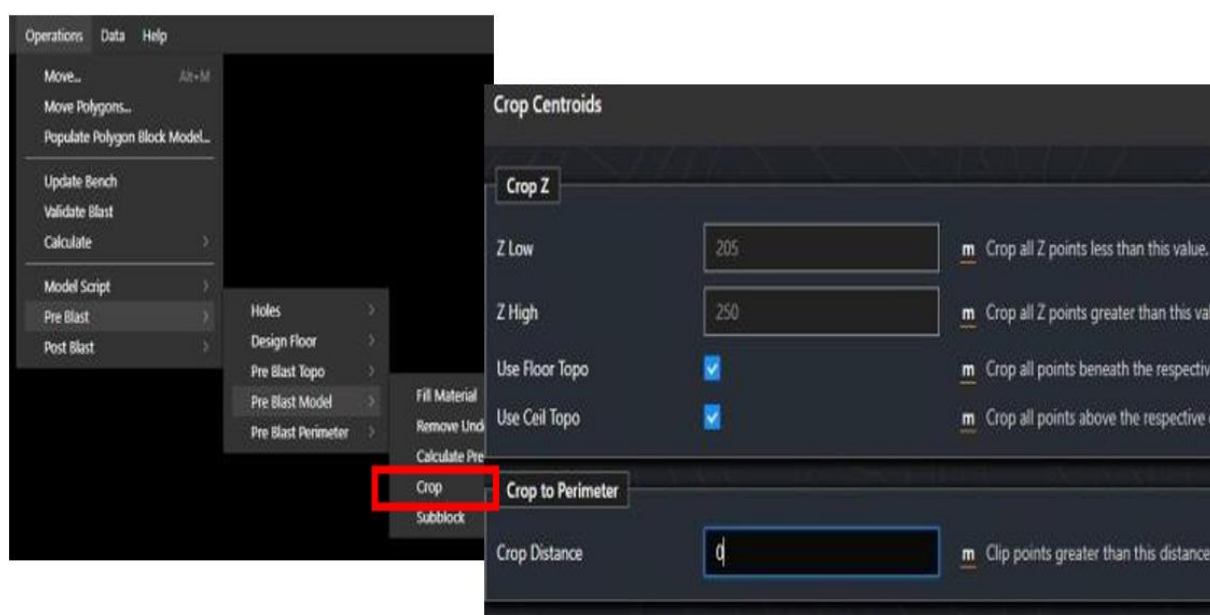


Figure 41 : Délimitation du modèle (Crop)

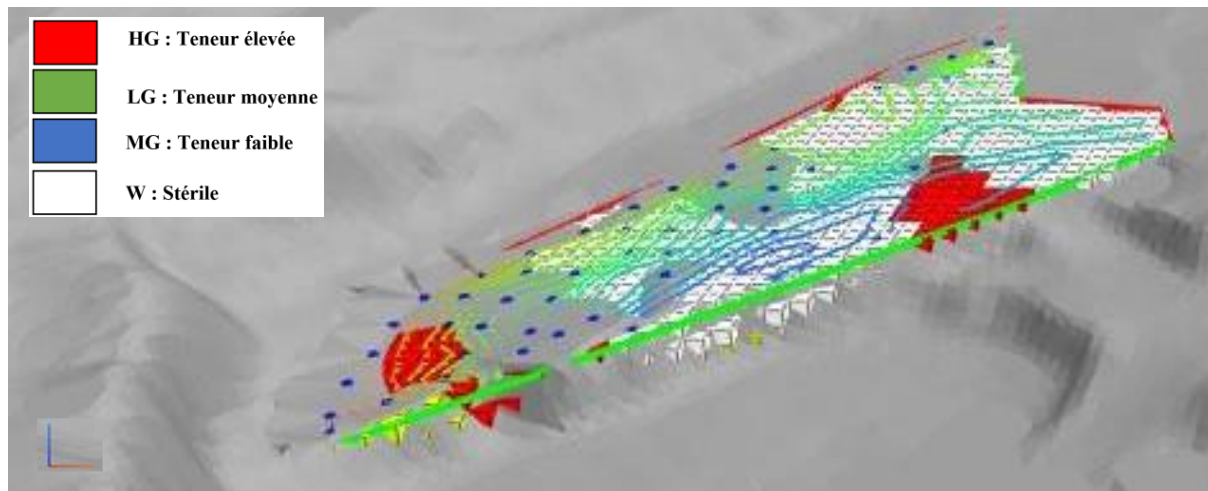


Figure 42 : Block model délimité par rapport à la topographie

Après ces étapes, l'analyse est lancée et les données sont extrait en format csv afin de faire une analyse les scenarios en apportant de gain, de perte et de dilutions. C'est à partir de l'analyse obtenue à la figure 43 (illustration d'une volée) que le scenario final est choisi.

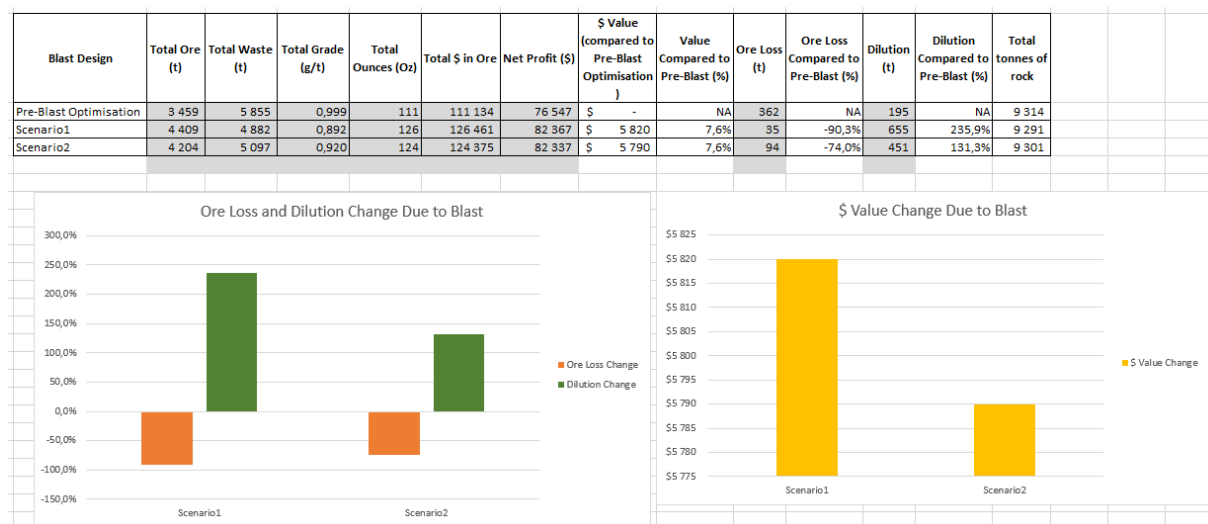


Figure 43 : Récapitulatif des simulations avant le tir (Bon_-60_db_501p2_stg1)

4.2. Après le dynamitage

Après le dynamitage, le processus avant le tir est repris pour le scenario choisi suivi de :

- ❖ L'importation de la surface topographique après le tir, elle permettra de connaître l'orientation des matériaux après le tir afin de mieux définir les limites des matériaux.

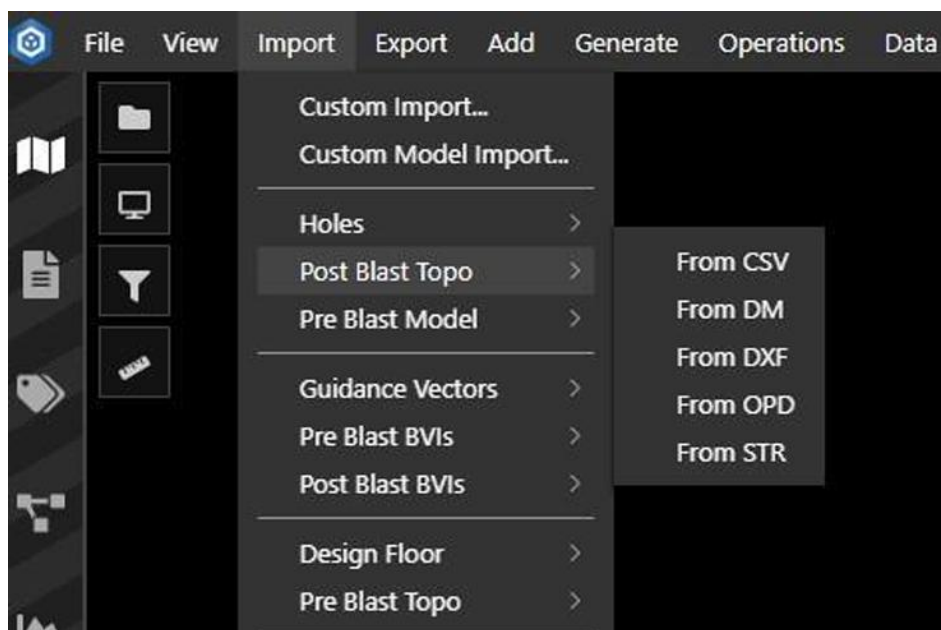


Figure 44 : Importation de la surface topographique après le tir

La couleur représente les nouveaux matériaux absents dans la surface topographique avant le tir. Les surfaces topographiques avant et après le tir sont des images prises par drone et transformé en un modèle numérique de terrain.

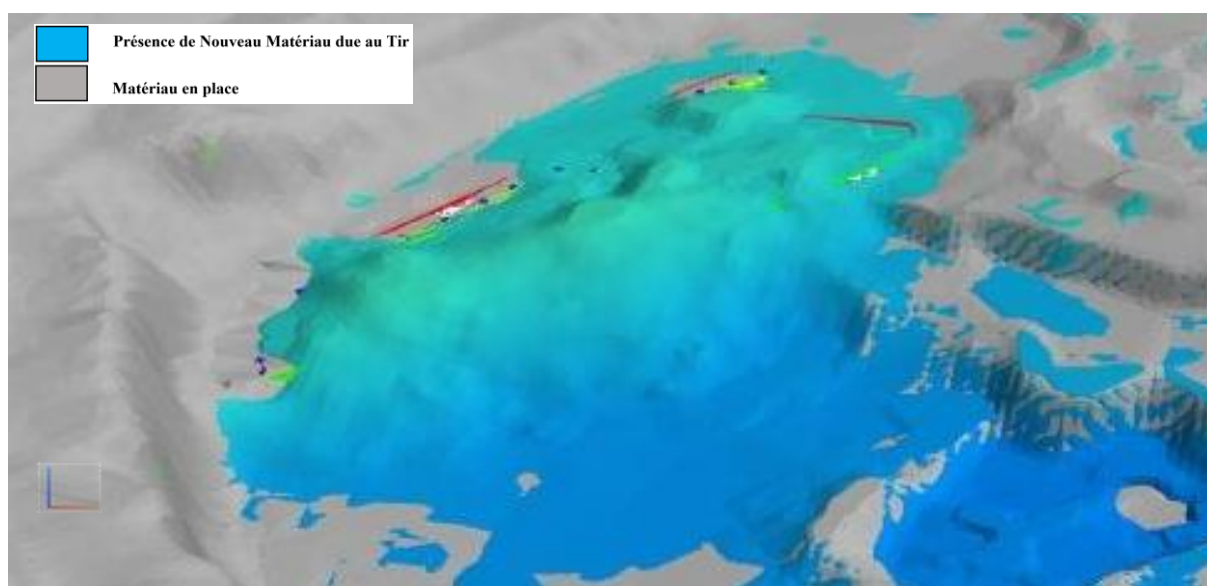


Figure 45 : Résultats de l'importation de la surface topographique après le tir

- ❖ La délimitation du périmètre de la volée de tir, elle consiste à définir les contours de la volée de tir à savoir une face libre, une face étouffée, un coté, un back

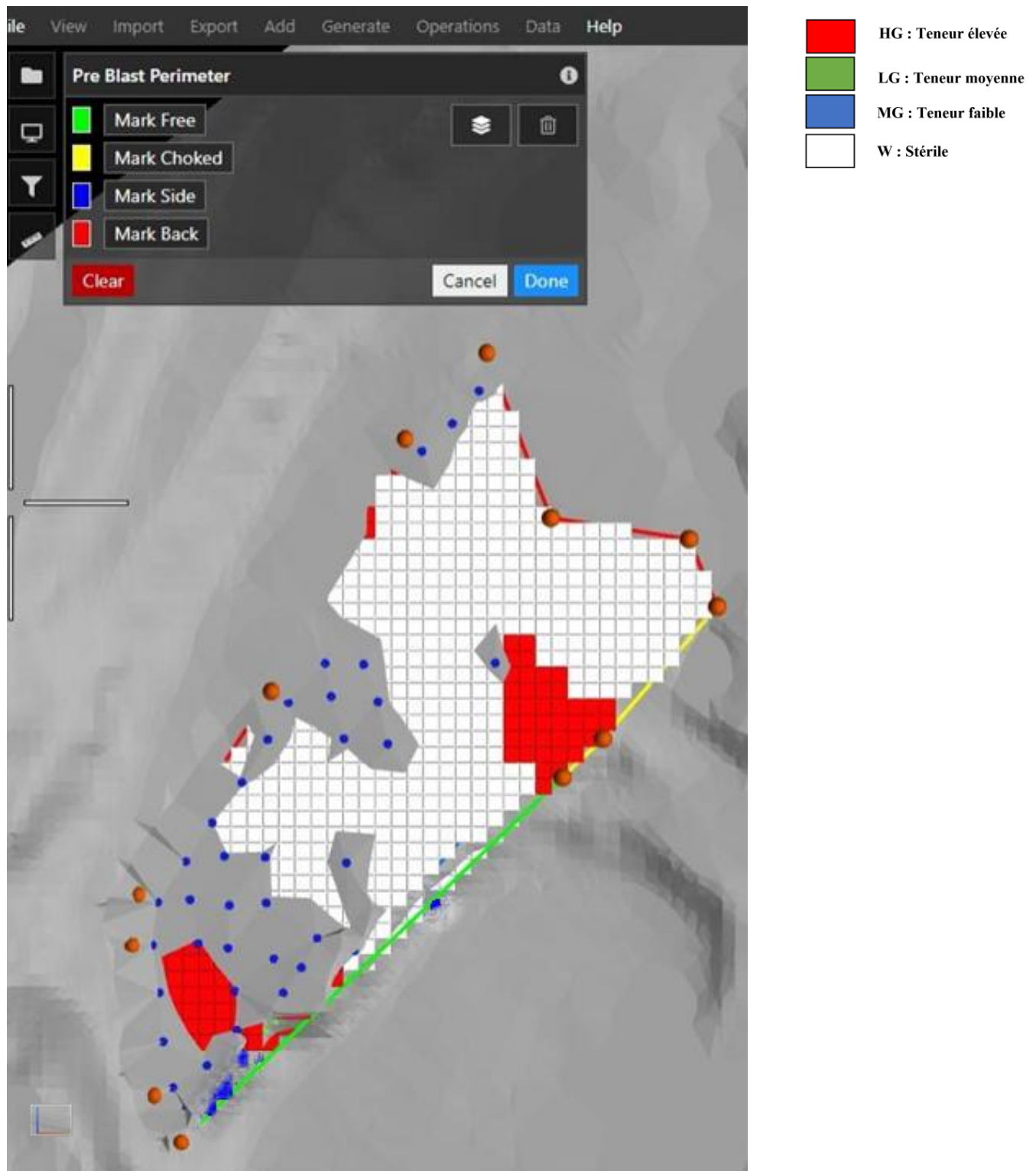


Figure 46 : Délimitation du p périmètre de la volée de tir

- ❖ La création du design floor, elle représente le périmètre dans lequel le mouvement doit être effectué.

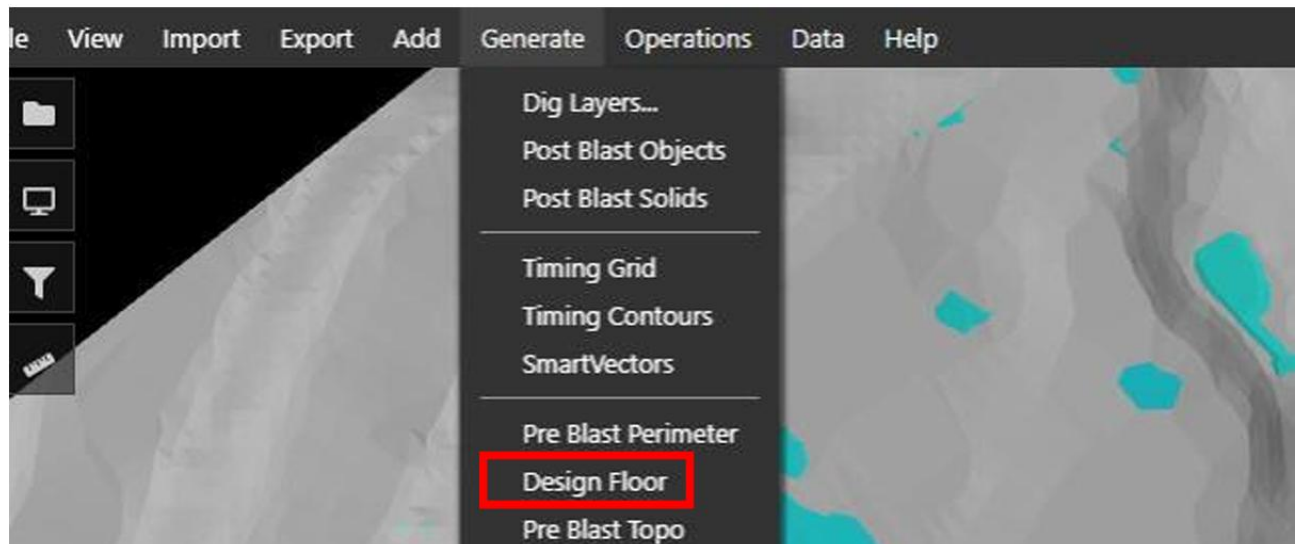


Figure 47 : fusion du design floor avec la topographie.

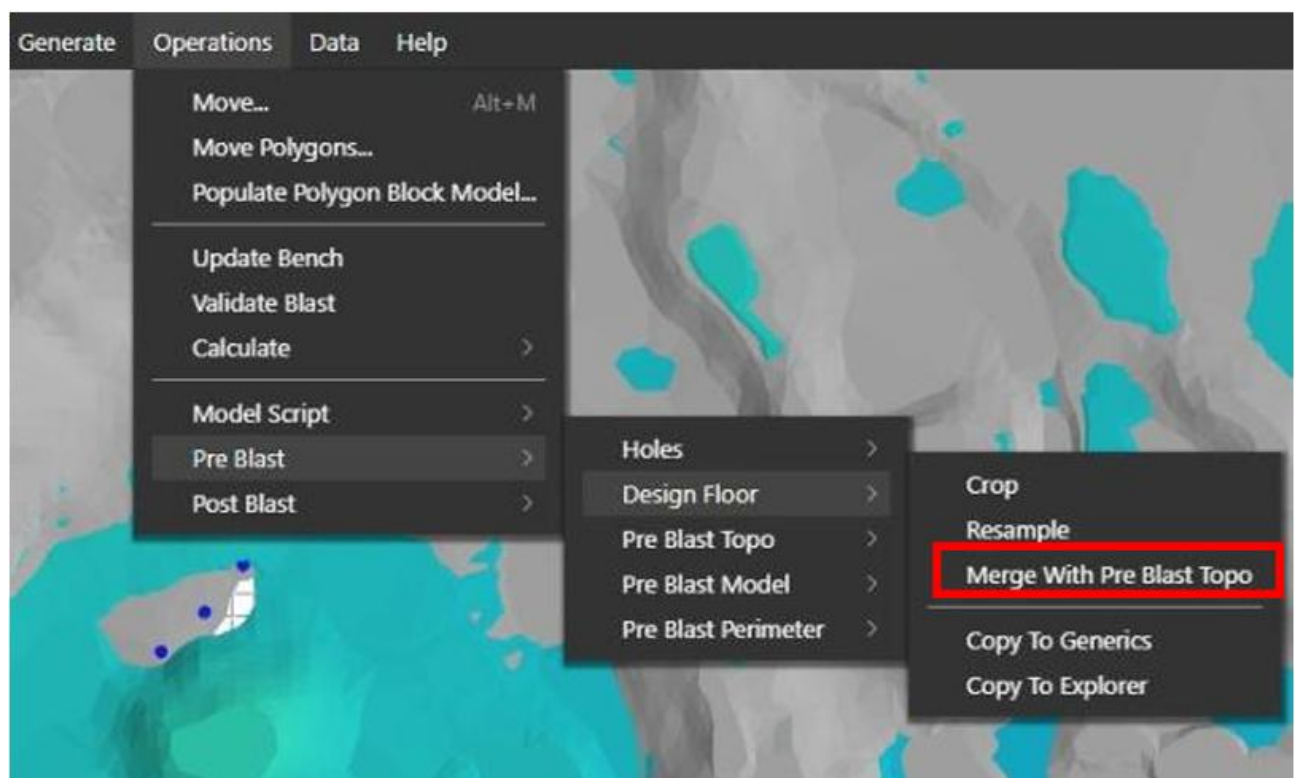


Figure 48 : Définition de la distance de la volée de tir aux contours du design floor

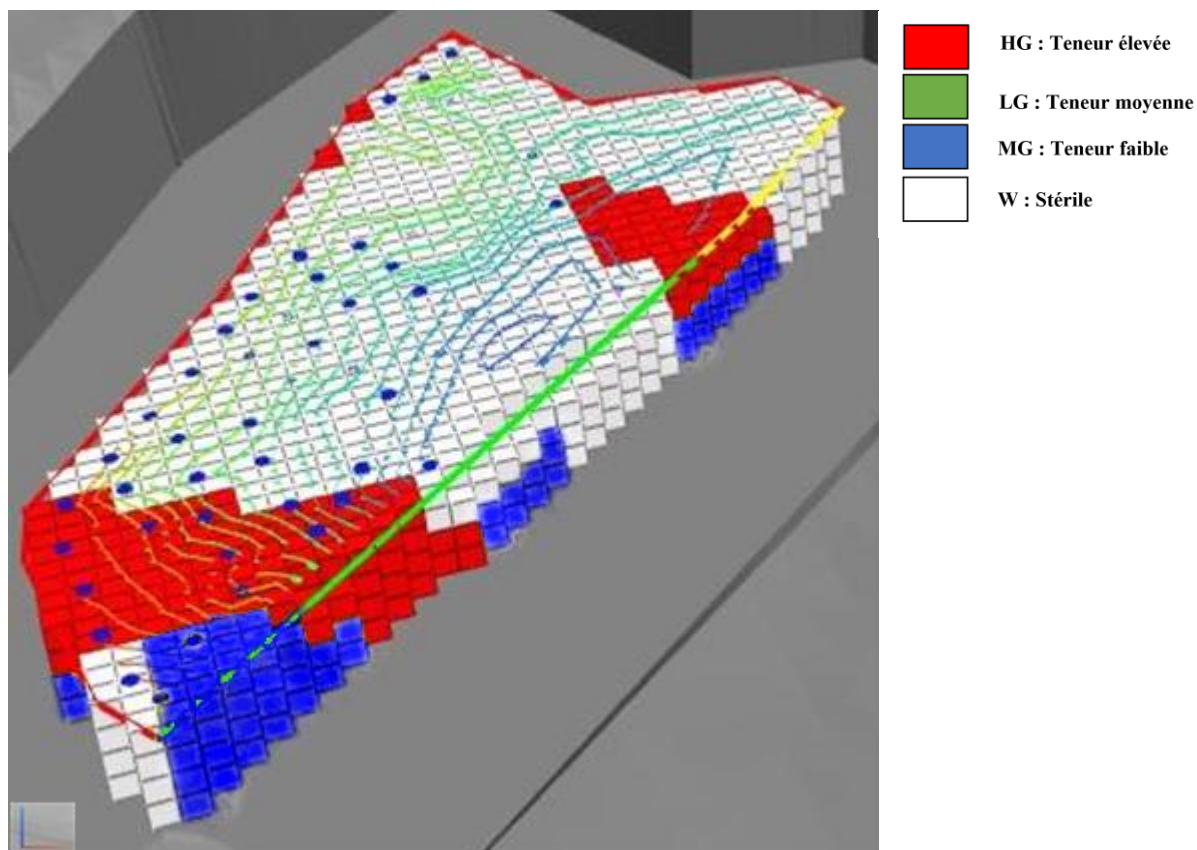


Figure 49 : Résultats du design floor

- ❖ La délimitation de la limite du mouvement, elle consiste à indiquer au logiciel la limite pour laquelle il doit considérer les matériaux à traiter. En effet, certains blocs de la volée se déplacent à une distance considérable et logiciel OREPro 3D cherche à retrouver l'emplacement des différents blocs déplacés se faisant il risque de prendre en compte des blocs de stériles qui peuvent se retrouver dans le matériau à traiter.

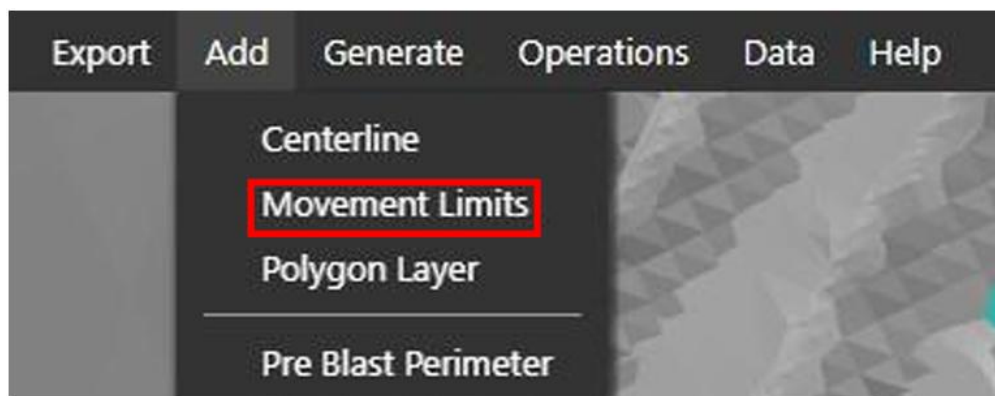


Figure 50 : Limite du mouvement

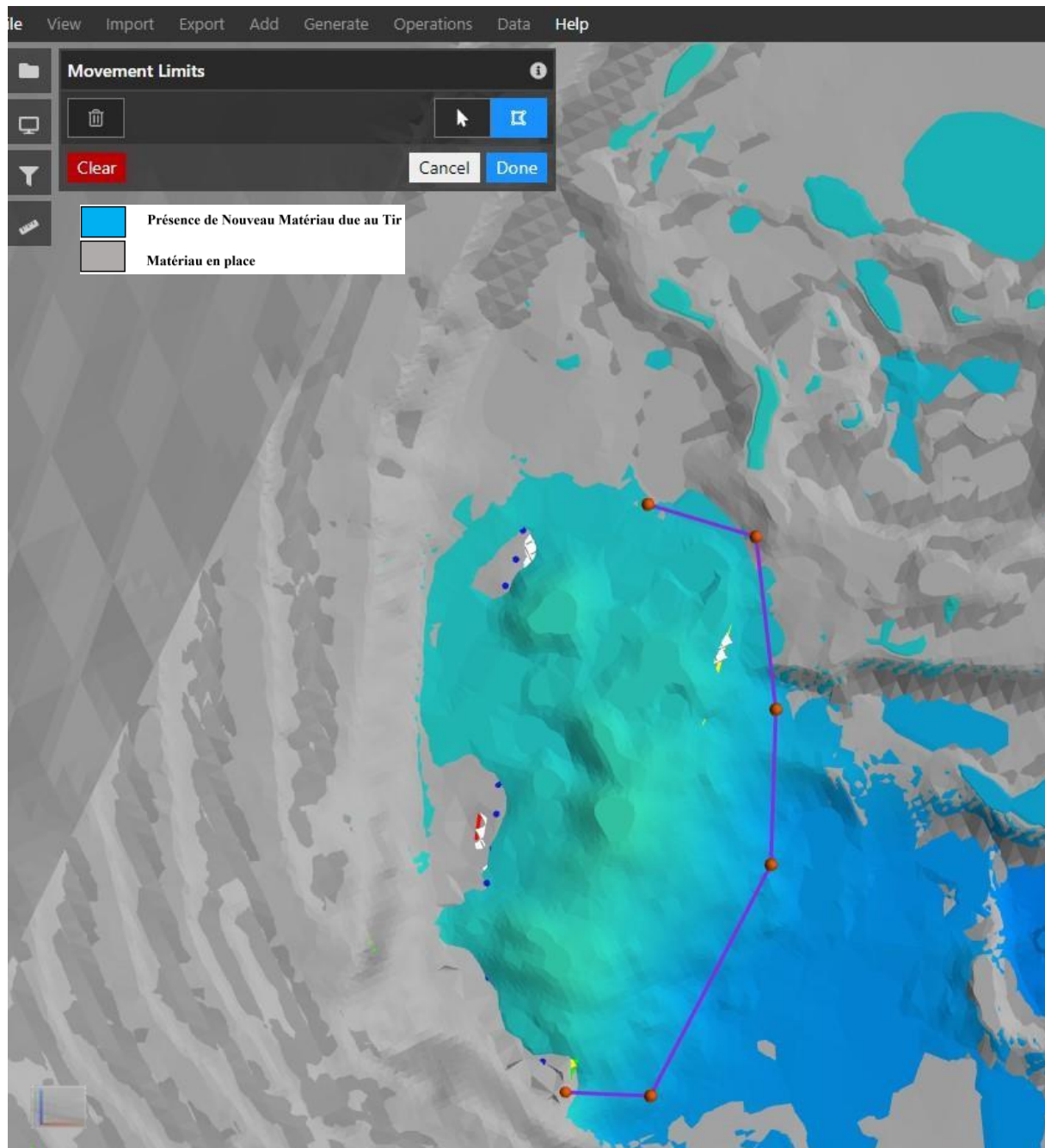


Figure 51 : Délimitation du mouvement

- ❖ La visualisation du mouvement de la volée de tir, l'on procède au déplacement des matériaux avec les vecteurs prédéfinis qui indique le sens de déplacement de chaque block.

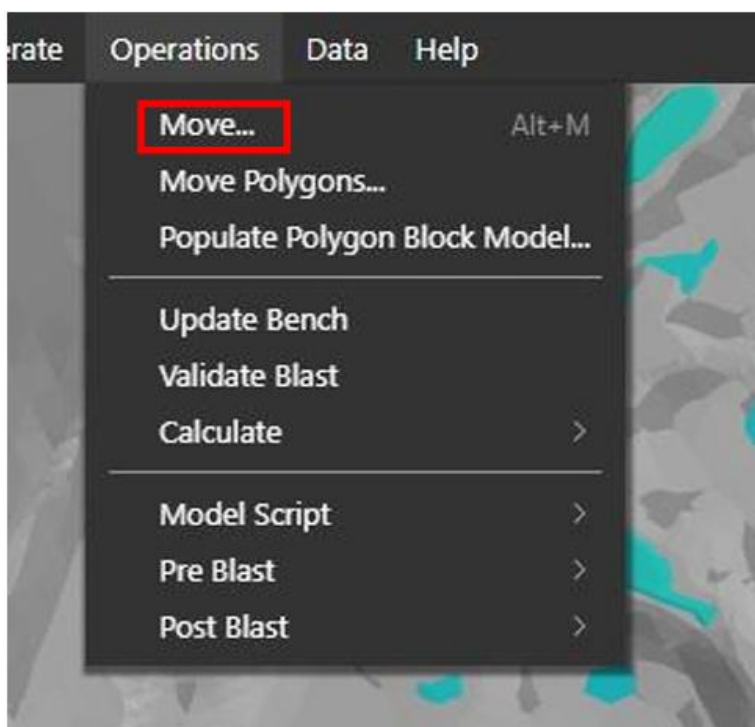


Figure 52 : Option de visualisation du mouvement de la volée de tir

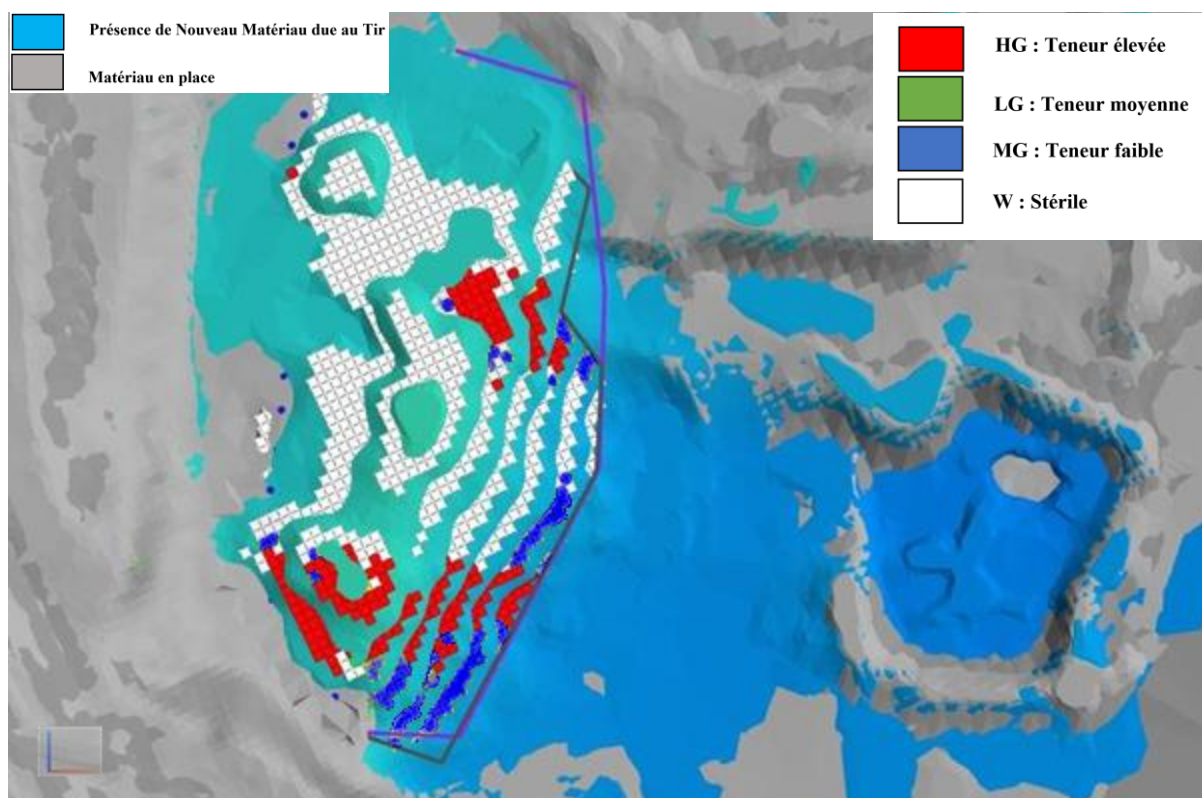


Figure 53 : Mouvement de la volée de tir

- ❖ La création des niveaux, il s'agit de créer des digblocks, c'est-à-dire, créer différents niveaux d'excavations en fixant le nombre de niveau et la direction de l'excavation.



Figure 54 : Option de création des niveaux

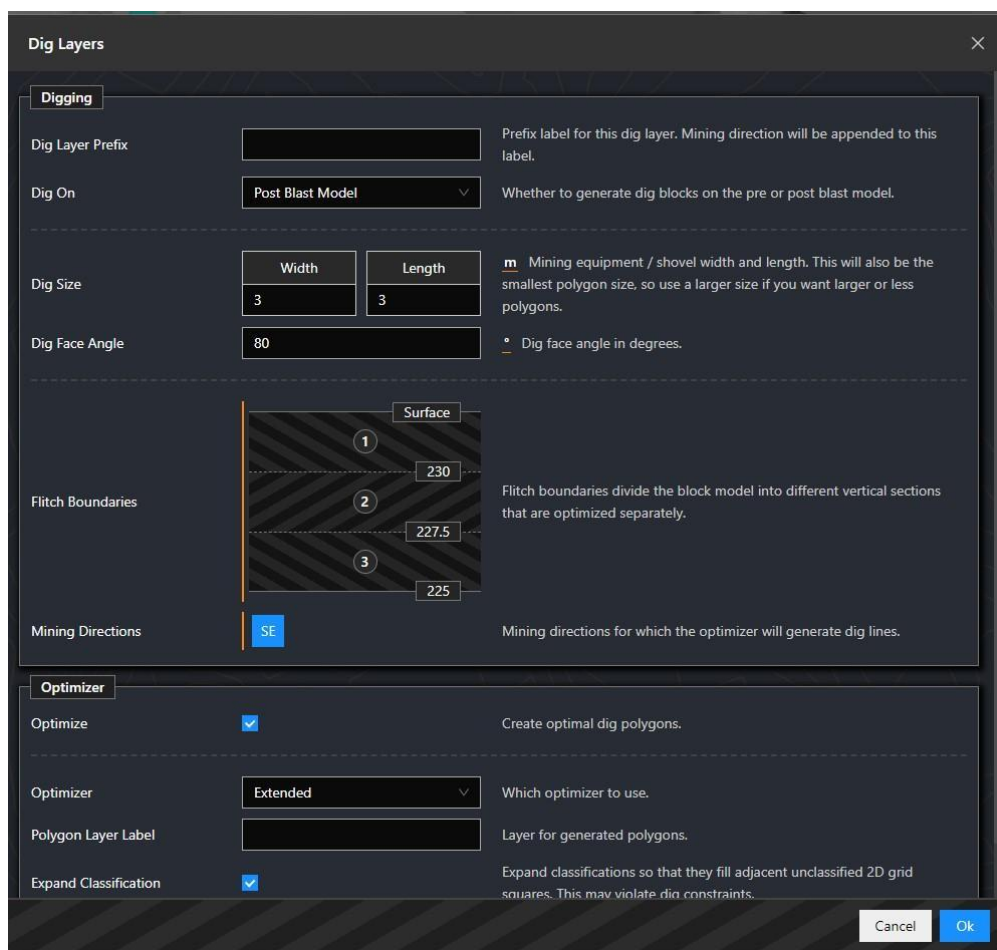


Figure 55 : Définition du nombre de niveau et du sens d'excavation

- ❖ La Digitalisation des digblocks, elle consiste à digitaliser les polygones minéralisés de sorte à se rapprocher le plus possible des teneurs et tonnages prédit avant le dynamitage afin d'avoir une teneur et un tonnage favorable aux données de cut-of grade (les informations recueillies pendant la foration des trous dans la zone minéralisée).

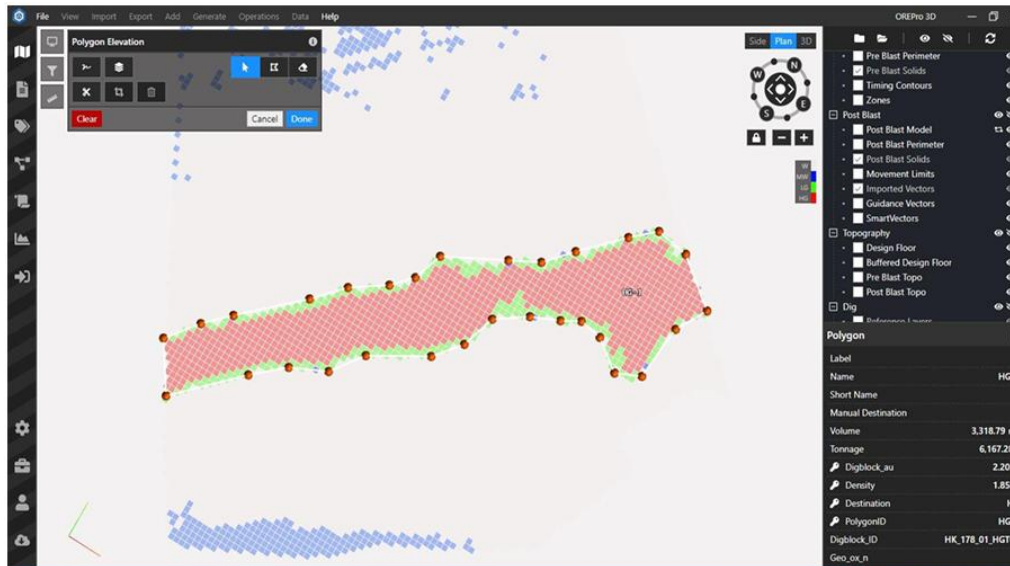


Figure 56 : Digitalisation des polygones minéralisés

Une fois les polygones minéralisés digitalisé, ces coordonnées des points sont remises au topographe pour aller marquer l'or sur le terrain afin de procéder à l'excavation pour les acheminer à l'usine de traitement.

5. Analyse et contrôle statistique des mouvements effectués après le dynamitage

A la mine d'or de Bonikro, les étapes de contrôle du mouvement du minéral se fait grâce au logiciel OreProTM3D. L'objectif de contrôler le mouvement est de minimiser le plus possible la dilution du minéral. Un contrôle statistique dudit processus va être fait dans la suite de notre étude. Des études statistiques basées sur l'analyse des séries de valeurs qui ont été effectuées à la mine pour l'étude du mouvement du minéral. Elles portent sur les valeurs extrêmes (minimum, maximum), la valeur centrale (moyenne), les paramètres de dispersions que sont l'écart-type et le coefficient de variation de Bravais-Pearson (Cv).

L'écart-type d'une variable X noté σ est par définition la racine carrée de la variance de cette variable.

La **variance** de cette variable (X), notée $\text{Var}(X)$, est par définition, la moyenne arithmétique des carrés des écarts à la moyenne arithmétique.

Le **coefficient de variation de Bravais-Pearson** (C_v) se définit comme le rapport de l'écart-type à la moyenne. Selon la valeur de C_v , trois structures de l'ensemble étudié sont mises en évidence :

- Si C_v est inférieur à 0,20, la série est très homogène ;
- Si C_v est compris entre 0,20 et 0,25, la série est homogène ;
- Si C_v est supérieur à 0,25, la série est hétérogène

Une courbe de régression linéaire simple ainsi qu'un critère numérique (Coefficient de corrélation) ont été utilisés pour apprécier la qualité de la corrélation effectuée entre ces variables. En fonction des coefficients obtenus, l'on appréciera l'existence ou non de relations entre les différentes séries. La figure ci-dessous constituera notre guide d'appréciation de la corrélation.

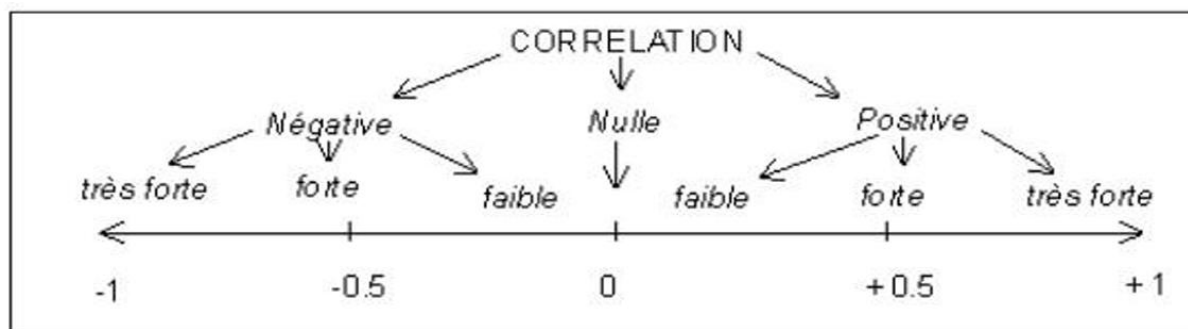


Figure 57 : Appréciation de la corrélation entre deux séries de Bravais-Pearson

6. Quantification de la dilution, des pertes de minéral et erreurs de classification

Cela revient à estimer la dilution. On constate qu'elle peut être estimée en pourcentage en fonction de la teneur ou du tonnage. Pour notre étude, nous déterminons la dilution de deux façons :

- L'utilisation de logiciel OREPro 3D ;
- L'utilisation du Mine Call Factor (MCF) au niveau de l'usine.

6.1. Suivi de la dilution avec le logiciel OREPro 3D

Après le dynamitage, OREPro 3D nous procure des données qui vont être extrait pour la quantification des pertes et des dilutions et pour la détermination du périmètre final de minerais. Ce périmètre est matérialisé par des points et avec leurs coordonnées qui seront transmis aux Topographes et ensuite, ces derniers rendent sur le terrain pour délimiter notre bloc minéralisé.

6.2. Suivi de la dilution avec le Mine Call Factor (MCF)

Le Mine Call Factor (MCF) peut être défini comme un rapport de teneur entre celle déclarée par l'usine de traitement et celle obtenue par la mine (le service géologie). Il peut être considérée comme la dilution réelle de la mine car cette teneur est mesurée au laboratoire. Il est donc plus fiable puisque la dilution déterminée à l'usine est mesurée alors que celle de mine est estimée. L'étude a consisté à voir l'amélioration qu'il y a eu en comparant les résultats d'utilisation de OREPro 3D avec celui des mois précédents avant l'utilisation de ce dernier.

$$\text{MCF (\%)} = \frac{T_{\text{usine}}}{T_{\text{mine}}} * 100$$

Équation 7 : Mine Call Factor

T_{usine} : teneur déclarée à l'usine après traitement du minerais

T_{mine} : teneur obtenue par la mine traitement

7. Evaluation économique

Cette évaluation va consister dans un premier temps, à calculer les tonnages initiaux et ceux perdus, la teneur en or estimée et celle perdue après les interprétations des différents blocs se trouvant dans nos différentes zones dynamitées. Le calcul de dilution se fait par niveau d'excavation (2.5m). Connaissant les teneurs et les tonnages de tous les blocs de minerais rencontrés dans les volées étudiées, nous déterminerons par niveau les variances entre les différents tonnages et teneurs. Pour cela, nous calculerons d'abord par niveau d'excavation la

teneur moyenne pondérée **tmp** et le tonnage total **Tt** initiaux et finaux par ce qui est perdue à travers les formules ci-dessous :

Le principe de calcul

Connaissant les teneurs et les tonnages de tous les blocs de minerai rencontrés dans les volées étudiées, nous déterminerons par niveau les variances entre les différents tonnages et teneurs. Pour cela, nous calculerons d'abord par niveau d'excavation la teneur moyenne pondérée **tmp** et le tonnage total **Tt** initiaux et finaux par ce qui est perdue à travers les formules ci-dessous :

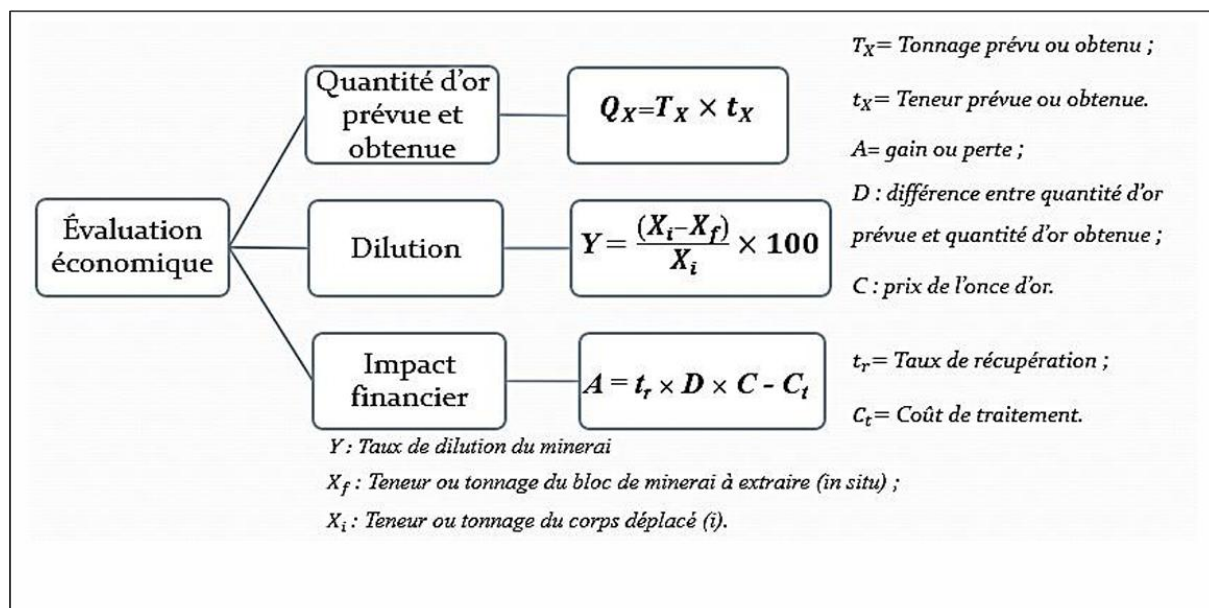


Figure 58 : Principe de calcul de l'évaluation de la perte de minerai et de la dilution

Le prix de l'or a été établi au Dollar américain 2 250 \$/oz ;

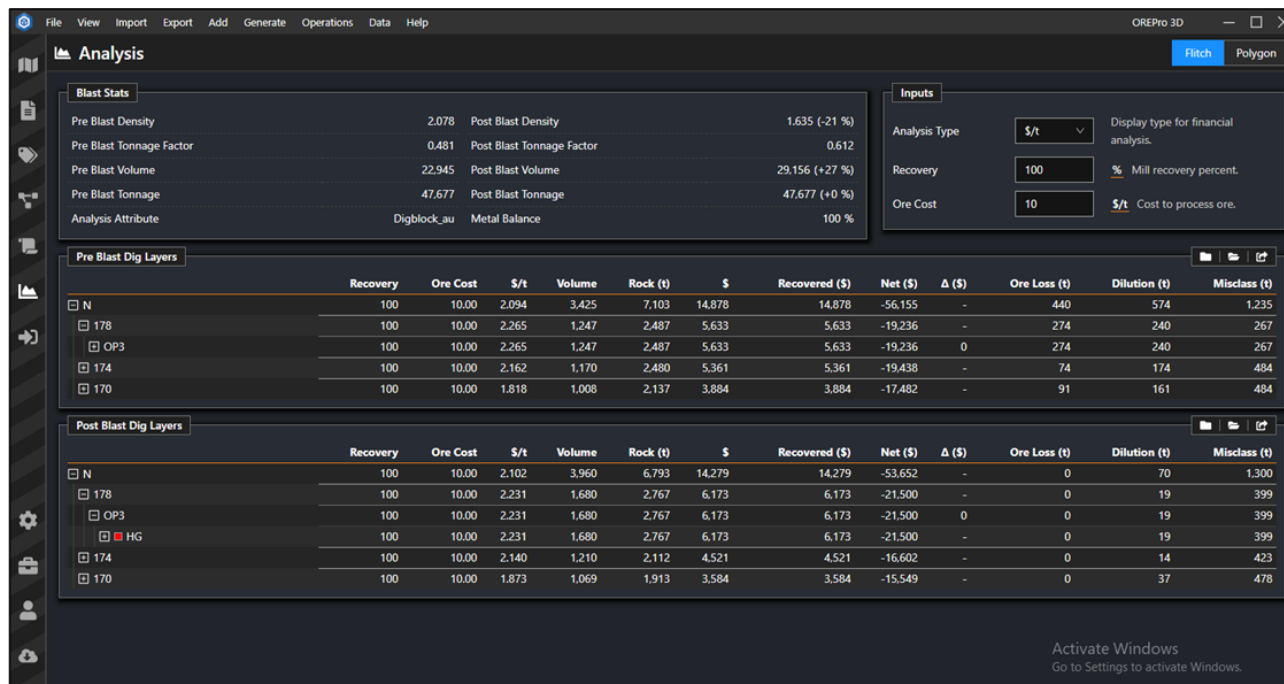
Densité moyenne des roches = 2.72 t / m³, mais la densité utilisée est celle du bloc modèle ;

Taux de récupération = 92 % ;

Coût de Traitement (Process) = 10 \$ / t ;

Pour la période de notre étude, nous considérons : 1oz = 31.1035g

Tableau IV : Calcul de dilution et des pertes engendrées avec OREPro 3D



The screenshot displays the OREPro 3D software interface. The 'Analysis' tab is active, showing 'Blast Stats' and 'Inputs'. The 'Blast Stats' section includes Pre Blast Density (2.078), Pre Blast Tonnage Factor (0.481), Pre Blast Volume (22.945), Pre Blast Tonnage (47.677), and Analysis Attribute (Digblock_au). The 'Inputs' section shows Analysis Type (\$/t), Recovery (100%), and Ore Cost (10 \$/t). Below these are two tables: 'Pre Blast Dig Layers' and 'Post Blast Dig Layers'. Both tables list various layers (N, 178, OP3, 174, 170) with columns for Recovery, Ore Cost, \$/t, Volume, Rock (t), \$, Recovered (\$), Net (\$), Δ (\$), Ore Loss (t), Dilution (t), and Misclass (t).

	Recovery	Ore Cost	\$/t	Volume	Rock (t)	\$	Recovered (\$)	Net (\$)	Δ (\$)	Ore Loss (t)	Dilution (t)	Misclass (t)
N	100	10.00	2.094	3.425	7.103	14.878	14.878	-56.155	-	440	574	1.235
178	100	10.00	2.265	1.247	2.487	5.633	5.633	-19.236	-	274	240	267
OP3	100	10.00	2.265	1.247	2.487	5.633	5.633	-19.236	0	274	240	267
174	100	10.00	2.162	1.170	2.480	5.361	5.361	-19.438	-	74	174	484
170	100	10.00	1.818	1.008	2.137	3.884	3.884	-17.482	-	91	161	484

	Recovery	Ore Cost	\$/t	Volume	Rock (t)	\$	Recovered (\$)	Net (\$)	Δ (\$)	Ore Loss (t)	Dilution (t)	Misclass (t)
N	100	10.00	2.102	3.960	6.793	14.279	14.279	-53.652	-	0	70	1.300
178	100	10.00	2.231	1.680	2.767	6.173	6.173	-21.500	-	0	19	399
OP3	100	10.00	2.231	1.680	2.767	6.173	6.173	-21.500	0	0	19	399
HG	100	10.00	2.231	1.680	2.767	6.173	6.173	-21.500	-	0	19	399
174	100	10.00	2.140	1.210	2.112	4.521	4.521	-16.602	-	0	14	423
170	100	10.00	1.873	1.069	1.913	3.584	3.584	-15.549	-	0	37	478

Le matériel et les méthodes techniques décrites dans le chapitre précédent nous ont permis de recueillir des données pertinentes. À présent, dans le Chapitre III, nous allons explorer et analyser les résultats obtenus. Une attention particulière sera portée à leur interprétation, afin d'en tirer des conclusions utiles et de formuler des recommandations concrètes en lien avec les objectifs de l'étude.



CHAPITRE III :

RESULTATS, INTERPRETATIONS ET RECOMMANDATIONS

I. RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS

Dans cette étude, nous avons pris des tirs du stage **1, 3 et 5** qui sont concentrés plus en minerai afin de mieux évaluer la dilution du minerai. Ces tirs partent depuis le mois de **Avril à Juillet**, soit **04 mois** correspondant à moins **35 tirs** enregistrés dans la fosse de Bonikro.

1. Résultats de l'étude des caractéristiques géotechnique et le choix de l'explosif

1.1. Etude de l'adaptabilité de l'explosif à la roche

Les paramètres de la roche et de l'explosif pour le calcul des rapports d'impédance (Z) (Equation 4) à la mine d'or de Bonikro sont consignés dans les tableaux ci-dessous :

Récapitulatif des caractéristiques mécaniques et des mesures physiques de la roche

Tableau V : Les caractéristiques mécaniques et physiques de la roche dans la fosse de Bonikro
(Source : Service Géotechnique et Géologie)

Fosse	Minerai Mafique (Bonikro Pit)
Densité de la roche (T/m ³)	2.72
Module de Young (GPa)	70
Coefficient de Poisson	0.1
Vitesse de propagation (m/s)	5 000

L'analyse de ces données nous indique donc que la roche exploitée à la mine d'or de Bonikro est une roche est dure. Cependant, il y a de probables difficultés d'abattage. Ces propriétés mécaniques et physiques vont donc nous servir à adapter les explosifs et le plan de tir au massif rocheux.

✚ Récapitulatif des caractéristiques des explosifs de EPC

Tableau VI : Caractéristiques des produits explosifs utilisés à Bonikro (Source : EPC GROUPE)

Explosifs	Densité	CSM (cm)	VOD (m/s)	Energie théorique mesurée (Mj/Kg)	Résistance à la compression (Bars)	Observation
Blendex 70/30	1.22 (±0.07)	0	4 900 (±600)	3	3	Utilisation possible en présence d'eau
Booster	1.36	-	≥ 6 500	NC	NC	Très bonne résistance à eau
Nitram (Enaline)	1.2 (±0.06)	4	5 500 (±500)	3.36	2.5	Très bonne résistance à eau

✚ Calcul des rapports d'impédance entre le massif rocheux de Bonikro et les explosifs de EPC

Le tableau ci-dessous résume les rapports d'impédances pour différents types d'explosifs pour le massif rocheux de Bonikro.

Tableau VII : Calcul du rapport d'impédance (Z) pour différents explosifs

Explosifs	Blendex 70/ 30	Booster	Nitram (Enaline)
Mineral Mafique (Bonikro Pit)	0.44 (±0.003)	0.65	0.48 (±0.002)

On remarque que les valeurs du rapport d'impédance Z sont comprises entre **0,4** et **0,7**. Ces valeurs prouvent que les explosifs utilisés dans les fosses à Bonikro sont adaptés au massif rocheux.

1.2. Transmission de l'énergie dans massif rocheux

Le tableau suivant montre le calcul du rapport d'énergies lors du dynamitage du massif rocheux

Tableau VIII : Rapport de transmissivité par rapport à l'énergie incidente

Explosifs	Blendex 70/ 30	Booster	Nitram (Enaline)
Minerai Mafique (Bonikro Pit)	0.85 (± 0.012)	0.95	0.88 (± 0.008)

Le calcul du rapport de transmission d'énergie (**E_{tr}**) par rapport à l'énergie incidente (**E_i**) montre une adéquation significative avec le massif rocheux de Bonikro. En effet, selon le manuel du Boutefeu (EPC France), un explosif est bon si le rapport de l'énergie transmise par rapport à l'énergie incidente est supérieur ou égal à **0,75**, soit la transmission supérieure à **0,75 E_i**. Dans notre cas, les rapports obtenus sont, au minimum, égaux à **0,84**. Ainsi, pouvons-nous affirmer que le **Blendex 70/30**, les **Boosters**, les **Nitram (Enaline)** sont adaptés aux roches de la fosse de Bonikro. Nous pouvons ainsi dire qu'au moins **84%** de l'énergie est transmise au massif rocheux. Cela va donc donner un mouvement acceptable du matériau si les trous de mines sont conformément positionnés et planifiés.

2. Résultats du contrôle qualité et assurance des activités de forage et de dynamitage

Les résultats du QAQC des activités de forage et de dynamitage sont donnés dans le tableau KPI (Key Performance Indicator : Indicateur clé de performance) par volée avec les performances appropriées aux tirs. Nous avons fait l'étude de trente-cinq (**35**) volées et ont permis de montrer les limites des opérations de forage et de dynamitage effectuées sur le terrain. Nous étudierons les tirs par zone (stage) dans la fosse de Bonikro. A partir des résultats des écarts calculés après chaque tir, nous avons obtenus les résultats suivants



Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau IX : Récapitulatif du contrôle qualité et de l'assurance qualité des activités de forage et de dynamitage

Volée de Tir	Nombre de Trous	Implantation	Ecart Relatif Moyen de Positionnement des Trous	Profondeurs Acceptable après Correction	Quantités d'Explosifs Injectées	Volume Obtenu	Densité	Hauteurs de Bourrage	Facteur de Poudre Planifié	Facteur de Poudre Obtenu	Coût Planifié	Coût Obtenu
Bon_-20_db_007_stg1	312	60-85 %	0,17	72%	26319 Kg	25445,45	1,14	56%	0,98	1,03	48 118 801,40 CFA	41 995 141,00 CFA
Bon_-50_db_301p1_stg1	117	80-90 %	0,14	74%	10614 Kg	8615,15	1,11	70%	1,04	1,23	17 857 965,20 CFA	16 057 812,00 CFA
Bon_150_db_007_stg5	369	85-96 %	0,12	72%	29149 Kg	29278,3	1,13	54%	0,97	0,75	47 029 552,85 CFA	51 768 288,00 CFA
Bon_-20_db_301p1_stg1	88	48-87 %	0,18	60%	8478 Kg	8260,4	1,12	76%	0,99	1,03	17 315 761,08 CFA	12 977 380,00 CFA
Bon_-20_db_303_stg1	93	44-86 %	0,21	81%	8697 Kg	7405,65	1,12	57%	0,86	1,17	14 599 267,84 CFA	13 041 549,00 CFA
Bon_-20_db_301p2_stg1	96	30-65 %	0,3	72%	8645 Kg	7220,9	1,15	90%	1,14	1,20	14 849 070,99 CFA	14 400 158,00 CFA
Bon_-20_db_008_stg1	120	35-80 %	0,27	68%	7537 Kg	4811,982	1,11	59%	0,73	1,25	8 586 881,73 CFA	13 504 817,00 CFA
Bon_-30_db_006_stg1	262	38-82 %	0,27	85%	25047 Kg	25877,6	1,16	64%	0,83	0,97	44 646 972,52 CFA	39 763 707,20 CFA
Bon_140_db_001_stg5	301	78-87 %	0,13	82%	30650 Kg	31938,65	1,15	86%	0,97	0,96	51 819 891,83 CFA	47 632 227,00 CFA
Bon_-30_db_007_stg1	173	81-94 %	0,14	73%	13791 Kg	14231,1	1,13	80%	0,97	0,97	25 766 630,34 CFA	22 178 579,00 CFA
Bon_-30_db_501_stg1	224	83-91 %	0,13	74%	18192 Kg	17180,1	1,14	63%	1,13	1,06	31 296 321,00 CFA	35 844 131,42 CFA
Bon_140_db_002_stage5	241	65-86 %	0,16	79%	23093 Kg	22726,1	1,14	78%	0,92	1,02	36 764 509,00 CFA	41 190 109,95 CFA
bon_-30_db_008_807_stg1	225	32-78 %	0,29	71%	11633 Kg	9547,818	1,14	63%	0,74	1,04	24 804 702,00 CFA	16 759 755,55 CFA
Bon_-40_db_005_stg1	265	42-86 %	0,2	82%	27457 Kg	28078,05	1,15	66%	0,83	0,94	44 039 424,00 CFA	45 145 436,93 CFA
Bon_-40_db_006_stg1	242	45-89 %	0,2	80%	23822 Kg	26161,275	1,15	41%	0,63	0,87	38 064 493,00 CFA	38 300 536,18 CFA
Bon_-30_db_303_stg1	103	31-67 %	0,31	73%	9818 Kg	10265,4	1,17	62%	1,03	0,96	16 770 346,00 CFA	17 297 146,77 CFA
Bon_-35_db_001_stg1	202	45-87 %	0,21	88%	8273 Kg	10165,45	1,17	89%	0,64	0,81	17 240 594,00 CFA	13 406 052,40 CFA
Bon_-50_db_301p2_stg1	133	40-84 %	0,23	77%	9346 Kg	8769,55	1,16	58%	1,09	1,07	19 042 372,00 CFA	14 670 421,30 CFA
Bon_135_db_001_stg5	365	70-90 %	0,15	78%	16025 Kg	16591,8	1,16	78%	0,94	0,94	34 974 175,00 CFA	42 021 324,16 CFA
Bon_110_db_006_stg3	332	78-89 %	0,14	80%	31811 Kg	31919,1	1,16	62%	0,92	1,00	51 468 914,00 CFA	57 130 877,59 CFA
Bon_100_db_004_stg3	264	72-87 %	0,15	64%	24034 Kg	28358,4	1,15	64%	0,62	0,84	34 220 840,00 CFA	45 265 868,93 CFA
Bon_-40_db_501_802_stg1	115	34-70 %	0,3	58%	6015 Kg	6161,75	1,14	63%	0,9	0,89	12 233 511,00 CFA	15 738 543,05 CFA
Bon_150_db_009_stg5	306	64-84 %	0,17	81%	16931 Kg	16589,4	1,14	59%	0,88	0,97	32 372 188,00 CFA	43 125 736,09 CFA
Bon_-40_db_302_501p2_stg1	352	30-66 %	0,32	68%	32018 Kg	32924,464	1,13	52%	0,92	0,97	54 036 071,40 CFA	54 742 094,54 CFA
Bon_-60_db_001_stg1	207	33-77 %	0,28	68%	18259 Kg	17816,4	1,15	67%	0,86	1,02	27 748 980,00 CFA	32 915 537,02 CFA
Bon_-60_db_002_801_stg1	159	66-87 %	0,17	87%	17778 Kg	16402,4	1,14	69%	0,88	1,08	26 670 810,00 CFA	27 573 908,92 CFA
Bon_-60_db_002_801p2_stg1	103	43-83 %	0,2	67%	8452 Kg	8878,8	1,12	60%	0,89	0,95	14 178 484,00 CFA	15 696 131,09 CFA
Bon_-50_db_004p2_stg1	140	67-89 %	0,16	74%	13693 Kg	16141,65	1,15	79%	0,83	0,85	21 971 712,00 CFA	24 767 747,34 CFA
Bon_-50_db_302_stg1	297	42-78 %	0,22	88%	26721 Kg	27330,85	1,16	59%	0,99	0,98	44 766 532,00 CFA	45 454 634,87 CFA
Bon_-50_db_005_stg1	234	33-69 %	0,29	75%	20257 Kg	21578,05	1,12	78%	1,03	0,94	33 032 506,00 CFA	39 330 464,73 CFA
Bon_-50_db_501_stg1	146	62-89 %	0,17	70%	11401 Kg	13388,925	1,17	74%	0,83	0,81	19 409 583,80 CFA	21 114 459,78 CFA
Bon_100_db_007_stg3	358	61-88 %	0,17	73%	37038 Kg	37087,8	1,15	60%	0,87	1,00	58 262 085,00 CFA	61 164 322,07 CFA
Bon_-60_db_003_802p2_stg1	217	81-88 %	0,13	76%	21084 Kg	20697,525	1,13	83%	0,97	1,02	33 818 817,00 CFA	33 834 067,81 CFA
Bon_-60_db_501_stg1	168	83-91 %	0,14	44%	14453 Kg	14585,025	1,15	52%	0,84	0,98	22 883 011,00 CFA	27 194 040,00 CFA
Bon_-60_db_501p2_stg1	40	69-89 %	0,15	80%	1430 Kg	1992,675	1,16	100%	0,86	0,71	3 410 581,00 CFA	6 677 088,17 CFA



2.1. Implantation et Opération de foration

2.1.1. Implantation des trous à forer

Les résultats obtenus à ce niveau montrent que les opérations d'implantation sont plus ou moins bien effectuées dans l'ensemble avec une moyenne de déviation de **20cm**. Cela pourrait impacter la maille et modifier notre contour (isochrone) du plan de tir sur le terrain. Une fois cet isochrone modifié, nous n'aurons plus exactement le mouvement prédéfini. En effet pour l'implantation des trous, les appareils utilisés sont des GPS différentiels avec une précision de l'ordre de 1 cm. Le personnel topographe sera donc appelé à être plus rigoureux sur le terrain. Le problème de déviation est peut-être aussi causé par le personnel foreur même quand l'implantation est bien faite.

Le graphe ci-dessous illustre les écarts concernant l'implantation des trous.

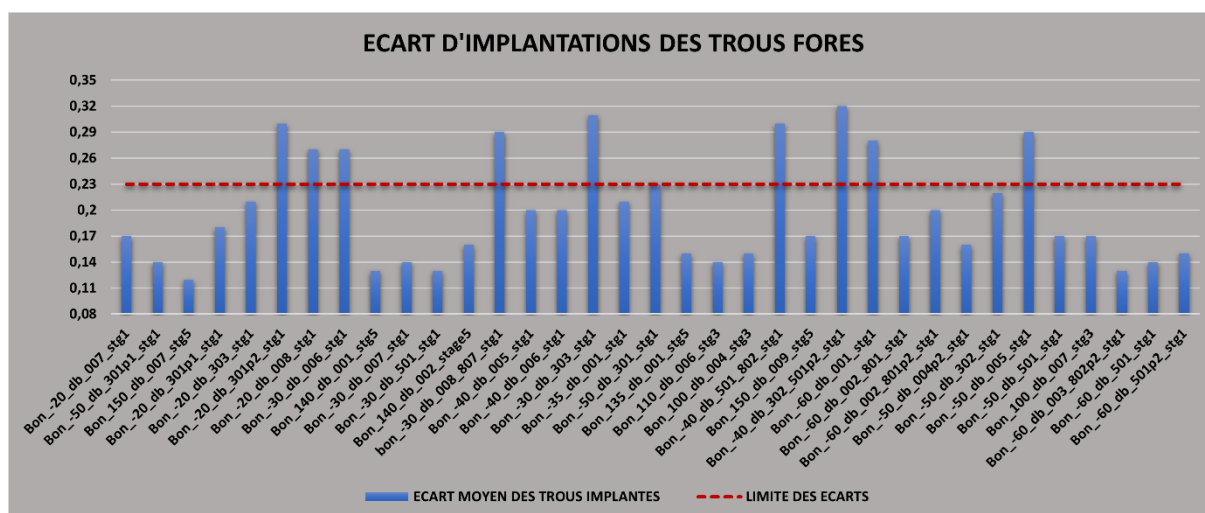


Figure 59 : Evaluation des écarts d'implantation des trous forés

2.1.2. Opérations de foration

Après analyse, il est ressorti que dans la majorité des cas (tant au niveau du positionnement des trous et des profondeurs forées), les ICP n'ont été atteints qu'à **74%** en moyenne, traduisant ainsi une réalisation relativement acceptable des activités de forage sur l'ensemble des **35 tirs** étudiés.

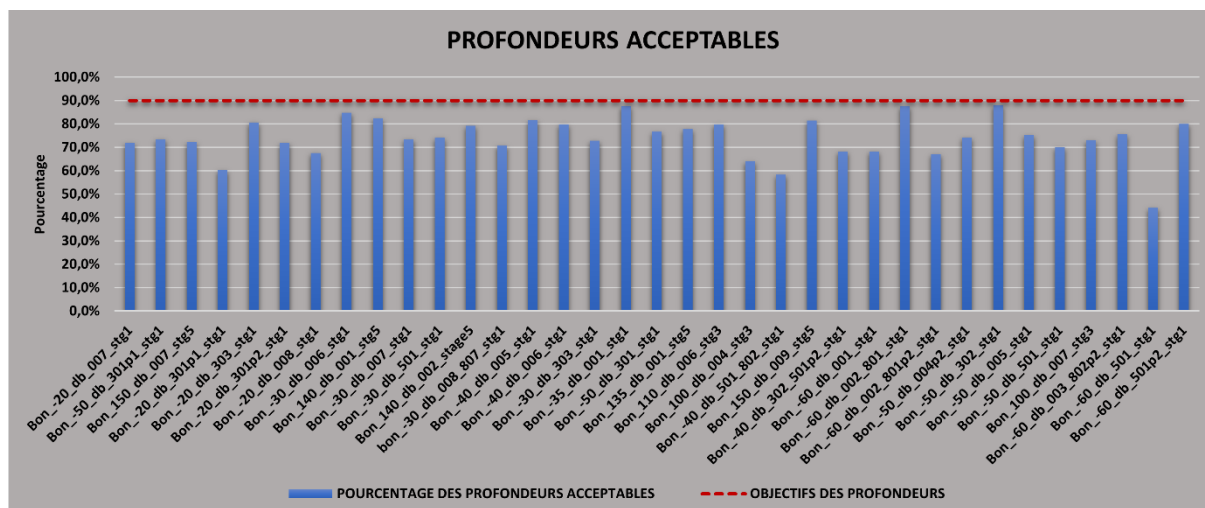


Figure 60 : Evaluation des profondeurs

Les causes majeures de ces insuffisances sont la géologie de la zone, la présence d'anciens trous béants de contrôle de teneur, le mauvais état du carreau de mine après minage et la présence d'eau, ... Le matériau étant très abrasif au niveau des roches mafiques, les trous sont très déviés à cet endroit.

Le plan géologique

Les formations géologiques présentent des schistosités de fractures très prononcées, c'est un couloir de cisaillement, alors les déviations au niveau de la foration seront grandes, ce qui explique les écarts de foration à ce niveau. L'instabilité des parois du trou et la présence d'eau, sont des causes inhérentes alors l'utilisation des tuyaux PVC est recommandée à ces endroits. Dans certaines formations géologiques étant orientées et moins abrasif, les déviations sont minimales, celles si présentent aussi des plans de schistosité.

L'état du carreau de mine

Après l'opération de minage du matériau fragmenté, le géologue doit s'assurer du respect du niveau du carreaux. Car quand le carreau n'est pas régulier les déviations sont toujours prononcées, car les foreuses ont du mal à se positionner, les topographes auront des difficultés à marquer les points. En effet, après avoir fini de miner le matériau fragmenté, si l'on doit à nouveau faire un tir à ce niveau le minage du matériau doit se faire de sorte à niveler la nouvelle volée pour faciliter la circulation des engins et la foration. Raison pour laquelle il y a toujours

un topographe qui suit le processus de minage, mais ce processus est bon lorsque le matériau est bien fragmenté et les engins sont aux points.

2.2. Opérations de chargement

2.2.1. Chargement à l'explosif

Les opérations de chargement à l'explosif sont conditionnées par les trous réellement forés et les profondeurs initiales des trous puisque ce sont ces éléments qui définissent le plan de chargement. On constate qu'après foration, il y a des écarts de profondeur et de trous. Cela résulte des écarts observés entre quantité planifiée et quantité réalisée sur le terrain. Cela constitue donc le premier facteur des écarts de quantité d'explosif (Blendex 70/30). Le deuxième facteur est l'état de fracturation de la roche et les anciens trous de Grade Control (contrôle de teneur). Pour ce faire, lors du chargement, l'explosif a tendance à s'infiltrer dans les fractures. On utilise alors plus d'explosif que prévu (Top Up) en vue d'atteindre la hauteur de bourrage. En ce qui concerne les anciens trous de GC, force est de constater que ces trous présentent de gros diamètres et donc inclinés et l'intersection de ces trous avec nos trous de foration occasionnera une très grande fuite d'explosif, ce qui augmentera le Powder Factor (facteur de poudre) inutilement. Il est donc recommandé de fermer ces trous après les opérations de contrôle de teneur, mais le constat est tout autre.

Les figures ci-après donne les illustrations sur la quantité d'explosif planifiée vs obtenue et le volume planifié vs obtenu qui donneront suite au PF planifié vs observé.

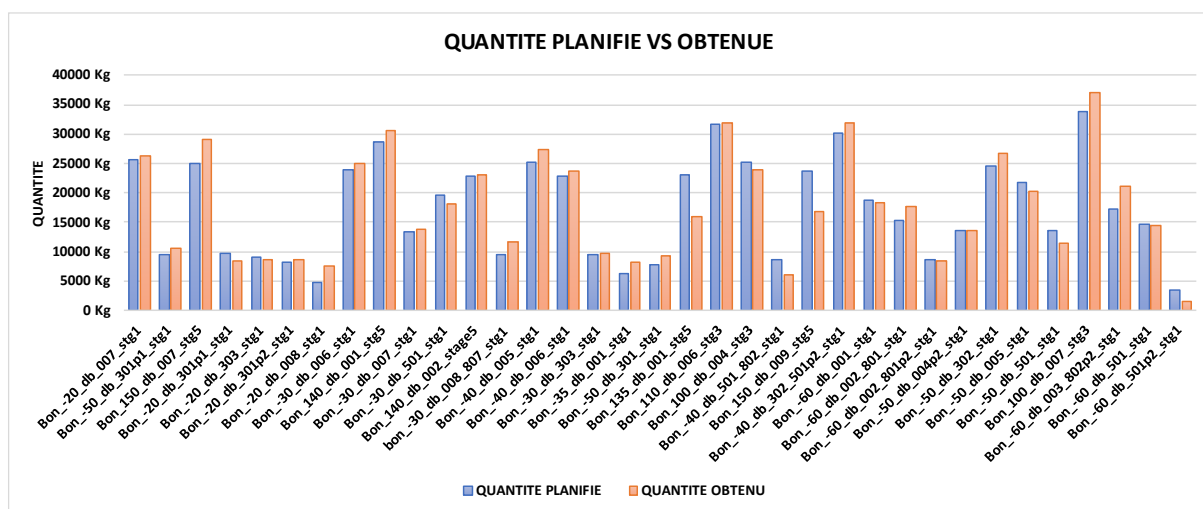


Figure 61 : Comparaison de la quantité planifiée et obtenue

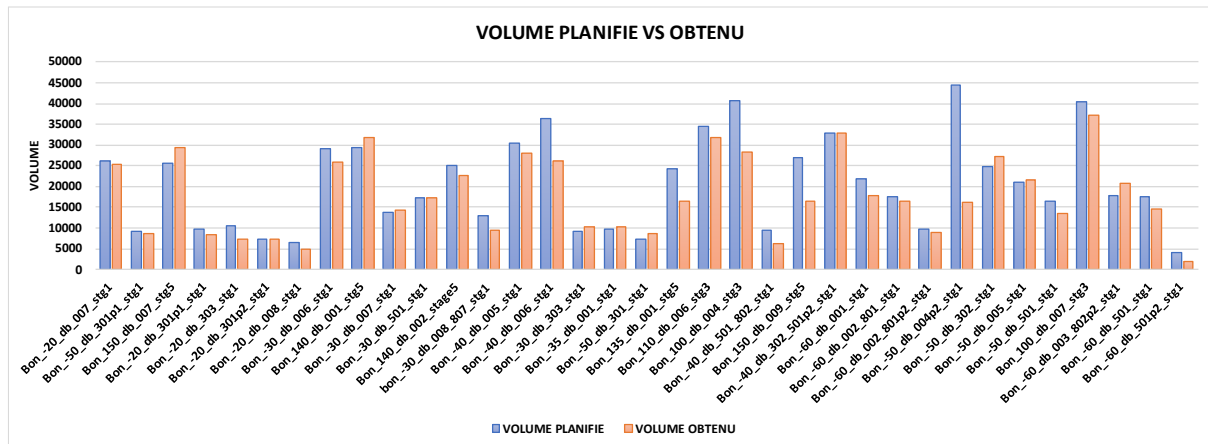


Figure 62 : Comparaison du volume planifié et obtenu

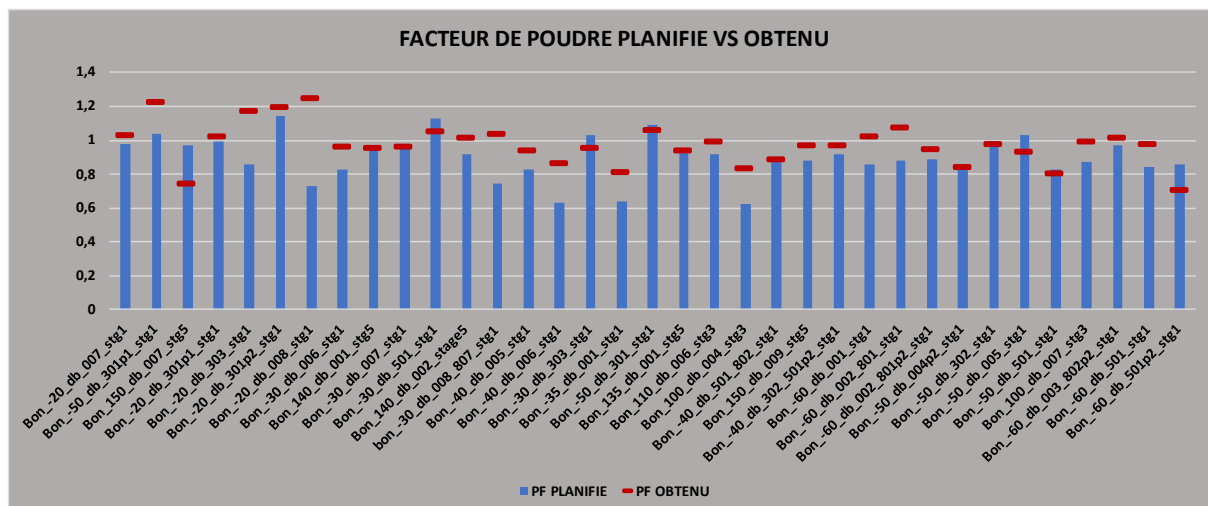


Figure 63 : Evaluation du facteur de poudre

2.2.2. Densité de l'explosif

La densité d'un explosif conditionne toutes ses autres propriétés. L'accroissement de la densité s'accompagne d'un accroissement de la vitesse de détonation, donc des effets destructeurs de l'explosif. Néanmoins, il existe pour certains produits une densité critique au-delà de laquelle le produit ne détone plus. C'est le cas des émulsions. Cette densité critique peut être atteinte :

- De façon dynamique, si les explosifs sont comprimés par le passage d'une onde de choc engendrée par la détonation d'explosifs dans les trous voisins d'une même rangée ;
- De façon statique, lorsque l'on mine avec une grande hauteur d'eau dans le forage ou en profondeur sous une grande quantité d'eau. La pression exercée sur l'explosif augmente sa densité.

On parle alors de désensibilisation du produit. Celle-ci peut être réversible ou irréversible. La densité de l'explosif joue un rôle déterminant lors des opérations de dynamitage. Au cours du chargement des trous de mine, l'étude de la densité de l'explosif (émulsion 70/30) a permis de révéler la figure suivante.

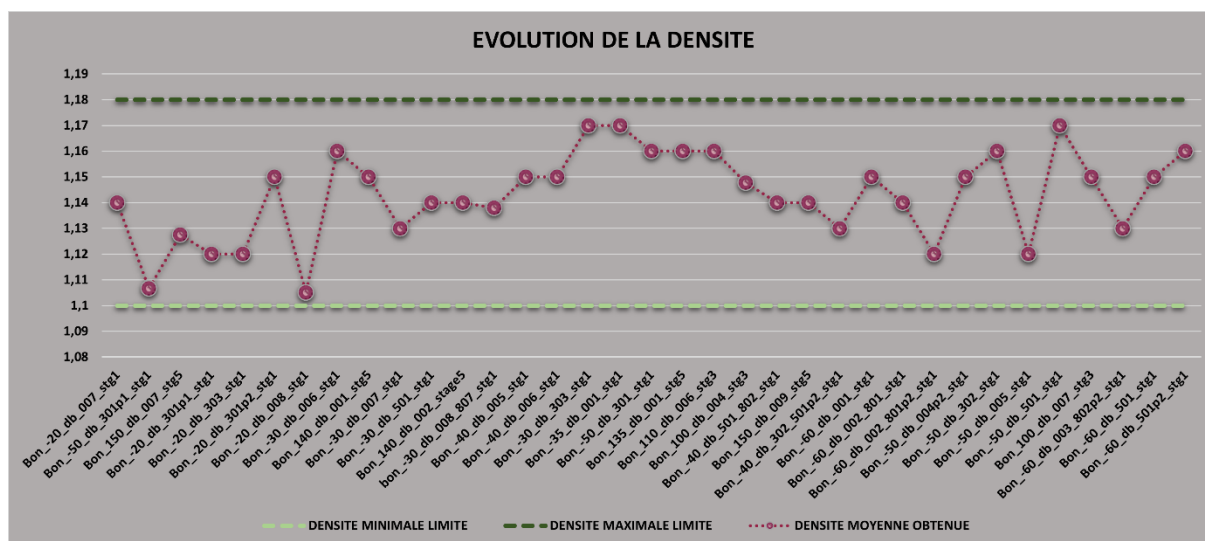


Figure 64 : Evolution de la densité de l'explosif lors du chargement des trous

Nous remarquons que la densité au niveau de notre produit n'est pas uniforme sur toutes les volées. Mais globalement, elle varie à peine de 1% en moyenne. Cette variation peut être due au calibrage de UMFE et aussi au temps de chargement.

Pour l'amélioration de la qualité du Blendex 70/30 utilisé, un regard sur la proportion des différents éléments constitutifs de l'émulsion (Matrice : 70% ; AN : 29% ; Additifs : 1%) nous donnera de bons résultats.

Plus la densité tend vers la valeur standard (1.15), plus cela permet de s'assurer qu'effectivement au bout de 30 minutes, le produit baisse en densité en gagnant du volume. Ce qui traduit un bon dosage au niveau de l'unité mobile de fabrication d'explosif (UMFE).

2.2.3. Hauteurs de bourrage

Le bourrage a pour objectif de diminuer les projections et d'améliorer l'effet de gaz des explosifs. Il doit être suffisant pour éviter le travail "en cratère" de charge. En général, il dépend de la maille et du diamètre des trous.

En ce qui concerne les hauteurs de bourrage, les KPIs ont été pour tous les tirs atteints, car la quantité d'explosif était toujours augmenter afin d'atteindre la hauteur de la colonne de charge. En fait la hauteur de bourrage, vu son importance dans le caractère qualitatif et sécuritaire du tir, est rigoureusement suivie. Mais étant donné que les parois des trous sont instables, les trous après avoir été chargés peuvent se retrouver bouchés. Il n'y a donc pas d'autres alternatives que de les bourrer à des hauteurs de bourrage inférieures à la hauteur exigée. Par ailleurs, pour les tirs où les KPIs n'ont pas été atteints, cela est principalement dû à la mauvaise qualité du trou, qui prend une quantité exagérée d'explosif sans toutefois donner la hauteur de bourrage escomptée. Les raisons sont énormes et la principale est la fracturation de la zone. Il est donc conseillé d'utiliser des gaines pour les zones très fracturées et des PVC pour les zones présentant assez d'eau.

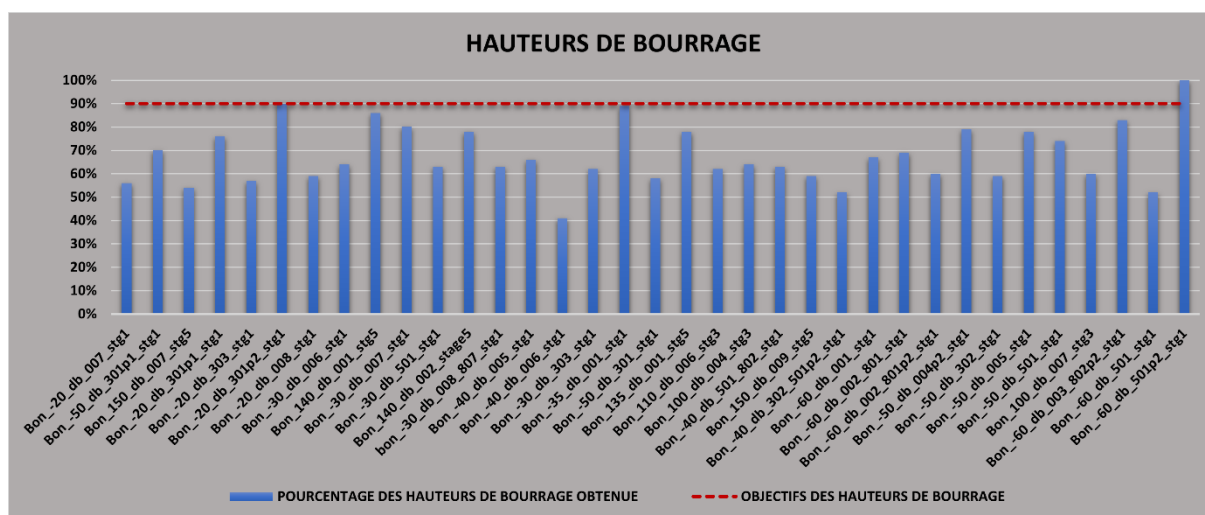


Figure 65 : Evaluation des hauteurs de bourrage

La qualité de cette étude de mouvement dépend de ces opérations de QA-QC et nous pouvons dire que ces travaux ont été suivis en moyenne et que les résultats attendus devraient plus ou moins s'aligner sur les éléments planifiés avec une marge de tolérance.

2.2.4. Inclinaison des trous

Malheureusement par manque d'outils adéquats pour mesurer le pendage effectif des trous de mine, cette étude est difficile à réaliser. Mais ces récents travaux ont montré que lorsque cet angle n'est pas respecté, la maille est bien souvent ratée et modifiée par la suite la répartition de l'énergie de part et d'autre dans le rayon d'influence du trou. Cela peut donc avoir un impact sur la fragmentation en premier et sur le mouvement d'ensemble du matériau dynamité. Le phénomène est plus remarqué en bordure d'anciennes volées dynamitées-communément appelées « Edge ».

2.3. Coûts des opérations de forage et de dynamitage

Les résultats obtenus à ce niveau montrent que les coûts des opérations de forage et de dynamitage qui ont été planifiés durant les 35 Tirs sont de **29 830 639 CFA** en moyenne et de **31 133 632 CFA** en moyenne pour les coûts réellement effectués des opérations forage et de dynamitage avec une variance de **4%**.

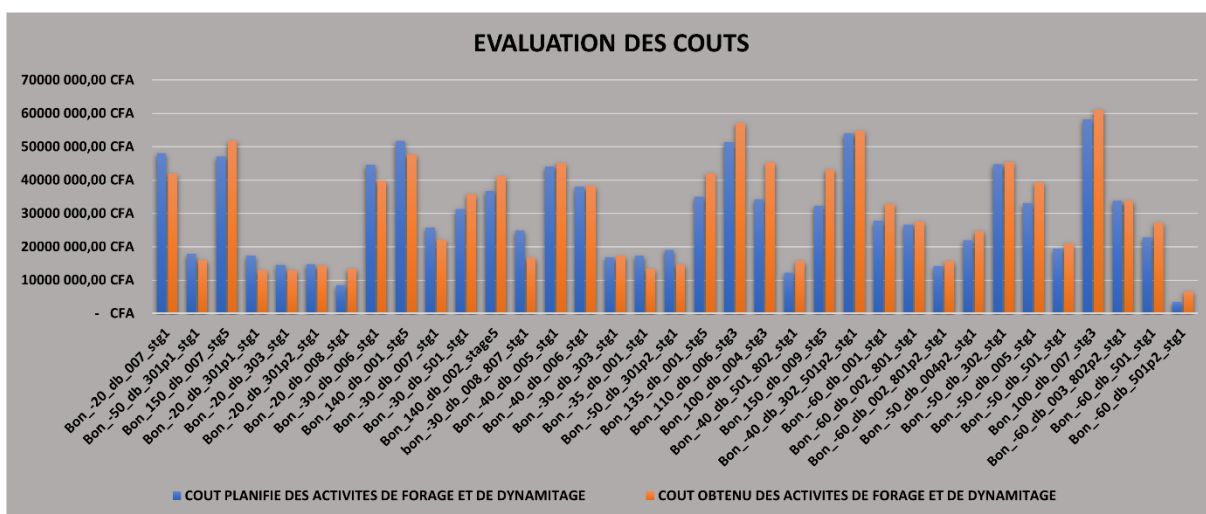


Figure 66 : Evaluation des coûts planifiés et réalisés lors des opérations de forage et de dynamitage

3. Résultats de l'étude du mouvement du minéral par analyse statistique de Bravais-Pearson

Les données ayant servi au contrôle statistique du mouvement ont été fournies par le logiciel OREProTM3D et les topographes. Ces graphes ci-dessous montrent l'intensité de corrélations entre les paramètres de tirs et les vecteurs de déplacement dans la fosse de Bonikro. L'étude s'est faite sur les paramètres susceptibles d'impacter le plus le mouvement du minéral.

3.1. Corrélation entre distance verticale, distance oblique et distance horizontale par rapport à la charge spécifique

Dans cette étude, les charges spécifiques utilisés sont celles obtenues réellement sur le terrain.

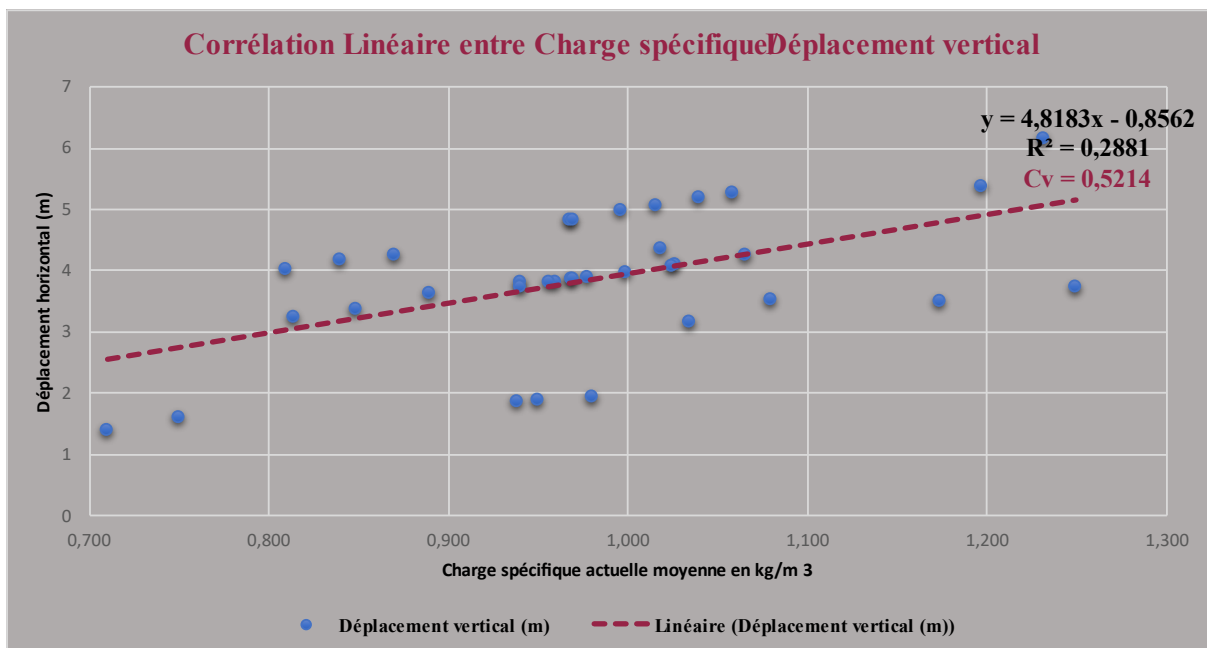


Figure 67 : Corrélation linéaire entre la charge spécifique et le déplacement vertical

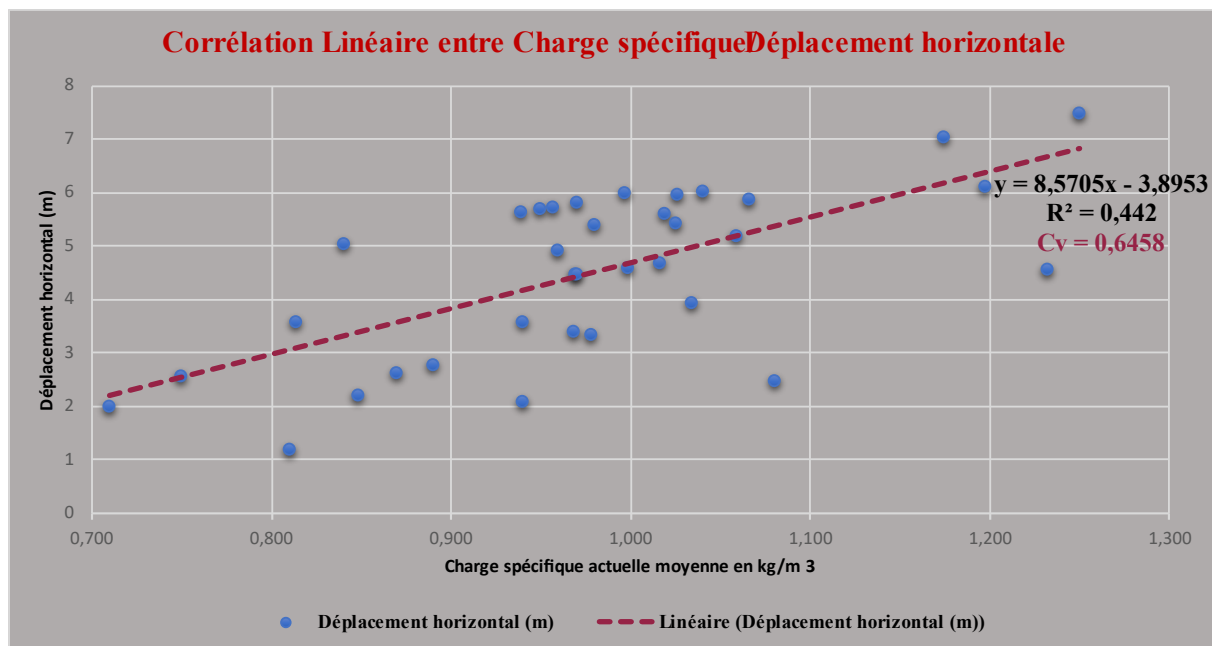


Figure 68 : Corrélation linéaire entre la charge spécifique et le déplacement horizontal

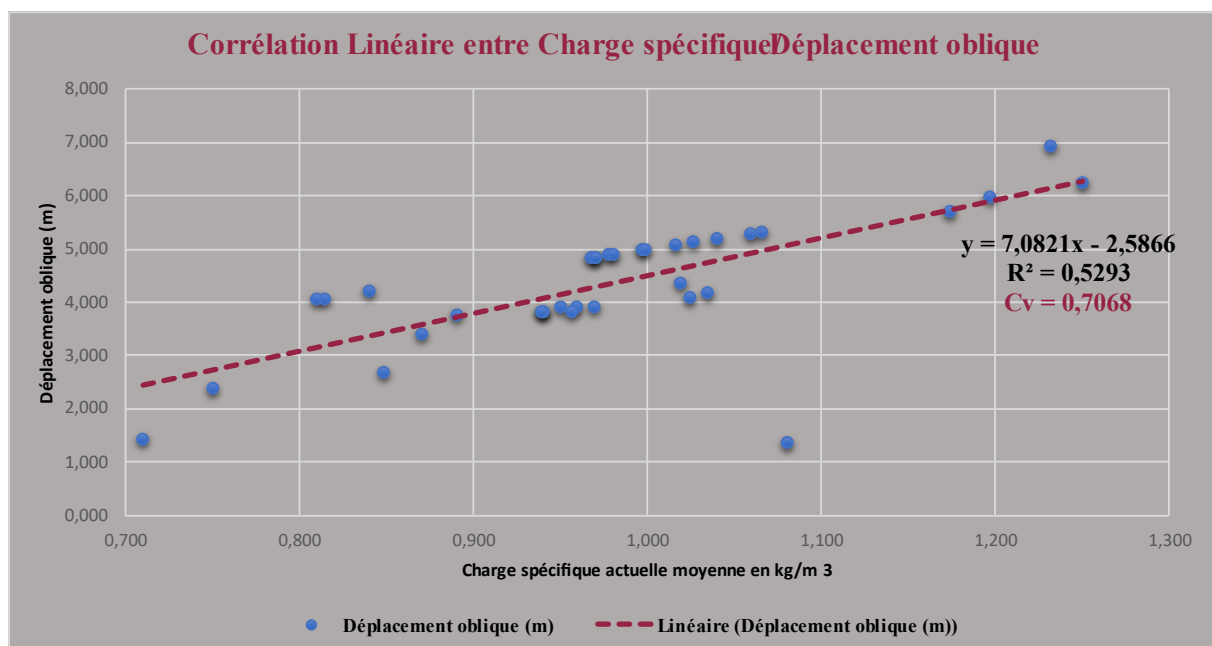


Figure 69 : Corrélation linéaire entre la charge spécifique et le déplacement oblique

Dans la fosse de Bonikro, les coefficients de corrélation de Bravais-Pearson (C_v) de toutes les distances de déplacements par rapport à la charge spécifique sont tous supérieurs à 0,5. Ce qui

traduit une bonne corrélation linéaire entre les déplacements (vertical, horizontal et oblique) et la charge spécifique. Dans ce type de matériau étant massif, la charge spécifique influence plus le déplacement du minéral. C'est donc un paramètre nécessaire pour gérer le déplacement du matériau dans cette fosse.

Cette figure ci-dessous résume le lien entre les distances de déplacements et la charge spécifique dans la fosse de Bonikro.

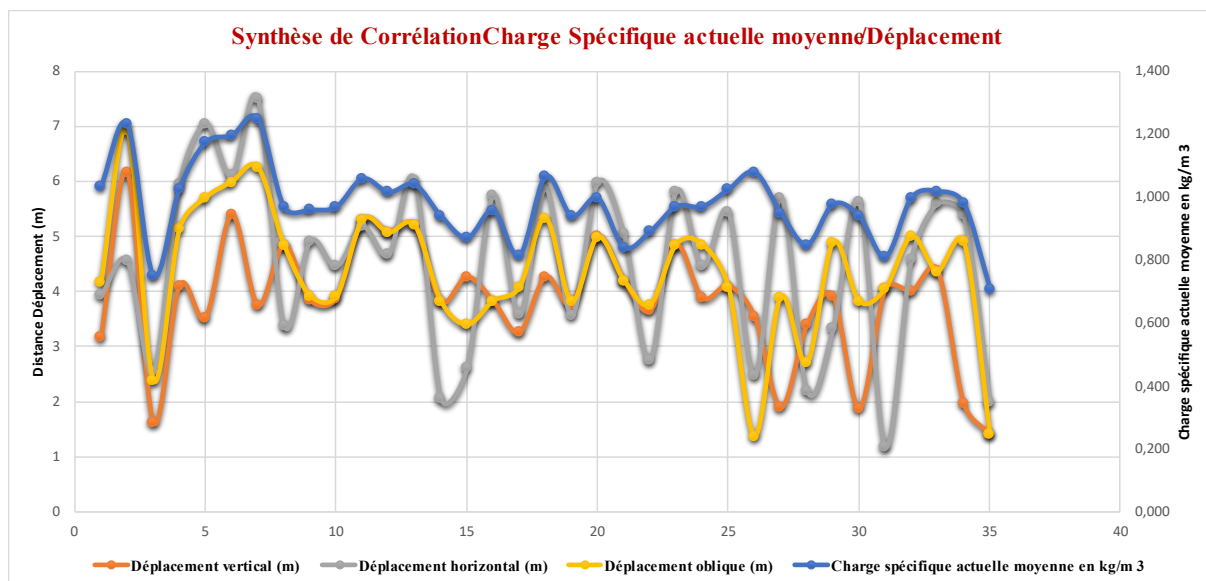


Figure 70 : Synthèse des distances de déplacement avec la charge spécifique

Les figures ci-dessus montrent que le déplacement horizontal est plus élevé par rapport au déplacement vertical. Ensuite, le déplacement oblique est plus élevé que le déplacement horizontal.

Par ailleurs, il existe une bonne corrélation (coeff. de corrélation supérieur à 0,5) entre le déplacement horizontal et le déplacement oblique dans la fosse de Bonikro. Dans cette étude, le déplacement oblique évolue inversement avec le déplacement horizontal. Selon les critères de sélection, plus le mouvement se fait dans le sens oblique, cela crée assez d'erreur de classification suivi de perte de minéral, même si la dilution est relativement moyenne. Le déplacement vertical occasionne à son tour assez de dilution contrairement aux autres composantes. Le déplacement horizontal traduit l'existence de bonnes faces libres pour le dégagement du matériau.

Suite à cette analyse, nous pouvons dire que la charge spécifique évolue avec les distances de déplacements dans le massif rocheux donc elle est liée aux déplacements des matériaux. Les facteurs pouvant expliquer cela peuvent être nombreux. Néanmoins nous avons la présence d'une homogénéité du massif rocheux qui induit un déplacement.



Figure 71 : L'état du mur de Bonikro

3.2. Distance moyenne de déplacement du matériau selon les différents types de séquences

A la mine de Bonikro la maille dans le minéral est de 3x3,5 avec un bit de 115. Le plan de tir se fait avec une ligne de contrôle comportant principalement des 65ms.

Comme l'indique la figure ci-dessous, la distance de déplacement est plus prononcée dans la séquence en *center lift* avec une moyenne de distance oblique de 4,98m, de distance moyenne horizontale de 5,98m et de distance moyenne verticale de 4,99m. Ensuite vient la séquence en *V* avec une moyenne de 4,069m de déplacement oblique, de 3,58m de déplacement moyen horizontal et 3,25m en moyenne pour le plan vertical. Et enfin, la séquence en *échelon* où le

déplacement du matériau est moins prononcé en moyenne, on dénote 3,759m de déplacement oblique, 2,649m de déplacement horizontal et 2,98m de déplacement moyen vertical.

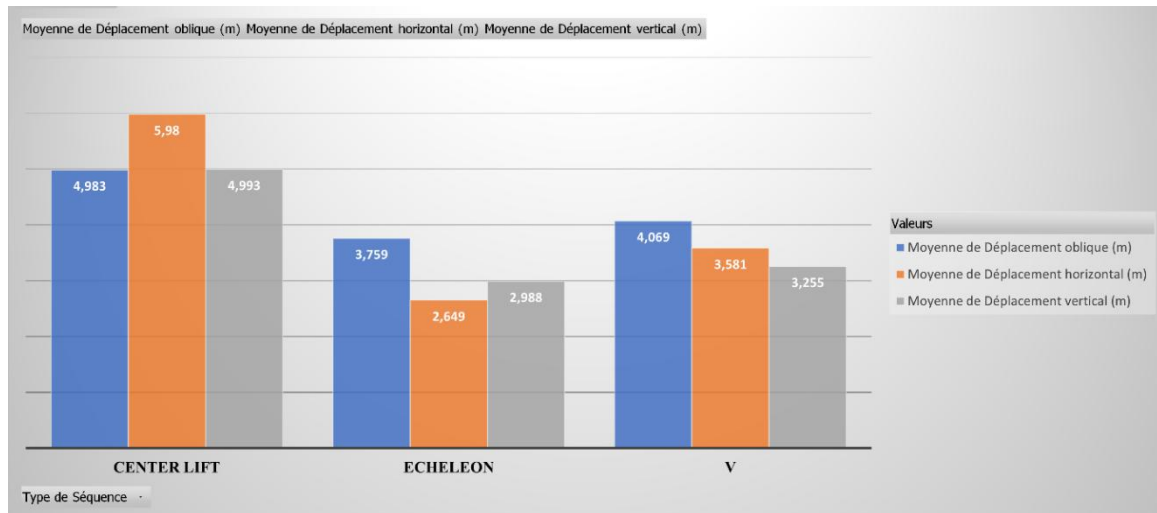


Figure 72 : Histogramme de distance moyenne de déplacement par type de séquence

Ce schéma montre la distance moyenne de déplacement du matériau selon les types de séquence et il faut noter que les types de séquence influence de mouvement du minéral, en effet c'est elle qui oriente le déplacement des matériaux.

4. Résultats de la quantification de la dilution et évaluations économiques de pertes de minéral

Avant les tirs à l'explosifs un tonnage est planifié chaque semaine avec la sélection de plusieurs volées de tirs afin d'atteindre l'objectifs du mois fixé. Les performances mensuelles montrent des fluctuations notables. En avril, l'objectif de récupération de 216,264 tonnes n'a pas été atteint avec un déficit de -6,942 tonnes (-3%), probablement dû à des contraintes opérationnelles diverses. En mai, une surperformance de +7,071 tonnes (+2%) a été enregistrée, indiquant une amélioration des processus. En juin, l'objectif était presque atteint avec un léger déficit de -1,703 tonnes (-1%), témoignant d'une performance stable mais perfectible. Enfin, en juillet, une surperformance significative de +18,869 tonnes (+7%) reflète une optimisation notable des opérations. Globalement, les performances sont positives malgré quelques sous-

performances mensuelles, et une analyse des causes des écarts pourrait aider à stabiliser et maximiser les résultats.

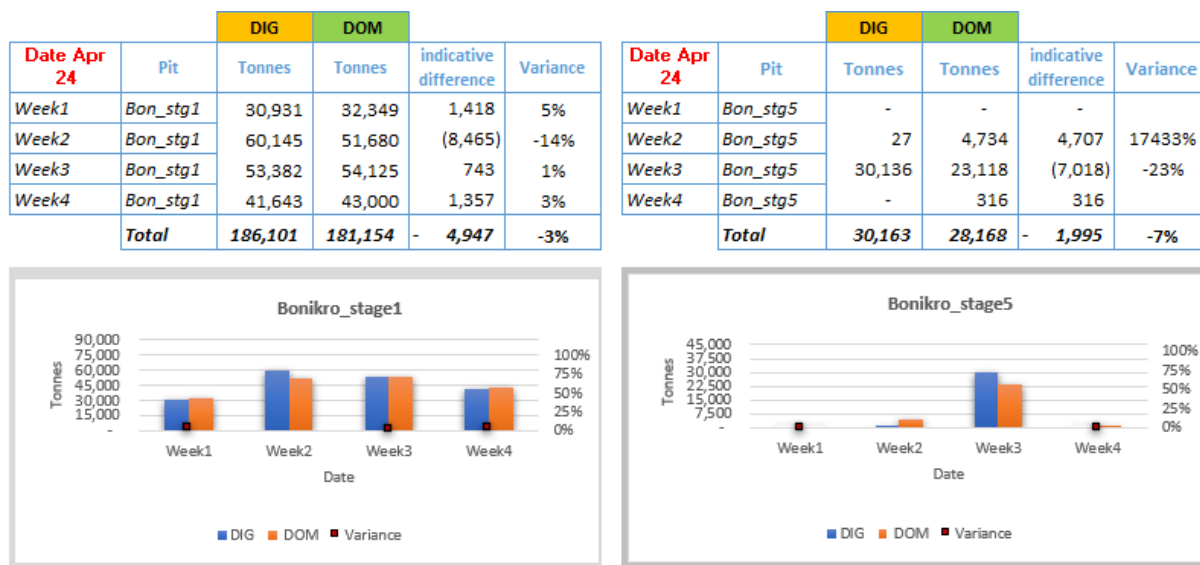


Figure 73 : Contrôle de récupération du minéral du mois de Avril lors de l'excavation

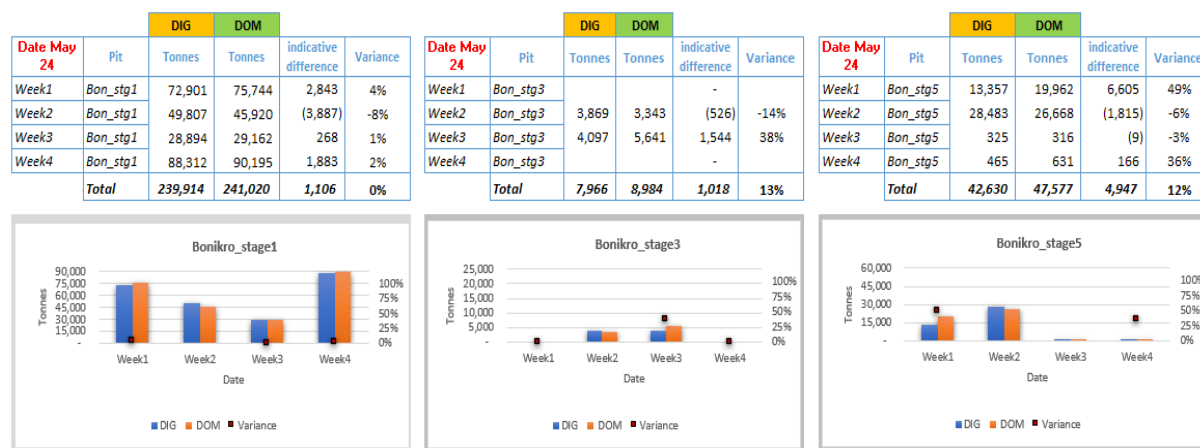


Figure 74 : Contrôle de récupération du minéral du mois de Mai lors de l'excavation

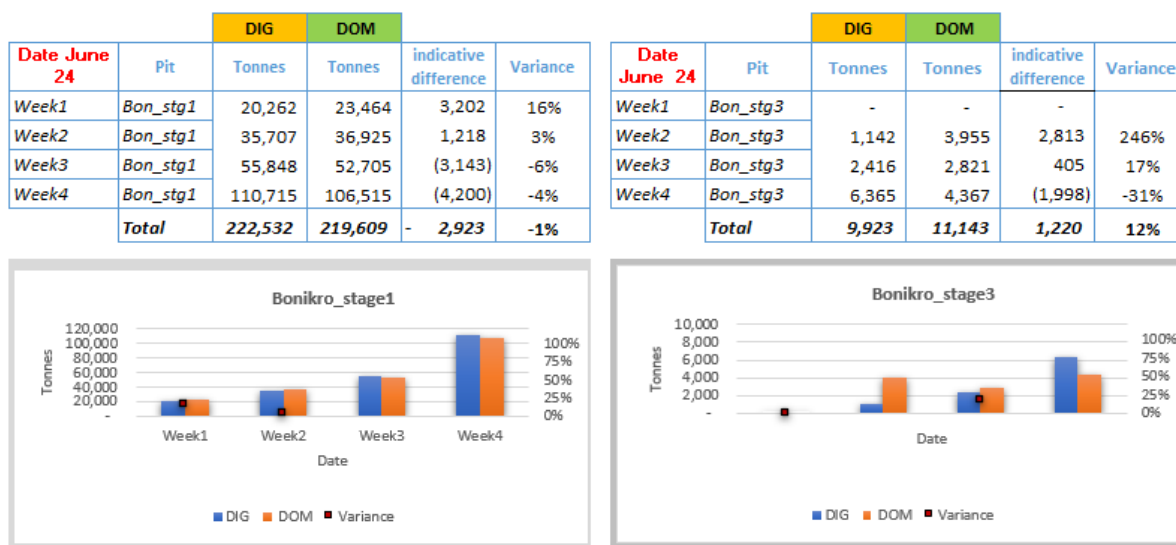


Figure 75 : Contrôle de récupération du minerais du mois de Juin lors de l'excavation

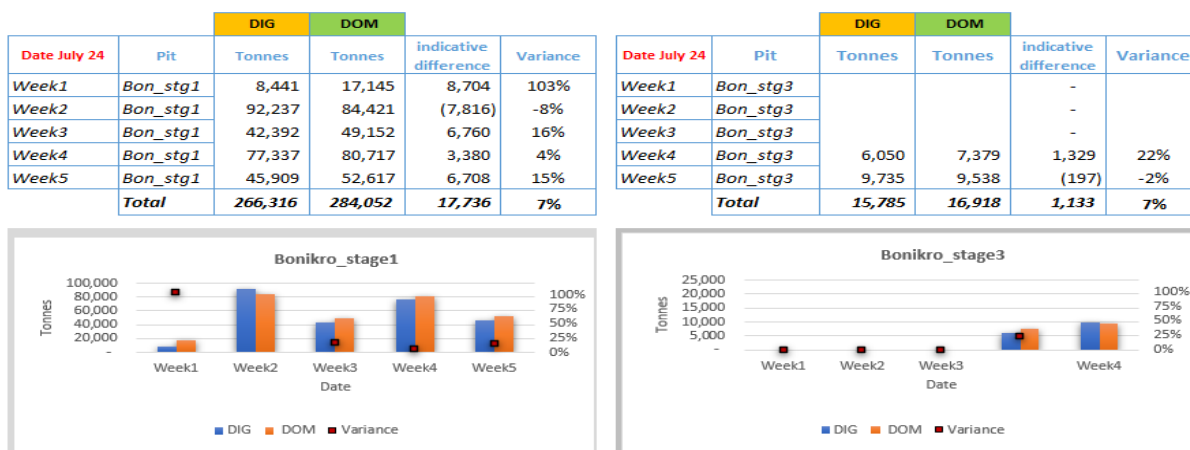


Figure 76 : Contrôle de récupération du minerais du mois de Juillet lors de l'excavation

Globalement, les performances de récupération de minerais entre avril et juillet montrent des fluctuations qui méritent une analyse approfondie. Pour mieux comprendre les écarts observés, la dilution et les pertes de minerais ont été enregistrées à l'aide du logiciel OREPro 3D dans la fosse de Bonikro. Les données issues de cette analyse couvrent 35 tirs effectués durant cette période, permettant d'évaluer en détail les impacts des pertes et de la dilution sur les objectifs de production.



Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Les tableaux suivants montrent les détails de l'évaluation des pertes et dilutions de minerai des dix (35) tirs analysés dans ladite fosse.

Tableau X : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_007_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	15 685,060	1,122	-	565,825	-	-	-	696,124	4,438	56 500,572	1 431,153	9,124	116 158,808
Niveau 2	9 597,488	1,038	-	320,196	-	-	-	993,252	10,349	74 559,771	943,062	9,826	70 792,170
Niveau 3	8 046,808	1,016	-	262,826	-	-	-	785,495	9,762	57 725,521	488,810	6,075	35 922,299
Niveau 4	7 943,035	0,987	-	252,118	-	-	-	597,555	7,523	42 677,621	504,088	6,346	36 002,148
Total/Moyenne pondérée	41 272,391	1,056	-	1 400,965	-	-	-	3 072,427	7,444	234 658,583	3 367,112	8,158	257 165,372

Tableau XI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_301pl_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	5 479,767	1,495	-	263,291	-	-	-	107,371	1,959	11 607,946	408,387	7,453	44 151,098
Niveau 2	3 069,669	1,291	-	127,441	-	-	-	92,374	3,009	8 628,804	298,624	9,728	27 894,948
Niveau 3	2 645,237	1,254	-	106,640	-	-	-	76,104	2,877	6 903,055	161,132	6,091	14 615,671
Niveau 4	1 953,608	1,320	-	82,904	-	-	-	63,354	3,243	6 049,076	74,920	3,835	7 153,421
Total/Moyenne pondérée	13 148,280	1,654	-	580,277	-	-	-	339,203	2,580	40 592,572	943,064	7,173	112 857,086



Tableau XII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_150_db_007_stg5

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	896,557	0,653	0,000	18,809	0,000	0,000	0,000	102,827	11,469	4 853,585	0,000	0,000	0,000
Niveau 2	1 160,005	0,653	0,000	24,359	0,000	0,000	0,000	160,975	13,877	7 605,194	0,000	0,000	0,000
Niveau 3	1 683,512	0,777	0,000	42,069	0,000	0,000	0,000	181,658	10,790	10 213,148	0,000	0,000	0,000
Niveau 4	2 541,959	0,908	33,012	74,204	0,964	1,299	2 168,331	40,044	1,575	2 630,247	239,481	9,421	15 730,026
Total/Moyenne pondérée	6 282,033	0,789	33,012	159,441	0,838	0,525	1 885,111	485,504	7,728	27 724,443	239,481	3,812	13 675,421

Tableau XIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_301p1_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	8 177,391	1,160	-	304,990	-	-	-	806,056	9,857	67 644,702	848,912	10,381	71 241,230
Niveau 2	4 462,894	1,104	-	158,456	-	-	-	171,000	3,832	13 660,149	287,580	6,444	22 973,100
Niveau 3	4 461,099	1,063	-	152,528	-	-	-	385,605	8,644	29 662,852	396,551	8,889	30 504,886
Niveau 4	3 590,782	1,144	-	132,079	-	-	-	123,682	3,444	10 236,284	217,660	6,062	18 014,245
Total/Moyenne pondérée	20 692,166	1,124	-	748,052	-	-	-	1 486,342	7,183	120 896,286	1 750,704	8,461	142 398,960

Tableau XIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_303_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	2 665,287	1,143	-	97,966	-	-	-	97,142	3,645	8 034,177	284,208	10,663	23 505,481
Niveau 2	3 297,473	1,307	-	138,572	-	-	-	128,465	3,896	12 146,893	849,556	25,764	80 329,300
Niveau 3	4 539,380	1,207	-	176,134	-	-	-	442,798	9,755	38 658,928	710,601	15,654	62 039,769
Niveau 4	4 320,561	1,253	-	174,063	-	-	-	136,510	3,160	12 374,335	516,906	11,964	46 856,604
Total/Moyenne pondérée	14 822,701	1,231	-	586,735	-	-	-	804,914	5,430	71 688,797	2 361,270	15,930	210 304,026



Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_301p2_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	1 156,338	1,050	-	39,019	-	-	-	96,399	8,337	7 319,286	371,154	32,097	28 180,694
Niveau 2	1 961,352	0,973	-	61,363	-	-	-	124,812	6,364	8 785,924	190,778	9,727	13 429,489
Niveau 3	2 524,917	0,907	43,319	73,599	1,263	1,716	2 840,986	148,850	5,895	9 761,971	262,806	10,408	17 235,482
Niveau 4	3 038,430	0,796	-	77,786	-	-	-	309,630	10,190	17 835,794	101,029	3,325	5 819,656
Total/Moyenne pondérée	8 681,036	0,902	43,319	251,768	1,263	0,502	2 840,986	679,690	7,830	44 354,635	925,767	10,664	60 412,919

Tableau XVI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-20_db_008_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	1 443,400	0,910	-	42,224	-	-	-	187,591	12,996	12 347,497	440,037	30,486	28 963,852
Niveau 2	1 330,097	0,753	-	32,211	-	-	-	203,053	15,266	11 063,517	41,318	3,106	2 251,251
Niveau 3	776,152	0,739	-	18,437	-	-	-	141,825	18,273	7 579,689	4,513	0,581	241,199
Niveau 4	939,494	1,044	-	31,527	-	-	-	32,271	3,435	2 436,487	244,025	25,974	18 423,942
Total/Moyenne pondérée	4 489,143	0,862	-	124,399	-	-	-	564,740	12,580	35 211,014	729,893	16,259	45 508,172

Tableau XVII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_006_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	11 812,460	1,013	-	384,648	-	-	-	751,602	6,363	55 066,185	633,930	5,367	46 444,946
Niveau 2	10 648,905	1,011	-	345,998	-	-	-	434,873	4,084	31 791,798	454,235	4,266	33 207,261
Niveau 3	10 427,904	0,962	-	322,359	-	-	-	233,209	2,236	16 220,607	503,743	4,831	35 037,341
Niveau 4	10 697,444	0,918	-	315,770	-	-	-	223,441	2,089	14 839,714	439,048	4,104	29 159,169
Total/Moyenne pondérée	43 586,713	0,977	-	1 368,776	-	-	-	1 643,125	3,770	116 104,594	2 030,956	4,660	143 509,073





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XVIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_140_db_001_stg5

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	4 433,501	0,796	-	113,420	-	-	-	351,851	7,936	20 252,606	0,000	0,000	0,000
Niveau 2	1 628,003	0,774	-	40,528	-	-	-	124,036	7,619	6 947,533	0,000	0,000	0,000
Niveau 3	1 597,737	0,770	-	39,529	-	-	-	123,992	7,760	6 902,026	28,336	1,773	1 577,294
Niveau 4	1 585,691	0,762	-	38,839	-	-	-	122,862	7,748	6 770,661	0,000	0,000	0,000
Total/Moyenne pondérée	9 244,931	0,782	-	232,317	-	-	-	722,741	7,818	40 863,953	28,336	0,306	1 602,097

Tableau XIX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_007_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	11 117,295	1,115	-	398,645	-	-	-	178,281	1,604	14 383,664	567,541	5,105	45 789,118
Niveau 2	8 052,785	1,036	13,207	268,232	0,440	0,164	989,791	229,848	2,854	17 225,576	484,690	6,019	36 324,285
Niveau 3	6 448,767	0,961	-	199,265	-	-	-	490,091	7,600	34 073,656	412,191	6,392	28 657,607
Niveau 4	4 581,887	0,964	-	142,003	-	-	-	248,058	5,414	17 298,325	253,809	5,539	17 699,350
Total/Moyenne pondérée	30 200,734	1,038	13,207	1 008,145	0,440	0,044	989,791	1 146,278	3,796	86 096,628	1 718,231	5,689	129 055,810

Tableau XX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_501_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	3 969,226	0,819	1 661,772	104,553	43,773	41,867	98 489,000	560,560	14,123	33 222,983	389,806	9,821	23 102,776
Niveau 2	7 382,428	0,932	0,000	221,205	0,000	0,000	0,000	239,520	3,244	16 148,420	678,612	9,192	45 752,086
Niveau 3	6 169,877	0,905	0,000	179,436	0,000	0,000	0,000	558,426	9,051	36 542,292	560,322	9,082	36 666,316
Niveau 4	2 831,687	0,880	0,000	80,088	0,000	0,000	0,000	452,798	15,990	28 814,596	347,552	12,274	22 117,072
Total/Moyenne pondérée	20 353,217	0,894	1 661,772	585,281	47,785	8,164	107 516,857	1 811,305	8,899	117 191,608	1 976,292	9,710	127 866,292





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XXI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_140_db_002_stg5

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu			(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	14 384,789	1,273	-	588,502	-	-	-	340,150	2,365	31 311,349	865,214	6,015	79 644,251
Niveau 2	6 731,951	1,552	-	335,956	-	-	-	135,978	2,020	15 268,239	271,903	4,039	30 530,560
Niveau 3	5 945,069	1,819	-	347,738	-	-	-	178,908	3,009	23 545,416	445,505	7,494	58 631,425
Niveau 4	6 032,673	1,980	-	384,027	-	-	-	161,613	2,679	23 148,024	237,978	3,945	34 085,910
Total/Moyenne pondérée	33 094,482	1,557	-	1 656,222	-	-	-	816,648	2,468	91 957,105	1 820,600	5,501	205 005,140

Tableau XXII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_30_db_008_807_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu			(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	4 714,161	1,005	469,560	152,269	15,168	9,961	34 127,237	396,127	8,403	28 790,140	934,712	19,828	67 934,060
Niveau 2	3 162,683	1,009	425,494	102,566	13,799	13,454	31 047,642	657,975	20,804	48 011,455	861,621	27,243	62 871,201
Niveau 3	1 531,605	1,026	360,566	50,519	11,893	23,541	26 758,572	93,842	6,127	6 964,276	583,158	38,075	43 277,698
Niveau 4	1 528,886	1,043	0,000	51,288	0,000	0,000	0,000	52,935	3,462	3 995,492	642,607	42,031	48 503,105
Total/Moyenne pondérée	10 937,336	1,014	1 255,620	356,642	40,942	11,480	92 120,260	1 200,880	10,980	88 104,135	3 022,098	27,631	221 720,281

Tableau XXIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-40_db_005_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu			(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	16 136,026	0,804	-	416,984	-	-	-	1 107,926	6,866	64 421,669	479,169	2,970	27 861,851
Niveau 2	8 744,724	0,812	-	228,175	-	-	-	529,293	6,053	31 075,040	185,989	2,127	10 919,501
Niveau 3	10 103,198	0,802	-	260,424	-	-	-	611,309	6,051	35 452,412	272,427	2,696	15 799,195
Niveau 4	11 477,883	0,827	-	305,284	-	-	-	201,570	1,756	12 063,166	89,118	0,776	5 333,394
Total/Moyenne pondérée	46 461,831	0,811	-	1 210,868	-	-	-	2 450,098	5,273	143 669,057	1 026,703	2,210	60 203,932





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XXIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-40_db_006_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	11 322,651	0,896	703,349	326,272	20,268	6,212	45 603,458	1 120,364	9,895	72 641,679	2 219,058	19,598	143 878,270
Niveau 2	8 851,019	0,898	0,000	255,478	0,000	0,000	0,000	233,244	2,635	15 148,274	558,064	6,305	36 244,069
Niveau 3	8 813,812	0,969	0,000	274,521	0,000	0,000	0,000	828,156	9,396	58 038,963	689,251	7,820	48 304,161
Niveau 4	8 022,429	1,072	0,000	276,367	0,000	0,000	0,000	307,855	3,837	23 862,225	299,939	3,739	23 248,699
Total/Moyenne pondérée	37 009,910	0,952	703,349	1 132,638	21,525	1,900	48 432,368	2 489,619	6,727	171 434,196	3 766,312	10,176	259 346,756

Tableau XXV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-30_db_303_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	87,238	0,674	-	1,889	-	-	-	7,664	8,785	373,424	0,000	0,000	0,000
Niveau 2	1 556,360	0,748	-	37,433	-	-	-	88,312	5,674	4 779,145	0,000	0,000	0,000
Niveau 3	4 603,836	0,816	-	120,813	-	-	-	383,805	8,337	22 661,073	0,000	0,000	0,000
Niveau 4	6 245,757	1,050	-	210,814	-	-	-	255,697	4,094	19 418,028	269,397	4,313	20 458,420
Total/Moyenne pondérée	12 493,190	0,924	-	370,950	-	-	-	735,477	5,887	49 133,662	269,397	2,156	17 997,096

Tableau XXVI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-35_db_001_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	8 614,512	0,917	-	254,093	-	-	-	338,198	3,926	22 444,156	437,611	5,080	29 041,566
Niveau 2	5 210,861	0,924	-	154,769	-	-	-	299,210	5,742	19 995,245	108,511	2,082	7 251,445
Total/Moyenne pondérée	13 825,373	0,920	-	408,862	-	-	-	637,408	4,610	42 411,539	546,122	3,950	36 337,581





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XXVII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_50_db_30lp2_stg1

Niveau	Matériau		Minerai Perdu	Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ			In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%
Niveau 1	5 479,767	1,495	-	263,291	-	-	-	107,371	1,959	11 607,946	408,387	7,453	44 151,098
Niveau 2	3 069,669	1,291	-	127,441	-	-	-	92,374	3,009	8 628,804	298,624	9,728	27 894,948
Niveau 3	2 645,237	1,254	-	106,640	-	-	-	76,104	2,877	6 903,055	161,132	6,091	14 615,671
Niveau 4	1 953,608	1,320	-	82,904	-	-	-	63,354	3,243	6 049,076	74,920	3,835	7 153,421
Total/Moyenne pondérée	13 148,280	1,373	-	580,277	-	-	-	339,203	2,580	33 682,780	943,064	7,173	93 646,208

Tableau XXVIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_135_db_001_stg5

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	10 823,039	1,793	-	624,018	-	-	-	276,977	2,559	35 931,063	726,067	6,709	94 189,615
Niveau 2	4 637,219	1,331	-	198,362	-	-	-	156,407	3,373	15 053,737	589,072	12,703	56 696,525
Niveau 3	2 324,686	1,009	-	75,407	-	-	-	190,335	8,188	13 891,201	305,774	13,153	22 316,301
Niveau 4	1 606,535	0,755	-	38,978	-	-	-	138,640	8,630	7 567,956	7,395	0,460	403,672
Total/Moyenne pondérée	19 391,480	1,503	-	936,765	-	-	-	762,359	3,931	82 865,950	1 628,308	8,397	176 991,854

Tableau XXIX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_110_db_006_stg3

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	2 825,590	0,661	-	59,999	-	-	-	439,973	15,571	21 021,926	0,000	0,000	0,000
Niveau 2	1 560,174	0,721	-	36,159	-	-	-	196,299	12,582	10 236,840	0,000	0,000	0,000
Niveau 3	1 270,333	0,752	-	30,701	-	-	-	176,074	13,860	9 574,449	176,092	13,862	9 575,384
Niveau 4	951,677	0,967	-	29,599	-	-	-	41,318	4,342	2 891,470	508,420	53,424	35 579,667
Total/Moyenne pondérée	6 607,774	0,737	-	156,456	-	-	-	853,664	12,919	45 481,332	684,511	10,359	36 469,238





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XXX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_100_db_004_stg3

Niveau	Matériau		Récupération métal					Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	58,278	0,616	0,000	1,154	0,000	0,000	0,000	6,616	11,352	294,858	0,000	-	0,000
Niveau 2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000	-	0,000	0,000	-	0,000
Niveau 3	0,000	0,000	2,527	0,000	0,000	-	0,000	0,000	-	0,000	0,009	-	0,000
Niveau 4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000	-	0,000	19,532	-	0,000
Total/Moyenne pondérée	58,278	0,616	2,527	1,154	0,050	4,335	112,606	6,616	11,352	294,858	19,541	33,531	870,915

Tableau XXXI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_40_db_501_802_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	1 902,925	1,172	0,000	71,729	0,000	0,000	0,000	56,539	2,971	4 795,129	224,887	11,818	19 072,754
Niveau 2	2 824,277	0,982	10,052	89,134	0,317	0,356	713,745	76,823	2,720	5 455,068	195,670	6,928	13 894,117
Niveau 3	2 534,987	1,000	0,000	81,503	0,000	0,000	0,000	89,134	3,516	6 447,905	274,518	10,829	19 858,414
Niveau 4	2 015,425	1,070	0,000	69,355	0,000	0,000	0,000	26,957	1,338	2 087,165	288,428	14,311	22 331,413
Total/Moyenne pondérée	9 277,614	1.045	10,052	311.721	0.338	0.108	759.917	249.454	2.689	18 859.157	983.503	10.601	74 354.405

Tableau XXXII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_150_db_009_stg5

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	15 676,603	1,226	337,352	617,948	13,298	2,152	29 921,454	565,816	3,609	50 185,087	4 126,208	26,321	365 974,054
Niveau 2	8 006,580	1,123	189,610	289,132	6,847	2,368	15 406,060	126,868	1,585	10 308,215	965,866	12,063	78 477,858
Niveau 3	8 308,886	1,031	196,354	275,426	6,509	2,363	14 644,373	474,750	5,714	35 407,626	0,000	0,000	0,000
Niveau 4	8 072,718	0,938	662,199	243,313	19,960	8,203	44 908,939	325,954	4,038	22 105,546	300,496	3,722	20 379,010
Total/Moyenne pondérée	40 064,788	1,107	1 385,514	1 425,818	49,307	3,458	110 941,156	1 493,389	3,727	119 578,902	6 278,934	15,672	502 767,931





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XXXIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-40_db_302_501p2_stg1

Niveau	Matériau		Minerai Perdu	Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ			In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%
Niveau 1	8 277,273	0,961	-	255,843	-	-	-	691,658	8,356	48 102,597	176,559	2,133	12 279,085
Niveau 2	9 576,352	1,043	-	321,054	-	-	-	653,467	6,824	49 294,440	622,549	6,501	46 962,126
Niveau 3	9 691,361	1,017	-	316,983	-	-	-	567,686	5,858	41 776,371	826,434	8,528	60 817,797
Niveau 4	9 536,962	0,909		278,675				699,093	7,330	45 964,675	710,820	7,453	46 735,740
Niveau 5	640,573	0,919		18,922				129,634	20,237	8 616,128	83,364	13,014	5 540,811
Niveau 6	652,023	1,200		25,146				29,177	4,475	2 531,737	24,986	3,832	2 168,011
Niveau 7	1 396,553	1,283	-	57,624	-	-	-	45,255	3,240	4 201,476	31,450	2,252	2 919,819
Total/Moyenne pondérée	39 771,098	0,997	-	1 274,248	-	-	-	2 815,970	7,080	202 991,820	2 476,162	6,226	178 496,441

Tableau XXXIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_001_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	14 083,536	1,446	-	654,723	-	-	-	141,889	1,007	14 841,916	651,178	4,624	68 114,808
Niveau 2	8 284,362	1,608	-	428,398	-	-	-	58,355	0,704	6 789,642	239,324	2,889	27 845,361
Niveau 3	8 253,870	1,575	-	417,954	-	-	-	45,912	0,556	5 230,966	172,193	2,086	19 618,624
Niveau 4	8 264,295	1,636	-	434,629	-	-	-	72,514	0,877	8 580,751	234,329	2,835	27 728,664
Total/Moyenne pondérée	38 886,063	1,548	-	1 935,704	-	-	-	318,670	0,819	35 691,924	1 297,024	3,335	145 270,104





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XXXV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_60_db_002_801_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	15 474,616	1,642	15,243	817,127	0,805	0,099	1 811,017	94,254	0,609	11 198,285	744,358	4,810	88 436,963
Niveau 2	7 768,812	1,752	15,209	437,667	0,857	0,196	1 927,903	14,790	0,190	1 874,791	160,216	2,062	20 308,931
Niveau 3	6 512,550	1,745	25,160	365,411	1,412	0,386	3 176,318	23,087	0,355	2 914,660	251,164	3,857	31 708,448
Niveau 4	6 200,300	1,740	10,661	346,814	0,596	0,172	1 341,759	43,667	0,704	5 495,750	178,953	2,886	22 522,264
Total/Moyenne pondérée	35 956,277	1,702	66,273	1 967,019	3,625	0,184	8 157,201	175,798	0,489	21 638,138	1 334,690	3,712	164 280,361

Tableau XXXVI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_302_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	9 449,502	1,211	-	368,037	-	-	-	293,597	3,107	25 728,389	480,387	5,084	42 097,081
Niveau 2	13 448,728	1,046	-	452,319	-	-	-	1 059,564	7,879	80 181,381	450,696	3,351	34 105,981
Niveau 3	16 673,915	1,005	-	538,684	-	-	-	855,314	5,130	62 175,858	707,529	4,243	51 432,814
Niveau 4	17 831,366	1,045	-	598,910	-	-	-	542,325	3,041	40 984,964	737,813	4,138	55 758,532
Total/Moyenne pondérée	57 403,511	1,061	-	1 957,950	-	-	-	2 750,800	4,792	211 108,994	2 376,425	4,140	182 377,766

Tableau XXXVII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_005_stg1

Niveau	Matériau		Minerai Perdu	Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ			In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)		(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%
Niveau 1	12 571,584	1,239	0,000	500,703	0,000	0,000	0,000	151,682	1,207	13 592,805	851,831	6,776	76 335,762
Niveau 2	8 790,336	1,146	0,000	323,919	0,000	0,000	0,000	64,239	0,731	5 325,944	791,051	8,999	65 584,330
Niveau 3	8 265,445	1,057	0,000	280,927	0,000	0,000	0,000	331,693	4,013	25 364,491	323,823	3,918	24 762,637
Niveau 4	5 509,854	0,970	9,605	171,839	0,300	0,174	673,994	62,927	1,142	4 415,529	73,362	1,331	5 147,742
Total/Moyenne pondérée	35 137,219	1,131	9,605	1 277,387	0,349	0,027	785,654	610,542	1,738	49 938,589	2 040,067	5,806	166 864,941





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau XXXVIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_002_801p2_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu			(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
	(t)	(g/t)			(Oz)	(Oz)	%						
Niveau 1	5 636,267	1,757	-	318,349	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niveau 2	4 518,694	1,781	-	258,690	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niveau 3	4 632,142	1,794	-	267,178	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niveau 4	4 237,836	1,799	-	245,101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total/Moyenne pondérée	19 024,938	1,781	-	1 089,317	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau XXXIX : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_004p2_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu			(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
	(t)	(g/t)			(Oz)	(Oz)	%						
Niveau 1	8 814,461	0,901	-	255,419	-	-	-	110,114	1,249	7 179,357	103,610	1,175	6 755,269
Niveau 2	8 790,627	0,979	-	227,125	-	-	-	69,894	0,795	4 950,371	466,723	5,309	33 056,673
Niveau 3	8 790,627	1,028	-	290,463	-	-	-	461,524	5,250	34 311,004	614,850	6,994	45 709,714
Niveau 4	8 696,523	1,228	-	343,348	-	-	-	71,782	0,825	6 376,562	680,460	7,825	60 446,900
Total/Moyenne pondérée	33 516,955	1,036	-	1 116,355	-	-	-	713,313	2,128	53 458,055	1 865,642	5,566	139 817,395

Tableau L : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-50_db_501_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu			(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
	(t)	(g/t)			(Oz)	(Oz)	%						
Niveau 1	5 479,767	1,495	-	263,291	-	-	-	107,371	1,959	11 607,946	408,387	7,453	44 151,098
Niveau 2	3 069,669	1,291	-	127,441	-	-	-	92,374	3,009	8 628,804	298,624	9,728	27 894,948
Niveau 3	2 645,237	1,254	-	106,640	-	-	-	76,104	2,877	6 903,055	161,132	6,091	14 615,671
Niveau 4	1 953,608	1,320	-	82,904	-	-	-	63,354	3,243	6 049,076	74,920	3,835	7 153,421
Total/Moyenne pondérée	13 148,280	1,373	-	580,277	-	-	-	339,203	2,580	33 682,780	943,064	7,173	93 646,208





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau LI : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_100_db_007_stg3

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	4 618,946	0,665	-	98,778	-	-	-	947,301	20,509	45 584,087	0,000	0,000	0,000
Niveau 2	2 084,783	0,821	-	55,011	-	-	-	306,901	14,721	18 220,343	227,768	10,925	13 522,265
Niveau 3	2 119,140	0,784	-	53,419	-	-	-	280,168	13,221	15 891,411	330,124	15,578	18 724,994
Niveau 4	2 495,483	0,786	-	63,062	-	-	-	276,847	11,094	15 741,131	132,162	5,296	7 514,517
Total/Moyenne pondérée	11 318,351	0,743	-	270,270	-	-	-	1 811,217	16,002	97 309,910	690,053	6,097	37 073,978

Tableau LII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_60_db_003_802p2_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	14 452,910	0,939	0,000	436,454	0,000	0,000	0,000	1 248,127	8,636	84 807,916	724,876	5,015	49 253,997
Niveau 2	6 746,188	0,931	0,000	201,814	0,000	0,000	0,000	413,963	6,136	27 864,487	380,796	5,645	25 631,998
Niveau 3	6 499,113	0,820	0,000	171,337	0,000	0,000	0,000	922,641	14,196	54 729,307	224,609	3,456	13 323,369
Niveau 4	5 640,570	0,831	94,905	150,767	2,537	1,683	5 707,830	517,926	9,182	31 149,463	237,955	4,219	14 311,286
Total/Moyenne pondérée	33 338,780	0,896	94,905	960,372	2,734	0,285	6 151,329	3 102,657	9,306	201 101,359	1 568,237	4,704	101 646,612

Tableau LIII : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_501p1_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu								
	(t)	(g/t)	(t)	(Oz)	(Oz)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Niveau 1	11 071,185	1,692	-	602,213	-	-	-	140,513	1,269	17 197,466	184,030	1,662	22 523,475
Niveau 2	8 721,904	1,627	-	456,258	-	-	-	188,845	2,165	22 227,657	503,617	5,774	59 277,239
Niveau 3	10 002,166	1,558	-	501,033	-	-	-	138,922	1,389	15 658,131	714,869	7,147	80 573,978
Niveau 4	7 664,919	1,650	-	406,708	-	-	-	175,774	2,293	20 985,405	435,843	5,686	52 034,579
Total/Moyenne pondérée	37 460,173	1,633	-	1 966,212	-	-	-	644,055	1,719	76 063,388	1 838,358	4,907	217 111,620





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau LIV : Tableau des pertes, dilutions et erreurs de classification par niveau d'excavation après le tir de la volée à Bon_-60_db_50lp2_stg1

Niveau	Matériau			Récupération métal				Dilution			Erreur de classification		
	In Situ		Minerai Perdu	In Situ	Métal Perdu			(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
	(t)	(g/t)		(Oz)	(Oz)	%	(USD)						
Niveau 1	890,263	0,707	-	20,225	-	-	-	335,795	37,719	17 164,118	35,748	4,015	1 827,253
Niveau 2	1 059,974	0,881	-	30,017	-	-	-	164,190	15,490	10 461,605	71,644	6,759	4 564,884
Niveau 3	452,619	1,051	-	15,291	-	-	-	39,557	8,740	3 006,876	50,557	11,170	3 843,068
Niveau 4	454,265	1,137	-	16,603	-	-	-	0,355	0,078	29,169	72,841	16,035	5 990,047
Total/Moyenne pondérée	2 857,122	0,894	-	82,136	-	-	-	539,897	18,897	34 923,599	230,790	8,078	14 928,781

Tableau LV : Tableau récapitulatif des pertes, dilutions et erreurs de classification par la séquence en V après le tir

Elements Caractéristiques des Volées			Perte de Minerai			Dilution			Erreur de Classification		
Volée de Tir	Type de Volée	Type de Séquence	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Bon_-20_db_007_stg1	PRODUCTION	V				3 072.427	7.444 %	234 658.583	3 367.112	8.158 %	257 165.372
Bon_150_db_007_stg5	PRODUCTION	V	33.012	0.525 %	1 885.111	485.504	7.728 %	27 724.443	239.481	3.812 %	13 675.421
Bon_-20_db_30lp1_stg1	TRIM	V				1 486.342	7.183 %	120 896.286	1 750.704	8.461 %	142 398.960
Bon_-20_db_008_stg1	PRODUCTION	V				564.740	12.58 %	35 211.014	729.893	16.259 %	45 508.172
Bon_-30_db_006_stg1	PRODUCTION	V				1 643.125	3.77 %	116 104.594	2 030.956	4.666 %	143 509.073
Bon_-30_db_007_stg1	PRODUCTION	V	13.207	0.044 %	989.791	1 146.278	3.796 %	86 096.628	1 718.231	5.689 %	129 055.810
Bon_140_db_002_stage5	PRODUCTION	V				816.648	2.468 %	91 957.105	1 820.600	5.501 %	205 005.140
bon_-30_db_008_807_stg1	PRODUCTION	V	1 255.620	11.48 %	92 120.260	1 200.880	10.98 %	88 104.135	3 022.098	27.631 %	221 720.281
Bon_-40_db_006_stg1	PRODUCTION	V	703.349	1.9 %	48 432.368	2 489.619	6.727 %	171 434.196	3 766.312	10.176 %	259 346.756
Bon_-35_db_001_stg1	PRODUCTION	V				637.408	4.61 %	42 411.539	546.122	3.95 %	36 337.581
Bon_-50_db_30lp2_stg1	TRIM	V				339.203	2.58 %	33 682.780	943.064	7.173 %	93 646.208
Bon_100_db_004_stg3	PRODUCTION	V	2.527	4.335 %	112.606	6.616	11.352 %	294.858	19.541	33.531 %	870.915
Bon_150_db_009_stg5	PRODUCTION	V	1 385.514	3.458 %	110 941.156	1 493.389	3.727 %	119 578.902	6 278.934	15.672 %	502 767.931
Bon_-60_db_002_801_stg1	PRODUCTION	V	66.273	0.184 %	8 157.201	175.798	0.489 %	21 638.138	1 334.680	3.712 %	164 280.361
Bon_-60_db_002_80lp2_stg1	PRODUCTION	V									
Bon_-50_db_004p2_stg1	PRODUCTION	V				713.313	2.128 %	53 458.055	1 865.642	5.566 %	139 817.395
Bon_-50_db_501_stg1	RAMPE	V				339.203	2.58 %	33 682.780	943.064	7.173 %	93 646.208
Bon_100_db_007_stg3	PRODUCTION	V				1 811.217	16.002 %	97 309.910	690.053	6.097 %	37 073.978
TOTAL/MOYENNE PONDEREE			3 459.502	5.94971 %	262 638.493	18 421.710	6.9383 %	1 374 243.946	31 066.487	10.9587 %	2 485 825.562





Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Tableau LVI : Tableau récapitulatif des pertes, dilutions et erreurs de classification par la séquence en center lift après le tir

Elements Caractéristiques des Volées			Perte de Minerai			Dilution			Erreur de Classification		
Volée de Tir	Type de Volée	Type de Séquence	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Bon_140_db_001_stg5	PRODUCTION	CENTER LIFT				722.741	7.818 %	40 863.953	28.336	0.306 %	1 602.097
Bon_-30_db_501_stg1	RAMPE	CENTER LIFT	1 661.772	8.164 %	107 516.857	1 811.305	8.899 %	117 191.608	1 976.292	9.71 %	127 866.292
Bon_-40_db_005_stg1	PRODUCTION	CENTER LIFT				2 450.098	5.273 %	143 669.057	1 026.703	2.21 %	60 203.932
Bon_135_db_001_stg5	PRODUCTION	CENTER LIFT				762.359	3.931 %	82 865.950	1 628.308	8.397 %	176 991.854
Bon_110_db_006_stg3	PRODUCTION	CENTER LIFT				853.664	12.919 %	45 481.332	684.511	10.359 %	36 469.238
Bon_-40_db_302_501p2_stg1	TRIM	CENTER LIFT				2 815.970	7.08 %	202 911.820	2 476.162	6.226 %	178 496.441
Bon_-60_db_001_stg1	PRODUCTION	CENTER LIFT				318.670	0.819 %	35 691.924	1 297.024	3.335 %	145 270.104
Bon_-60_db_003_802p2_stg1	PRODUCTION	CENTER LIFT	94.905	0.285 %	6 151.329	3 102.657	9.306 %	201 101.359	1 568.237	4.704 %	101 646.312
TOTAL/MOYENNE PONDEREE			1 756.677	7.73833 %	113 668.186	12 837.464	7.61718 %	869 777.003	10 685.573	6.49009 %	828 546.270

Tableau LVII : Tableau récapitulatif des pertes, dilutions et erreurs de classification par la séquence en échelon après le tir

Elements Caractéristiques des Volées			Perte de Minerai			Dilution			Erreur de Classification		
Volée de Tir	Type de Volée	Type de Séquence	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)	(t)	%	(USD)
Bon_-50_db_301p1_stg1	TRIM	ECHELEON				339.203	2.58 %	40 592.572	943.064	7.173 %	112 857.086
Bon_-20_db_303_stg1	TRIM	ECHELEON				804.914	5.43 %	71 688.797	2 361.270	15.93 %	210 304.026
Bon_-20_db_301p2_stg1	TRIM	ECHELEON	43.319	0.502 %	2 840.986	679.690	7.83 %	44 354.635	925.767	10.664 %	60 412.919
Bon_-30_db_303_stg1	TRIM	ECHELEON				735.477	5.887 %	49 133.662	269.397	2.156 %	17 997.096
Bon_-40_db_501_802_stg1	RAMPE	ECHELEON	10.052	0.108 %	759.917	249.454	2.689 %	18 859.157	983.503	10.601 %	74 354.405
Bon_-50_db_302_stg1	TRIM	ECHELEON				2 750.800	4.792 %	211 108.994	2 376.425	4.14 %	182 377.766
Bon_-50_db_005_stg1	PRODUCTION	ECHELEON	9.605	0.027 %	785.654	610.542	1.738 %	49 938.589	2 040.067	5.806 %	166 864.941
Bon_-60_db_501_stg1	RAMPE	ECHELEON				644.055	1.719 %	76 063.388	1 838.358	4.907 %	217 111.620
Bon_-60_db_501p2_stg1	RAMPE	ECHELEON				539.897	18.897 %	34 923.599	230.790	8.078 %	14 928.781
TOTAL/MOYENNE PONDEREE			62.976	0.36666 %	4 386.557	7 354.032	5.59161 %	596 663.393	11 968.641	8.17362 %	1 057 208.640

Coût lié aux pertes de minerai en Dollars : 380 693,236 \$ soit 228 035 248,364 CFA

Coût lié à la dilution en Dollars : 2 840 684,342 \$ soit 1 701 569 920,858 CFA

Coût lié aux erreurs de classification en Dollars : 4 371 580,472 \$ soit 2 618 576 702,728 CFA



Les tirs effectués dans la fosse de Bonikro ont engendré des pertes de minerai de **5 279,155t** avec un taux de **6,478%** et un taux de dilution de **6,907%** avec un tonnage de **38 613,206t** suivi de plusieurs erreurs de classification importantes de **53 720,701t** et de **9,4493%** de taux.

De plus, lorsque le tonnage augmente, la teneur à tendance abaissée. Ceci peut s'expliquer par l'effet de dilution. Bien que la dilution puisse avoir plusieurs sources, dans notre cas précis, il s'agit de la dilution qui est liée au mouvement du minerai et aussi à la disposition des corps minéralisés dans le massif rocheux. La dilution est due au fait que lors du mouvement des polygones minéralisés, ceci se déplacent pour se déposer sur du stérile. Et, plus ce déplacement est important, plus la dilution sera considérable.

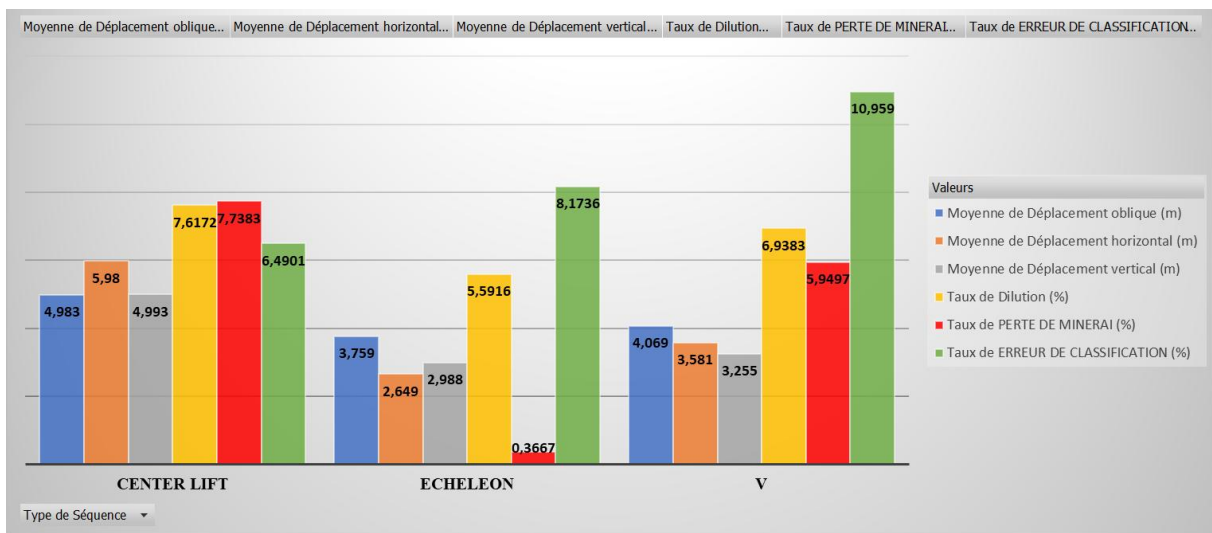


Figure 77 : Evaluation des déplacements en fonction des types de séquence et des taux de dilution, de perte de minerai et d'erreur de classification

Sur le plan économique, les tableaux ci-dessus détaillent les coûts liés à la dilution, aux erreurs de classification et aux pertes de minerai pour l'étude des 35 tirs effectués. En effet, dans la fosse de Bonikro, nous observons une perte de minerai de **169,197Oz** soit une valeur de **380 693,236\$**. Il faut ajouter également que dans toutes les séquences des (35) tirs, la séquence en **CENTER LIFT** enregistre plus de dilution et de perte de minerai tandis que celle en **V** enregistre plus d'erreur de classification, et cela peut s'expliquer par le fait que le déplacement du minerai n'est pas plus ou moins dans le sens de la minéralisation.

Ces différences de valeurs obtenues pourraient s'expliquer par les différents paramètres utilisés lors des opérations de forage et de dynamitage dans la fosse de Bonikro, mais aussi les

conditions de terrains. Ces conditions de terrain impactent la maille et la quantité de charge définie par volume de matériau à abattre. D'autant plus que la charge spécifique évolue en fonction du volume de matériau à abattre.

5. Résultats du suivi de la dilution avec Mine Call Factor (MCF)

Le suivi de la dilution avec le MCF a pour but principal de voir les performances de OREPro 3D depuis quelques mois d'utilisations pour le contrôle efficace du mouvement du minerai. Les figures ci-dessous nous relate que les résultats sont plus ou moins satisfaisants.

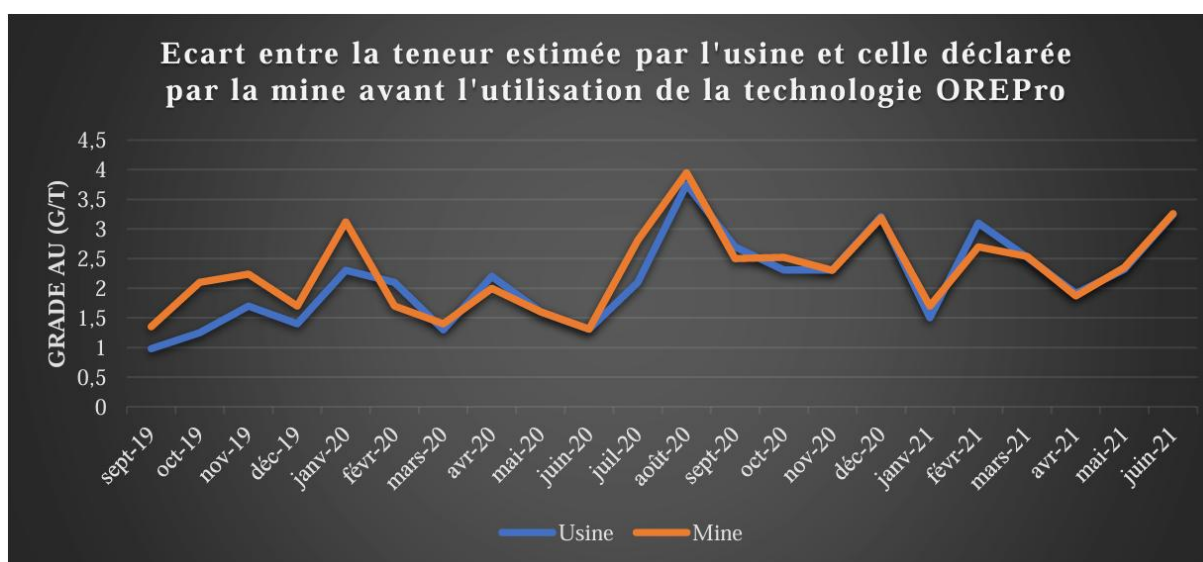


Figure 78 : Ecart entre la teneur estimée par l'usine et la teneur déclarée par la mine avant l'utilisation de OREPro 3D

Par l'analyse de ces deux couples d'évolution, nous observons que l'écart de dilution varie entre 7% et 10% depuis mars 2020 a été considérablement réduit depuis l'avènement du logiciel OREPro 3D à partir du mars 2021, même si cette réduction peut être encore possible avec une amélioration des pratiques de l'abattage et celles du logiciel lui-même.

En analysant l'évolution de cette courbe ci-dessous, la teneur déclarée par la mine et celle déclarée par l'usine varie autour de 3%.

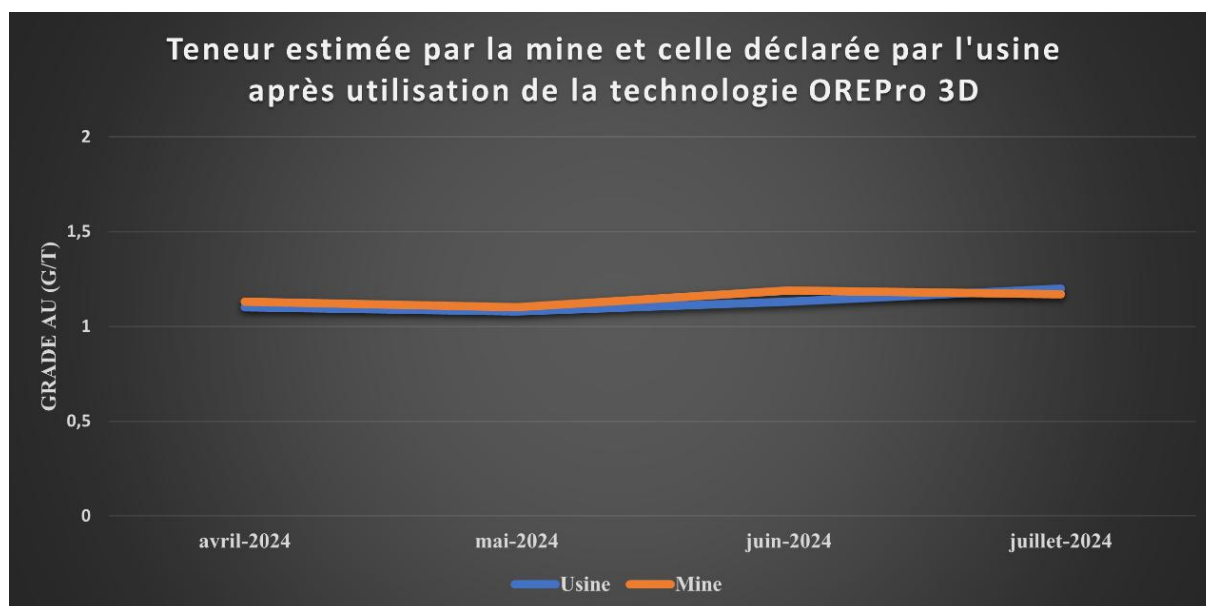


Figure 79 : Ecart entre teneur estimée par l'usine de traitement et celle déclarée par la mine (mois de Avril à Juillet)

Cette étude permet de voir l'efficacité du logiciel OREPro 3D durant ces quatre mois d'utilisation et montre de bonnes performances en termes de suivi du déplacement du minerai.

II. RECOMMANDATIONS

A travers ce qui précède, il est nécessaire de faire quelques suggestions afin de permettre à chaque partie intervenant dans les activités de forage et de dynamitage d'accroître les performances du contrôle du mouvement du minerai en vue de réduire le taux de dilution.

Nous suggérons à la mine d'or de Bonikro de continuer avec l'utilisation de la technologie OREPro 3D. Cependant, une amélioration doit être faite dans l'étape de la simulation et plus précisément dans le logiciel **OREPro™3D Predict**, en effet, il est plus utilisé dans le choix de la meilleure séquence de tir à travers la comparaison des gains, des pertes et de la dilution et nous donne une prédiction assez éloignée des résultats obtenus au Post Blast ce qui motive souvent à une analyse visuelle du sens des isochrones pour le choix des scénarios.

Les suggestions sont ainsi faites à tous les niveaux du département Mining.

1. Au niveau de la planification

Il serait adéquat de :

- ✚ Revoir la planification des volées à abattre, en effet, le rapprochement des dates de tirs pourrait mettre la pression sur les équipes en charge des opérations de forage et de dynamitage et qui finit par instaurer de la précipitation dans les opérations impactant ainsi les résultats ;
- ✚ Revoir la planification l'abattage des volées en vue de prioriser l'abattre avec les séquences en échelon ;
- ✚ Toujours miner au moins le maximum de niveau d'excavation d'un tir avant de faire un autre lorsque ces derniers sont proches afin de ne pas affecter la dilution du tir suivant ;

2. Au niveau du forage et du dynamitage

Il serait adéquat de :

- ✚ Travailler afin d'avoir une face libre optimale pour bien dégager le minerai pour chaque tir de matériau dynamité afin de ne pas être obligé d'utiliser une séquence en *center lift*;

- ✚ Prendre en compte les propriétés mécaniques du matériau à dynamiter telles que le facteur de roche qui évolue ;
- ✚ Superviser l'équipe de foration afin que les paramètres (diamètres, profondeurs) des trous soient respectés ;
- ✚ Continuer toujours le contrôle qualité et assurance des trous de mine afin de vérifier les profondeurs demandées ;
- ✚ Mettre en place une technique de vérification de l'inclinaison des trous forés afin que les normes établis puissent être respecter ;
- ✚ Utiliser le fichier des levées après chargement (Pick Up) des volées à abattre pour faire le plan de connexion, car ses points reflètent la position exacte sur le terrain des trous de mines, les contours d'isochrone (iso-times) obtenus de cela seront les vrais. Ce qui permettra d'avoir réellement nos directions de mouvement escomptées ;
- ✚ Permettre à l'entité en charge du chargement et du dynamitage de la volée de tir de concevoir le plan de tir afin d'appliquer des modifications en fonction des réalités du terrain afin d'atteindre les résultats voulus ou minimiser les dégâts ;
- ✚ Vérifier l'état des trous de GC afin de s'assurer de sa bonne fermeture avant chargement de la volée de tir afin d'éviter toute fuite d'explosifs.

3. Au niveau des Géomètres

Les marquages et les levées reviennent aux topographes. Nous leur conseillons donc d'être vigilants en ce sens qu'ils peuvent augmenter les variations entre les points prévues et réellement marqués ou levés quand cela n'est pas bien fait. Ainsi, ces valeurs obtenues sont utilisées pour calculer le volume dynamité, faussant ainsi la charge spécifique utilisée pour l'appréciation du mouvement du minerai après le tir.

4. Au niveau du service Géologie

Il serait adéquat de :

- ✚ Faire une analyse statistique des déplacements (portées) donnés par les composantes horizontales, verticales et obliques par rapport aux facteurs de mouvement et un suivi de ces analyses ;

- ✚ Faire des séminaires de formations quant à l'utilisation du logiciel OREPro 3D.

5. Au niveau des sous-traitants

Il serait adéquat de :

- ✚ Forer les trous de mine en fonction des consignes données ;
- ✚ Continuer dans le suivi des quantités d'explosifs à pomper dans les trous de mines et de la densité du produit afin de permettre une bonne fragmentation ;
- ✚ Continuer dans le suivi du confinement l'énergie afin d'éviter une perte d'énergie.
- ✚ Renforcer l'équipe de terrain pour une fluidité dans les tâches à exécuté ;

6. Suggestion de technique d'abattage après étude du mouvement avec les détonateurs non-électrique (Nonel)

Nous avons effectué cette étude avec une technique d'abattage avec les détonateurs non-électrique de type NONEL. Ainsi, une étude récente a montré que l'usage des détonateurs électroniques représente une solution rentable que l'option du tir NONEL (**Travaux de fin d'étude sur les techniques d'abattage à l'explosif : cas de la dilution, Agbaou Gold 2017**). Elle génère moins de mouvement du matériau et même si elle est coûteuse. Essayer l'analyse de ces deux (02) techniques d'abattage par une étude dans la mine serait un tremplin pour connaître la solution optimale de minimisation de la dilution.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude consiste à minimiser la dilution du minerai due aux activités de forage et de dynamitage afin de permettre une meilleure récupération de l'or à la mine de Bonikro. Elle nous a permis de mettre en évidence quelques facteurs en influençant la dilution dans la fosse de Bonikro et de même les couts liés aux déplacements du minerai si celles-ci ne sont pas assez contrôlé.

L'étude de ces différents mouvements a été possible grâce aux données recueillies lors du contrôle du mouvement. La méthodologie de notre étude a consisté, d'abord, à faire le choix des explosifs en tenant compte des propriétés physiques du massif rocheux que constituent notre fosse. Ensuite, à analyser les paramètres de tirs et évaluer le contrôle qualité des activités de forage et de dynamitage mis en œuvre, et enfin, une étude du mouvement du minerai par le traitement des données acquises et d'évaluer et de quantifier les pertes et les dilutions de minerai, aussi en observant les performances du contrôle de mouvement par la technologie OREPro 3D suivi d'une évaluation économique.

Il ressort que le mouvement du minerai est influencé par les conditions de terrain caractérisant le massif rocheux, la charge spécifique, la combinaison de l'explosif, la séquence de tir, la conception du plan d'implantation de la volée (maille, face libre), le diamètre des trous. Les distances de déplacement selon les trois composantes (verticale, horizontale et oblique) sont assez considérables dans la fosse. Ces distances obtenues étaient importantes en se faisant plus suivant la composante oblique et ces résultats reflètent que le taux de dilution est étroitement lié à l'augmentation de la distance de mouvement ; chose non satisfaisante dans la mesure où cela affecte la production d'or et par conséquent les coûts.

L'évaluation économique a permis de réaliser que la mine d'or de Bonikro aurait réduire plus ou moins les couts liés aux pertes de minerai de **354 735,044\$** soit **212 486 291,550 CFA** et les couts liés à la dilution **498 026,800\$** soit **298 318 053,282 CFA** si la séquence en échelon était appliquée sur tous les tirs étudiés. Il paraît donc judicieux de considérer les nouvelles propositions pour garantir une optimisation des coûts de production.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adam, M. & Thornton, D.M. (2004). A New Technology for Measuring Blast Movement. In proc. Of Innovative Mineral Developments - Achievements in a Changing World, Sydney, 6 Oct 2004. Sydney: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 22p;

ALLIBONE. (Mars 2010). Geology of the Bonikro Mine. Côte d'Ivoire, pp 1-10 ;

BESSOLES B. (1977). Géologie de l'Afrique. Le Craton Ouest-Africain. Mém. B.R.G.M., n°88, 402 p;

BONIKRO GOLD MINE. (2010). Drill and Blast Procedures and Guidelines. 24 p ;

Cameron K. McKenzie. (2009). Flyrock Range & Fragment Size Prediction. International Society of Explosives Engineers, Blast Technology, Australia, 17p;

Coulombe, C. (2007) analyse et optimisation des pratiques d'abattage à l'explosif dans une carrière de granulats. Hal-00595332 rapport d'option, 115p.

DELILLE F. (2012) Recherche d'une prédiction de fragmentation charge par charge pour les tirs à ciel ouvert. Thèse de Doctorat, Mines ParisTech, France, 304p;

Engmann, E., Ako, S., Bisiaux, B., Rogers, W. and Kanchibotla, S. (2013), "Measurement and Modelling of Blast Movement to Reduce Ore Losses and Dilution at Ahafo Gold Mine in Ghana", Ghana Mining Journal, pp. 27 – 36;

EPC France. (2013). Manuel de boute-feu, 68p;

Gilbride, L., Taylor, S. and Zhang, S. (1995). Blast-Induced Rock Movement Modelling for Nevada Gold Mines, Mineral Resources Engineering 4(2): 175-193;

Poupeau, B. and Hunt, W. (2019). Blast induced Ore Movement: The missing step in achieving realistic reconciliations. CIM Annual Conference, Innovation Stage, Montreal, CA;

Z. Ouattara, Y. Coulibaly, F. Lieben (2008) Pétrographie Du Gisement D'or De Bonikro, Sillon Birimien D'Oumé -Fettekro, Cote D'Ivoire ;

ANNEXES



Annexe 1 : UMFE (Unité Mobile de Fabrication d'Explosif) : Blendex 70/30



Annexe 2 : Raccords de surface (17ms, 25ms, 42ms, 65ms, 67ms)



Annexe 3 : Exploseur



Annexe 4 : Cordon détonant



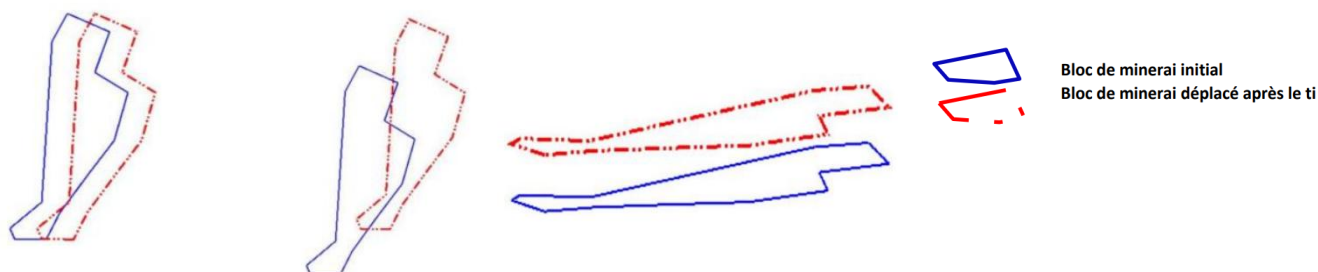
Annexe 5 : Détonateur fond de trou 25/500 ms



Annexe 6 : Nitram (utilisés pour les tirs de presplit)



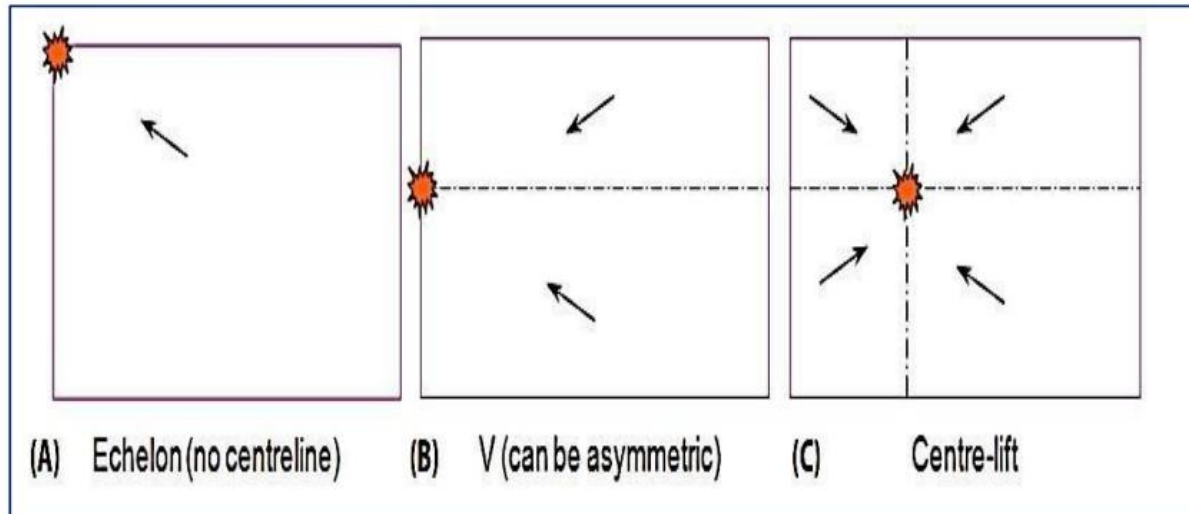
Annexe 7 : Shoc tube (TCOC)



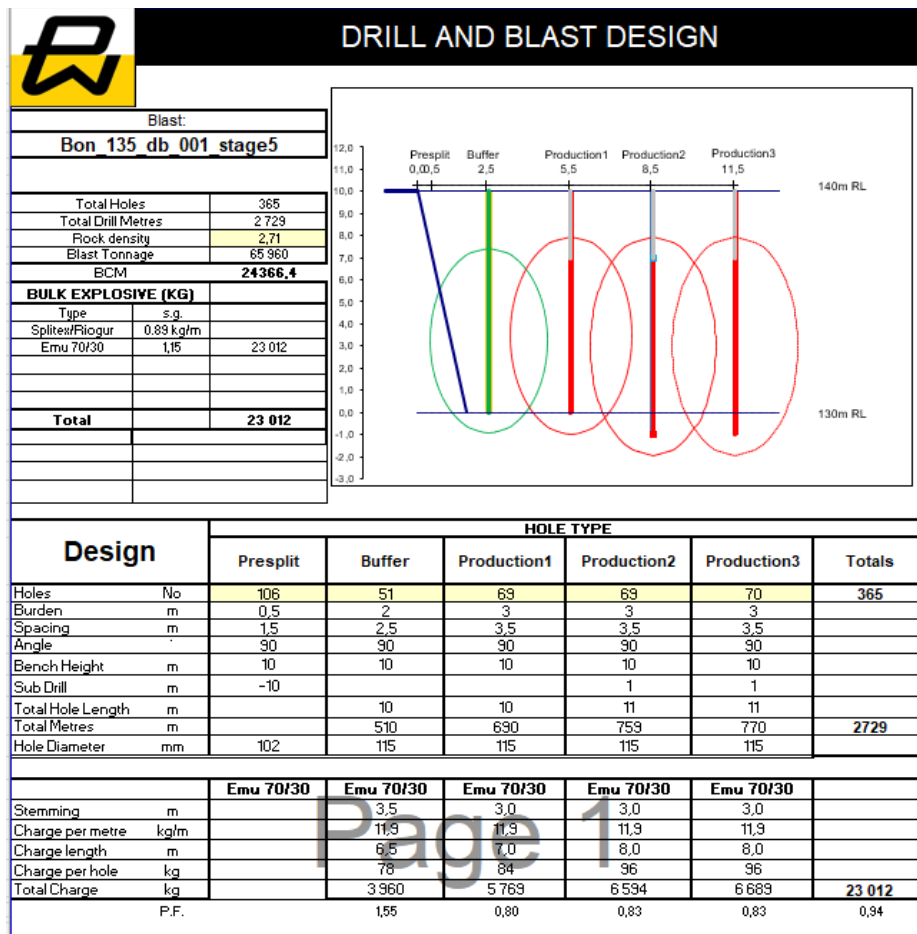
Annexe 7 : Les différents mouvements du minerai respectivement les déplacements horizontal, oblique et vertical

		DRILL AND BLAST APPROVAL			
Pit / Location:	Bonikro Pit			Blast Type:	
Blast Number:	Bon_135_db_001_stage5			Production	
Designed by:	Adou Brice H.			65 960 Tonnes	
			BCM	24366	
Date:		lundi 22 juillet 2024			
Total Holes	365	Cost	Tonnes per Hole 180,7		
BCM	24366	\$ 33 869,2	BCM/metre		
Bulk Emulsion	23 012 kg	\$ 32 874,1	PF (kg/bcm) 0,9		
Accessories Cost		\$ 710,6	Alteration Fresh_Ore		
Total Explosives Cost		\$ 33 584,8	Drilling rate_\$/BCM 1,39		
VIBRATION	Distance	Max. Instant. Charge kg	PPV mm/s 95%	Overpressure dBL 95%	Comments for Vibration
Rompad	360,39 m	501,50 Kg	10,23 mm/s	108,18 dBL	OK
Fuel Station	707,93 m	501,50 Kg	3,97 mm/s	101,14 dBL	OK
Exploration/SFTP Office	167,96 m	501,50 Kg	29,78 mm/s	116,13 dBL	OK
Desimone Workshop	543,65 m	501,50 Kg	5,75 mm/s	103,89 dBL	OK
SEQUENCE COMMENTS					

Annexe 8 : Approval de la foration et du dynamitage



Annexe 9 : Géométries des tirs



Annexe 10 : Design de la foration et du dynamitage

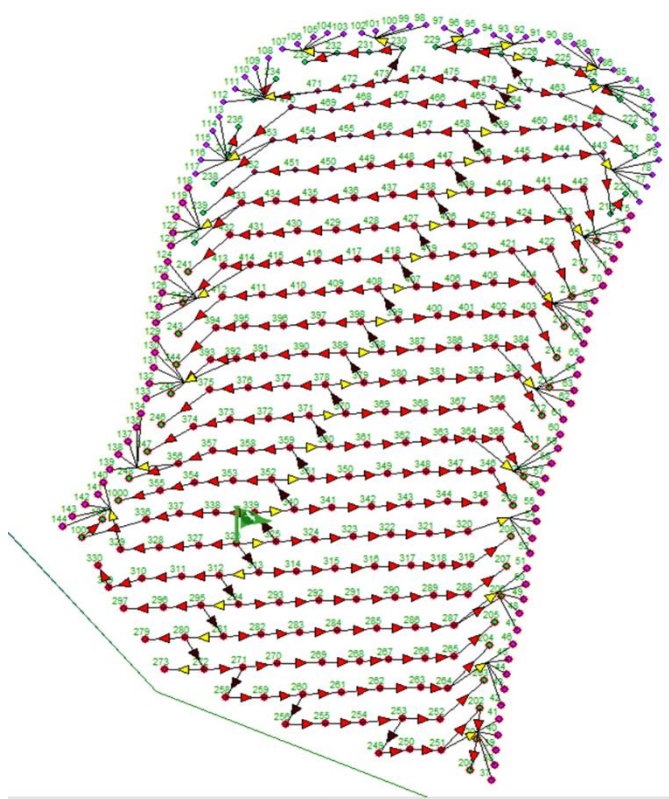
AGS	A	B	Q	R	S	T	U	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
1	242	1 070	3,1	2,9	0	0	23 822	3,0	3,4	-40,0	-41,0	27 316	26 161	0,85	0,87	
2	Holes ID	Top Up	Design Stemmin	Actual Stemmin	Timing	Type	TOTAL QUANTITI	Burden	Spacing	Ztoe	Ztoe Roel	Planned Volume	Real Volume	Design PF	Actual PF	
3	1	1	3,5 m			BUFFER 1		3,3	2,5	-40,0		90,8		0,99		
4	2	2	3,5 m			BUFFER 1		3,3	2,5	-40,0		90,8		0,99		
5	3	3	3,5 m			BUFFER 1		3,3	2,5	-40,0		93,2		1,00		
6	4	4	3,5 m			BUFFER 1		3,3	2,5	-40,0		92,4		1,00		
7	5	5	3,5 m			BUFFER 1		3,3	2,5	-40,0		93,2		1,00		
8	6	6	3,5 m	3,6 m		BUFFER 1	95 kg	3,3	2,5	-40,0	-41,1	94,9	94,9	1,01	1,00	
9	7	7	3,5 m	3,0 m		BUFFER 1	93 kg	3,3	2,5	-40,0	-41,2	93,2	93,2	1,00	1,00	
10	8	8	3,5 m	3,0 m		BUFFER 1	96 kg	3,3	2,5	-40,0	-41,0	95,7	95,7	1,01	1,00	
11	9	9	3,5 m	3,3 m		BUFFER 1	95 kg	3,3	2,5	-40,0	-40,9	94,9	94,9	1,01	1,00	
12	10	10	3,5 m	3,0 m		BUFFER 1	90 kg	3,3	2,5	-40,0	-40,5	95,7	95,7	1,01	0,94	
13	11	11	3,5 m	3,3 m		BUFFER 1	94 kg	3,3	2,5	-40,0	-40,9	94,1	94,1	1,00	1,00	
14	12	12	3,5 m	2,5 m		BUFFER 1	93 kg	3,3	2,5	-40,0	-40,8	93,2	93,2	1,00	1,00	
15	13	13	3,5 m	2,8 m		BUFFER 1	93 kg	3,3	2,5	-40,0	-41,2	93,2	93,2	1,00	1,00	
16	14	14	3,5 m	3,1 m		BUFFER 1	88 kg	3,3	2,5	-40,0	-40,6	93,2	93,2	1,00	0,94	
17	15	15	3,5 m	3,0 m		BUFFER 1	89 kg	3,3	2,5	-40,0	-40,7	93,2	93,2	1,00	0,95	
18	16	16	3,5 m	2,8 m		BUFFER 1	92 kg	3,3	2,5	-40,0	-41,1	92,4	92,4	1,00	1,00	
19	17	17	3,5 m	3,0 m		BUFFER 1	90 kg	3,3	2,5	-40,0	-41,2	91,6	91,6	0,99	0,98	
20	18	18	3,5 m	2,9 m		BUFFER 1	89 kg	3,3	2,5	-40,0	-41,2	90,8	90,8	0,99	0,98	

Annexe 11 : QAQC & Loading Sheet

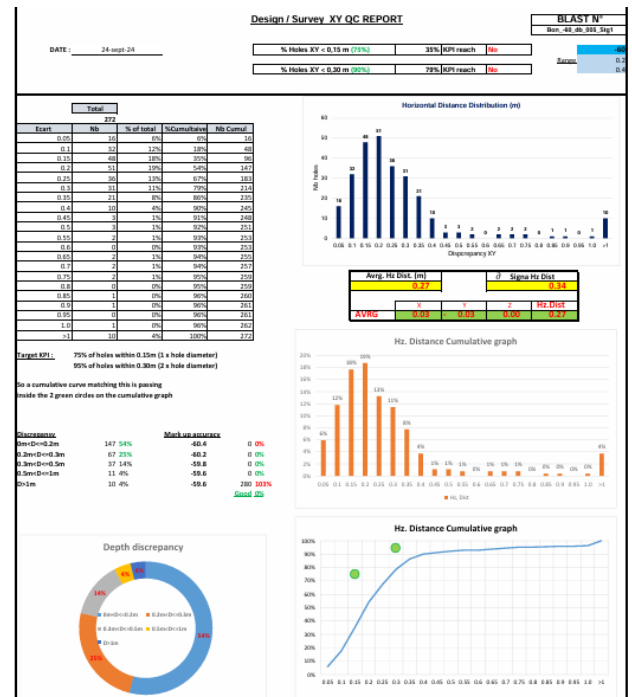


Travail de Fin d'Etude (TFE)

Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minéral à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D



Annexe 12 : Plan de séquençage



Annexe 13 : Evaluation de l'implantation des trous

				Blast Report	
				ALLIED CORPORATION - BONIKRO MINE	
I General information					
To:	Allied Bonikro Mining				
Attention:	D&B Engineers				
From:	EPC-CI				
Blast Date & Time					
lun 08/04/2024			13 h 28		
Blast Localisation: BONIKRO					
Blast Pattern No: Bon_-20_db_007rev2_stage1					
Proposal by: Drill & Blast					
Shottfired by: Seka NIANGORAN					
Firing distance: 500 m					
II Blast informations & Raw materials					
Blast information				Pattern information	
	Unit	Forecast	Actual	Rock density	2,7
Total load holes	No	312	307	Mineralization	Ore
meter drilled	m	3 120	2 909	Lithology	Fresh
Volume	m3	26 199		Raw materials stock	
Tonnes	T	71 000	-	Matrix (T)	
Powder factor	kg/bcm	0,98		Nitrate (T)	
Blendex 70/30	Kg	25 765	26 246	Reagent R205 (L)	

Annexe 14 : Blast report



Etude de l'influence des activités de forages et de dynamitages sur la dilution du minerai à la mine d'or de BONIKRO : Cas de l'outil OREPro 3D

ANALYSE OADIC - Excel										
Fichier Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage Développement Aide										
H3										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ITEM DESCRIPTION	Unit Cost XOF	Actual	Bon - 20 db 007 stgt Total	Plan	Variance	Actual	Bon - 50 db 301st stgt Total	Plan	Variance
2										
3	Bulk Explosives (Blendex) lt	560	26319	14738640	25 765	2%	10634	5943840	39 132	73%
4	Davey Tube (Shock Tube)	202 00	130	30300		0%	130	0		0%
5	Raccord de surface 6m 17ms	3168	24	76032		0%	7	0		0%
6	Raccord de surface 6m 25ms			0		0%		0		0%
7	Raccord de surface 6m 42ms	4213	23	96899		0%	7	0		0%
8	Raccord de surface 6m 65ms	4705	25	117625		0%	19	0		0%
9	Raccord de surface 6m 100ms			0		0%		0		0%
10	Raccord de surface 10m 17ms			0		0%		0		0%
11	Raccord de surface 10m 25ms			0		0%		0		0%
12	Daveynel 15m 500 ms			0		0%		0		0%
13	Daveynel 18m 500 ms			0		0%		0		0%
14	Daveynel 24m 500 ms			0		0%		0		0%
15	Daveyquick 09m 25/500 ms			0		0%		0		0%
16	Daveyquick 12m 25/500 ms			0		0%		0		0%
17	Daveyquick 15m 25/500 ms	3168	33	110880		0%	46	0		0%
18	Daveyquick 18m 25/500 ms	4213	224	943712		0%	90	0		0%
19	Daveyquick 21m 25/500 ms	4705	50	235250		0%		0		0%
20	Daveyquick 15m 42/500 ms			0		0%		0		0%
21	Daveyquick 18m 42/500 ms			0		0%		0		0%
22	Daveyquick 12m 25/400 ms			0		0%		0		0%
23	Daveyquick 16m 25/400 ms			0		0%		0		0%
24	Daveyquick 21m 25/400 ms			0		0%		0		0%
25	Booster 250 gr			0		0%		0		0%
26	Booster 500 gr	3403 00		0		0%		0		0%
27	Booster 480 gr	3403 00		0		0%	136	0		0%

Annexe 15 : Analyse des couts des opérations de forage et de dynamitage



Annexe 16 : Vue satellite de la mine de Bonikro

