

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



SML Société des Mines de Lafigué

Soutenu le : 05/12/2025

A Yamoussoukro, INP-HB

Composition du jury :

Président du jury :

Examineur 1 :

Examineur 2 :

Année Académique : 2024-2025

TRAVAIL DE FIN D'ETUDE (TFE)

Cycle Ingénieur de Conception

Option : Mines et Carrières (MICA)

Période de stage : Du 24 Mars au 23 Septembre 2025

THEME :

**CARACTERISATION LITHO-
STRUCTURALE ET MODELISATION
GEOLOGIQUE 3D DE LA JONCTION
MAIN PIT-PIT C-WEST PIT DE LA
MINE D'OR DE LAFIGUE**

Réalisé par :

ATTOUNGBRE Kouamé Claude Olivier

*Elève Ingénieur de Conception Mines et
Carrières, 26^{ème} Promotion MICA*

Encadreur Pédagogique :

Dr. THIO P. Roger

*Ingénieur des Mines, Enseignant chercheur
INPHB/ESMG*

Maitre de stage :

M. ALASSANE Thiam

Chef Géologue

DocuSigned by:
Allassane THIAM
BD945A2CEABB492...



DEDICACE

Je dédie ce rapport à mes parents, qui ont été mes piliers, mes guides et mes modèles. Merci pour tout l'amour et le soutien que vous m'avez offerts sans jamais compter.

REMERCIEMENTS

La réussite et le bon déroulement de ce stage ont été possibles grâce au soutien de nombreuses personnes auxquelles nous adressons toute notre gratitude. Nous tenons à remercier sincèrement l'ensemble des équipes encadrantes de l'École Supérieure des Mines et de la Géologie (ESMG) ainsi que celles de la Société des Mines de Lafigué (SML). Nous souhaitons tout particulièrement exprimer notre reconnaissance à :

- ✚ **Prof. YAO Kouakou Alphonse**, Directeur de l'ESMG ;
- ✚ **Dr. OKAINGNI Jean Claude**, Directeur de l'enseignement de l'ESMG ;
- ✚ **Dr. THIO Peyokoh Roger**, notre encadreur pédagogique, pour son accompagnement dans la réalisation de ce mémoire ;
- ✚ **Dr. KOUADIO Eugène**, Enseignant-Chercheur et responsable des stages à l'ESMG, pour son travail acharné dans la recherche de stages pour nous ;
- ✚ **Mme BAMA Bintou**, Sous-directrice de l'enseignement de l'ESMG ;
- ✚ **Mme KOUAKOU Reine**, Inspectrice du cycle ingénieur de conception ;
- ✚ Et à tous nos formateurs pour leurs nombreux conseils avisés.

Nous souhaitons également exprimer nos remerciements les plus sincères aux personnes suivantes, pour l'expérience riche et formatrice qu'elles nous ont offerte durant notre stage au sein de la Société des Mines de Lafigué (SML) :












- ✚ **M. DAY Paul**, Directeur Général de la Société des Mines de Lafigué ;
- ✚ **M. CHIBALE Ernest**, Manager du département Mineral Resources ;
- ✚ **M. THIAM Alassane**, Chef Géologue, notre maître de stage, pour sa disponibilité ;
- ✚ **Mme GUEYE Mbene**, Senior Geologist Modeling-Reconciliation;
- ✚ **M. OUATTARA Ouolli**, Senior Geologist grade control;
- ✚ **M. NEBIE Pierre**, Senior Geologist Production ;
- ✚ **M. KOUADIO Christophe**, Senior Database;
- ✚ **M. KAPIEU Nicol**, Mine Geologist Modeling, Mapping Specialist;
- ✚ **M. DIOMANDÉ Ibrahim**, Mine Geologist Modeling, Mapping Specialist;
- ✚ **M. FOFANA Abdoulaye**, **Mme DAHI Kelly**, **M. KOUYATÉ Mohamed**, **M. KOUASSI Aimé**, **Mme INAGO Marie**, **M. OUATTARA Yaya**, ainsi qu'à toute l'équipe du département Mineral Resource.







Nous remercions également toutes les personnes qui, même sans être citées, ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre stage et à l'aboutissement de ce mémoire.

AVANT PROPOS

Créé par le décret n°96-678 du 04 septembre 1996, l'Institut National Polytechnique Houphouët Boigny (INP- HB) est un établissement public supérieur né de la restructuration de l'Institut National Supérieur de l'Enseignement Technique (INSET) ; l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP) ; l'École Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) ; l'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 aujourd'hui en onze (11) grandes écoles qui sont :

-  **EDP-STI** : Ecole Doctorale Polytechnique Sciences et Techniques de l'Ingénieur ;
-  **EDP-SAPT** : Ecole Doctorale Polytechnique Sciences Agronomiques et Procédés de Transformation ;
-  **EFCPC** : Ecole Supérieur de Formation et de Perfectionnement des Cadres ;
-  **EPGE** : Ecole Préparatoire aux Grandes Ecoles ;
-  **ESA** : Ecole Supérieure d'Agronomie ;
-  **ESCAE** : Ecole Supérieure de Commerce et d'Administration des Entreprises ;
-  **ESCPE** : Ecole Supérieure de Chimie du Pétrole et de l'Energie ;
-  **ESI** : Ecole Supérieure d'Industrie ;
-  **ESTP** : Ecole Supérieure des Travaux Publics ;
-  **ESAS** : Ecole Supérieure de l'Aéronautique et du Spatial ;
-  **ESMG** : Ecole Supérieure des Mines et de Géologie ;

L'INP-HB compte en son sein des projets de formation dont :

-  le projet Master Ressources en Eau et Risques Environnementaux dans les Métropoles Africaines (MAREMA) ;
-  le projet Master Valorisation des déchets (VALOPRO) ;
-  le projet Master DATA SCIENCE-Big Data;
-  le projet de Formation Supérieure en Métrologie ;



- le projet Master en Génie des procédés ;
- le centre de Préparation aux diplômes de l'Expertise Comptable.

L'ESMG est un établissement de formation reconnu pour son engagement à former des techniciens supérieurs et des ingénieurs de conception dans les domaines des Mines et Carrières, ainsi que de l'Exploitation et du Traitement des Eaux. Consciente de l'importance stratégique de ces secteurs pour l'économie et le développement durable, elle s'attache à offrir à ses étudiants un enseignement alliant rigueur académique et compétences pratiques. Pour cela, l'ESMG met l'accent sur un enseignement théorique approfondi, complété par des visites de sites industriels, des sorties de terrain pour confronter les étudiants aux réalités du métier, ainsi que des stages en entreprise favorisant l'immersion professionnelle.

Dans le cadre de ce dispositif pédagogique complet, nous, élèves ingénieurs de conception, avons eu l'opportunité d'intégrer la **Société des Mines de Lafigué (S.M.L)** afin de réaliser notre Travail de Fin d'Études (TFE). Ce travail a été réalisé sous le thème « Caractérisation litho-structurale et modélisation géologique 3D de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit de la mine d'or de Lafigué ». Cette immersion dans un environnement industriel réel nous permet de mettre en pratique les notions apprises à l'ESMG, de développer notre autonomie, notre capacité d'analyse et notre esprit critique.



TABLE DE MATIERES

DEDICACE.....	
REMERCIEMENT.....	ii
AVANT PROPOS	iv
TABLE DE MATIERES	vi
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
LISTE DES ABREVIATIONS	xii
RESUME	xiv
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	2
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL	3
I- HISTORIQUE	3
I.1- Premiers travaux d'exploration (1935–1995).....	3
I.2- Phase d'exploration ciblée par les partenaires privés (1996–2002).....	3
I.3- Reprise des travaux après la crise (2010–2014).....	4
I.4- Intensification sous Endeavour Mining (2016–2022)	4
I.5- Situation actuelle et perspectives	5
II- ORGANISATION DE LA SOCIETE DES MINES DE LAFIGUE (S.M.L)	5
III- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	10
III.1- Cadre géographique.....	10
1- Localisation et accès.....	10
2- Physiographie et climat	11
2.1- Physiographie	11
2.2- Climat.....	11
3- Infrastructures et ressources locales	12
III.2- Cadre géologique	12
1- Géologie de la Côte d'ivoire.....	12
2- Géologie de la mine d'or de Lafigué.....	15
2.1- Géologie régionale.....	15
2.2- Géologie locale et minéralisation	16
CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LE THÈME	19
I- NOTIONS DE BASE EN GÉOLOGIE MINÈRE.....	19



I.1-	Lithologie.....	19
I.2-	Les structures géologiques : Contrôles de la Minéralisation	19
II-	MODELISATION GEOLOGIQUE : DEFINITION ET PRINCIPES DE BASES	21
II.1-	DEFINITION.....	21
II.2-	PRINCIPES DE BASES	21
III-	INTERET ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE.....	22
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES		24
CHAPITRE III : MATERIEL.....		25
I-	DOCUMENTATION.....	25
II-	MATERIEL DE TERRAIN	25
II.1-	Equipements de protection individuels (EPI)	25
II.2-	Matériel techniques de terrain.....	26
III-	MATÉRIEL INFORMATIQUE ET LOGICIEL.....	27
CHAPITRE IV : METHODES		28
I-	CARACTERISATION LITHO-STRUCTURALE	28
I.1-	Méthodes d'acquisition des données	28
I.2-	Cartographie litho-structurale	30
II-	MODELISATION GEOLOGIQUE	30
II.1-	Mise en place du projet et préparation des données.....	31
II.2-	Traitement des données de forage.....	33
II.3-	Phase de modélisation	38
TROISIEME PARTIE : RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS.....		43
CHAPITRE V : RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS DE LA CARACTERISATION LITHO-STRUCTURALE.....		44
I-	CARACTERISATION LITHOLOGIQUE	44
I.1-	Les intrusifs mafiques.....	44
I.2-	Les intrusifs mafiques déformés	46
I.3-	Les volcanites mafiques.....	47
I.4-	Les volcanites felsique.....	48
II-	CARACTERISATION STRUCTURALE	50
II.1-	Lafigué main pit west.....	50
II.2-	Lafigué west pit et Pit C	52
II.3-	Interprétation structurale	54
III-	CARTE LITHO-STRUCTURALE.....	56



CHAPITRE VI : RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS DE LA MODELISATION GEOLOGIQUE 3D	57
I- RÉSULTATS ET ANALYSE DES MODÈLES GÉOLOGIQUES 3D	57
I.1- Modèle lithologique	57
I.2- Modèle d'altération	59
II- INTERPRETATION DU MODEL LITHOLOGIQUE	61
CONCLUSION	62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES	63
ANNEXES	I
LISTE DES ANNEXES	II

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la Société des Mines de Lafigué (S.M.L).....	9
Figure 2 : Carte montrant l'emplacement du projet Lafigué dans la zone plus large du permis de prospection de Fètèkro située entre les villes de Katiola et Dabakala.....	10
Figure 3 : Températures et précipitations moyennes pour la ville voisine de Katiola	11
Figure 4 : Carte géologique simplifiée de la Côte d'Ivoire (Tagnini, 1971, Modifiée par Kouamelan, 1996)	14
Figure 5 : Coupes transversales montrant la lithologie et le contact granodiorite-métagabbro à Lafigué Nord et le long du contact metabasalt-gabbro à Lafigué Centre.....	16
Figure 6 : Carottes de forage de Lafigué : minéralisation finement disséminée dans le metabasalte du mur inférieur ; minéralisation aurifère en disséminations et filonnets de quartz (cercles blancs) dans la granodiorite	17
Figure 7 : Coupe transversale (vue vers l'est) montrant la relation spatiale entre la minéralisation aurifère (teneurs filtrées >0,3 g/t Au) et l'intrusion de granodiorite à Lafigué Nord.....	18
Figure 8 : Localisation de la zone d'étude entre le Main pit, le pit C et le West pit.....	23
Figure 9 : Équipements de protection individuels.....	26
Figure 10 : Logiciels de cartographie et de modélisation	27
Figure 11 : Localisation des forages dans la zone d'étude	29
Figure 12 : Interface du logiciel Leapfrog Geo.....	31
Figure 13 : Aperçu de la base de données collar des forages dans Leapfrog Geo	32
Figure 14 : Visualisation des forages dans la topographie de la jonction	32
Figure 15 : Regroupement lithologique (Grouping) dans Leapfrog Geo	33
Figure 16 : Regroupement weathering (Grouping) dans Leapfrog Geo.....	34
Figure 17 : Sélection d'intervalles lithologiques (interval selection) dans Leapfrog Geo	35
Figure 18 : Lithologie après la sélection d'intervalle	35
Figure 19 : Sélection d'intervalles weatherings (interval selection) dans Leapfrog Geo	36
Figure 20 : Weathering après la sélection d'intervalle	36
Figure 21 : Représentation des structures dans Leapfrog Geo.....	37
Figure 22 : les structures dans la surface topographique	38
Figure 23 : Contour du modèle	39
Figure 24 : Surfaces du modèle lithologique	40

Figure 25 : Volume du modèle lithologique	41
Figure 26 : Surfaces du modèle d'altération	41
Figure 27 : Volumes du modèle d'altération	42
Figure 28 : Intrusifs mafiques observés au niveau du Main Pit West	45
Figure 29 : Cutting box du forage LFARC 7873 montrant des intrusifs mafiques (IMAF)....	45
Figure 30 : Intrusifs mafiques déformés observés au niveau du mur du Main Pit West.....	46
Figure 31 : Cutting box du forage LFARC 7873 montrant des intrusifs mafiques déformés (IMAF).....	47
Figure 32 : Cutting box montrant des volcanite mafiques (VMAF)	48
Figure 33 : Volcanites felsiques observés au niveau mur Nord du West pit	49
Figure 34 : Cutting box du forage LFARC 17-158 montrant des volcanites felsiques (VFEL)	50
Figure 35 : Veines de quartz mesurées sur le mur Sud-Ouest du main pit west.....	51
Figure 36 : Schistosité observées au main pit west.....	52
Figure 37 : Veines de quartz mesurées sur le mur nord du West pit.....	53
Figure 38 : Veines de quartz mesurées au niveau du Pit C.....	54
Figure 39 : Stéréogrammes comparatifs des veines de quartz	55
Figure 40 : Stéréogrammes comparatifs mesures de schistosité	55
Figure 41 : Carte litho-structurale de la jonction MAIN PIT-PIT C-WEST PIT	56
Figure 42 : Modèle lithologique de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit	57
Figure 43 : Section N-S du modèle lithologique.....	58
Figure 44 : Section W-E du modèle Lithologique	58
Figure 45 : Modèle d'altération de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit	59
Figure 46 : Section N-S du modèle d'altération.....	60
Figure 47 : Section W-E du modèle d'altération.....	60



LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Mesures structurales des veines de quartz observées au main pit.....	51
Tableau II : Mesures structurales des Schistosités observées au main pit	52
Tableau III : Mesures structurales des veines de quartz observées au West pit et au Pit C ...	53



LISTE DES ABREVIATIONS

MAIN PIT	:	Fosse principale
WEST PIT	:	Fosse ouest
AGC	:	Advance Grade Control
BUMIFORM	:	Bureau Minier de la France d’Outre-Mer
BRGM	:	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
COMINOR	:	: Compagnie Minier Or
CSV	:	Comma-Separated Values
DD	:	Diamond Drilling
EPI	:	Equipement de Protection Individuel
GC	:	Grade Control
IFEL	:	Intrusif Felsique
IMAF	:	Intrusif Mafique
JHA	:	Job Hazard Analysis
LMCI	:	La Mancha Côte d’Ivoire
LMP	:	Lafigué Main pit
LWP	:	Lafigué West Pit
PE	:	Permis d’Exploitation
PR	:	Permis de Recherche
RC	:	Reverse Circulation
SML	:	Société des Mines de Lafigué
SODEMI	:	Société pour le Développement Minier
UTM	:	Universal Transverse Mercator
VFEL	:	Volcanite Felsique



VMAF : Volcanite Mafique

WGS : World Geodesics System



RESUME

Ce rapport constitue le compte rendu de notre projet de fin d'études, réalisé au sein du département des Ressources Minérales de la Société des Mines de Lafigué (SML). Le projet s'est concentré sur la Caractérisation litho-structurale et la modélisation géologique 3D de la zone de jonction Main Pit–Pit C-West Pit. L'objectif principal de cette étude était de déterminer l'agencement structural des roches et de créer un modèle géologique 3D fiable et interprétatif. Ce modèle est crucial pour améliorer la compréhension du contrôle de la minéralisation aurifère et optimiser les futures opérations de planification minière.

La méthodologie adoptée a combiné une campagne de levé structural de terrain le long des murs des fosses existantes, complétée par l'analyse des données de 785 forages (RC et DDH) extraites de la base de données DS Tools. La modélisation a été effectuée à l'aide du logiciel Leapfrog Geo, permettant l'interprétation des données de forage et l'intégration des mesures structurales pour définir les surfaces des unités lithologiques et des zones d'altération.

Les résultats de la caractérisation ont confirmé que la minéralisation aurifère est fortement contrôlée par les structures, notamment la schistosité et l'orientation des veines de quartz-tourmaline, avec une direction générale privilégiée Est-Nord-Est (ENE). Le modèle géologique 3D finalisé a permis une visualisation précise de la distribution spatiale des unités lithologiques clés (Intrusifs et Volcanites) ainsi que des zones d'oxydation et de transition.

En conclusion, ce modèle 3D offre à l'équipe de la SML une base géologique solide pour la gestion et le contrôle de teneur, en fournissant une compréhension spatiale plus fine de la géométrie des structures. Son application directe permettra d'optimiser le placement des fronts de minage, d'améliorer la prévision des volumes minéralisés et, par conséquent, de maximiser la récupération et la valeur économique du gisement d'or à Lafigué.

Mots clés : Modélisation, Litho-structurale, Forages



ABSTRACT

This report is the account of our Final Year Project, carried out within the Mineral Resources Department of Société des Mines de Lafigué (SML). The project focused on the litho-structural characterization and 3D geological modelling of the Main Pit–Pit C-West Pit junction area. The main objective of this study was to determine the structural arrangement of the rocks and create a reliable and interpretative 3D geological model. This model is crucial for improving understanding of the control of gold mineralisation and optimising future mine planning operations.

The methodology adopted combined a structural survey campaign along the walls of existing pits, supplemented by analysis of data from 785 boreholes (RC and DDH) extracted from the DS Tools database. Modelling was carried out using Leapfrog Geo software, enabling the interpretation of drilling data and the integration of structural measurements to define the surfaces of lithological units and alteration zones.

The characterisation results confirmed that gold mineralisation is strongly controlled by structures, particularly schistosity and the orientation of quartz-tourmaline veins, with a general preferred direction of east-northeast (ENE). The finalised 3D geological model provided an accurate visualisation of the spatial distribution of key lithological units (intrusives and volcanics) as well as oxidation and transition zones.

In conclusion, this 3D model provides the SML team with a solid geological basis for grade management and control by providing a more detailed spatial understanding of the geometry of the structures. Its direct application will optimise the placement of blast fronts, improve the prediction of mineralised volumes and, consequently, maximise the recovery and economic value of the Lafigué gold deposit.

Keywords : Modeling, Litho-structural, Drilling



INTRODUCTION

Située dans le nord-est de la Côte d'Ivoire, la mine d'or de Lafigué est un projet développé par le groupe Endeavour Mining, l'un des principaux producteurs d'or en Afrique de l'Ouest. Découvert grâce aux travaux d'exploration menés sur le permis de Féttekro, le prospect a fait l'objet de campagnes de forage intensives depuis 2014. L'octroi du permis d'exploitation en 2021, suivi de la création de la Société des Mines de Lafigué (SML), a marqué le lancement officiel du développement du site.

Lafigué présente un intérêt géologique majeur, en raison de la complexité structurale de la zone et de la variabilité lithologique observée dans les différentes fosses en développement. Parmi les zones les plus stratégiques du site figure la jonction entre « Main Pit », « Pit C » et « West Pit », où l'interaction entre les structures géologiques joue un rôle déterminant dans la distribution et le contrôle de la minéralisation aurifère.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail de fin d'étude, intitulé :

« Caractérisation litho-structurale et modélisation géologique 3D de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit de la mine d'or de Lafigué ».

L'objectif général de cette étude est de déterminer l'agencement litho-structurale de cette zone de jonction afin de produire un modèle géologique 3D fiable, directement exploitable pour la planification minière et l'optimisation des opérations. Pour y parvenir, trois objectifs spécifiques ont été définis :

- identifier les principales unités lithologiques et structures géologiques de cette zone ;
- déterminer le mode d'agencement litho-structural
- construire un modèle géologique 3D interprétatif de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit.

Pour exposer de manière claire et structurée l'ensemble du travail réalisé, ce rapport est organisé en trois grandes parties. Dans un premier temps, il présentera le contexte général du projet, en décrivant la structure d'accueil, la zone d'étude et le cadre géologique du site de Lafigué. Dans un second temps, il exposera le matériel utilisé et la méthodologie mise en œuvre pour la collecte, l'analyse et la modélisation des données géologiques. Enfin, la dernière partie sera consacrée à la présentation des résultats obtenus, accompagnée de leurs interprétations techniques en lien avec les objectifs fixés.



PREMIERE PARTIE : GENERALITES



CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL

I- HISTORIQUE

I.1- Premiers travaux d'exploration (1935–1995)

Les premières activités d'exploration dans la région du projet Lafigué remontent à 1935, lorsque le Bureau Minier de la France d'Outre-mer (BUMIFOM) a réalisé des campagnes de cartographie géologique. Ces premières observations ont constitué la base des travaux géologiques ultérieurs.

Dans les années 1960 et 1970, les investigations se sont intensifiées grâce à l'intervention de deux institutions majeures : le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et la Société pour le Développement Minier de la Côte d'Ivoire (SODEMI). Ces organismes ont mené des levés géophysiques aéroportées ainsi que des campagnes de géochimie sur sédiments de ruisseau et sur sols. Ces travaux ont permis d'identifier plusieurs anomalies aurifères dans la région.

I.2- Phase d'exploration ciblée par les partenaires privés (1996–2002)

À partir de 1996, la phase d'exploration du projet Lafigué connaît un nouvel élan avec la signature d'un accord de partenariat entre la SODEMI et GLENCORE, à travers sa filiale ivoirienne GATRO-CI. Ces travaux plus structurés et industrialisés visent à mieux caractériser les anomalies aurifères identifiées précédemment.

GATRO-CI a ainsi réalisé des levés géochimiques de sédiments de ruisseau et de sols, ainsi que des tranchées et des fosses d'exploration. La phase de forage comprenait 14 sondages carottés (DD) et 37 forages en circulation inverse (RC). Ces efforts ont permis de définir quatre zones cibles, dont celle de Lafigué.

Entre 1999 et 2002, c'est la société COMINOR qui prend le relais en poursuivant les campagnes de forage, notamment en utilisant les techniques de rotary air blast (RAB), RC et DD. Ces travaux ont mis en évidence la présence de minéralisation, bien que celle-ci se soit révélée discontinue entre les secteurs de Lafigué Nord et Lafigué Centre.

Cependant, la progression des explorations a été interrompue jusqu'en 2010, en raison du conflit civil en Côte d'Ivoire.

I.3- Reprise des travaux après la crise (2010–2014)

Après l'interruption des activités d'exploration due au conflit civil, les travaux ont repris en 2010. Cette reprise a été initiée par COMINOR, qui a effectué des campagnes de forage supplémentaires pour évaluer les extensions en profondeur de la minéralisation aurifère. Ces campagnes comprenaient 11 forages RC totalisant 1 109 mètres et 4 forages carottés (DD) pour 396 mètres.

En 2014, c'est au tour de La Mancha Côte d'Ivoire (LMCI) de conduire ses premiers travaux d'exploration sur le site. Cette étape a marqué un tournant important pour le projet, avec la réalisation de 23 forages carottés (DD) représentant 3 897 mètres. Ces nouvelles données ont permis de mieux contraindre la géométrie et l'extension de la minéralisation au sein du projet Lafigué.

I.4-Intensification sous Endeavour Mining (2016–2022)

En 2016, le projet Lafigué a été acquis par Endeavour Mining à travers sa filiale ivoirienne La Mancha Côte d'Ivoire (LMCI). Cette acquisition a marqué le début d'une phase intensive d'exploration, de modélisation et d'estimation des ressources minérales.

Entre 2017 et 2022, plusieurs campagnes de forages ont été réalisées, combinant les techniques de circulation inverse (RC) et de forage carotté (DD). Ces campagnes avaient pour objectifs principaux :

- la délimitation précise des extensions latérales et en profondeur de la minéralisation aurifère ;
- l'augmentation de la confiance géologique et de la continuité des zones minéralisées.

Les résultats de ces travaux ont conduit à la publication de plusieurs estimations de ressources minérales successives, améliorées au fur et à mesure des campagnes de forages, pour atteindre l'estimation de mai 2022 réalisée par SRK Consulting.

Parallèlement, Endeavour Mining a mené des études de faisabilité et obtenu le permis minier PE58 en 2021. La gestion opérationnelle a ensuite été confiée à la Société de Mines de Lafigué (SML), créée début 2022.



I.5- Situation actuelle et perspectives

Depuis mai 2022, le projet Lafigué dispose d'une estimation actualisée des ressources minérales réalisée par SRK Consulting, qui présente un total de 3,03 millions d'onces d'or en ressources indiquées et 102 000 onces en ressources présumées. Ces ressources sont désormais conformes aux standards internationaux de déclaration (CIM et NI 43-101).

Le permis minier PE58 a été délivré à LMCI en septembre 2021, puis transféré à la Société de Mines de Lafigué (SML) début 2022 pour la mise en œuvre des opérations minières.

La mine de Lafigué est entrée en production commerciale le 1^{er} août 2024, après la coulée du premier lingot d'or le 28 juin 2024. Depuis cette date, le site est en exploitation aurifère industrielle, couvrant l'ensemble des étapes de l'extraction au traitement du minerai. Les opérations se poursuivent dans une dynamique de montée en puissance, avec des efforts soutenus d'optimisation technique, d'amélioration de la capacité de traitement et de maximisation de la récupération aurifère.

Parallèlement, la société met en œuvre des programmes environnementaux et sociaux pour garantir un développement responsable et durable. La mise en production de Lafigué constitue une avancée majeure pour le secteur aurifère ivoirien, positionnant la mine comme un acteur clé de la production nationale d'or et ouvrir des perspectives économiques importantes pour la région

II- ORGANISATION DE LA SOCIÉTÉ DES MINES DE LAFIGUE (S.M.L)

La Société des Mines de Lafigué (SML) est une société anonyme spécialisée dans l'exploitation de l'or, placée sous la direction de Monsieur Paul Day, Directeur Général.

Dans le cadre de ses activités minières, la SML s'est dotée d'une structure organisationnelle fonctionnelle et hiérarchisée, conçue pour assurer une coordination efficace entre les différentes unités opérationnelles. Cette organisation permet une répartition claire des responsabilités, une meilleure circulation de l'information et une exécution cohérente des missions.

La structure comprend neuf (9) départements spécialisés, dont la collaboration contribue au bon fonctionnement global de l'entreprise. Ce sont :

- le **Département des Ressources Humaines**, dirigé par M. Médard TITRE est chargé de la gestion administrative du personnel. Il prend en main le recrutement, la formation, le suivi des carrières, la paie, ainsi que les relations sociales. Il œuvre au maintien d'un bon climat de travail et veille à l'application des politiques RH de l'entreprise ;
- le **Département Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE)**, sous la direction de Mme Marie Bernadette SECK, veille à la sécurité des travailleurs, à la protection de l'environnement et à la conformité aux normes en vigueur. Il met en place des dispositifs de prévention, forme les employés aux bonnes pratiques HSE et intervient en cas d'incident ;
- le **Département Logistique**, dirigé par M. Abdoulaye Goumar, assure l'approvisionnement, la gestion des stocks, la réception et la distribution des équipements, matériaux et consommables nécessaires aux opérations minières. Il garantit la fluidité et la disponibilité des ressources logistiques sur site ;
- le **Département des Finances**, encadré par M. Miguel CAMARA, gère les budgets, la comptabilité, la trésorerie et les obligations fiscales de l'entreprise. Il assure le suivi financier des opérations et fournit des données essentielles à la prise de décisions stratégiques ;
- le **Département de la Sûreté**, placé sous la responsabilité de M. Eric Gilbert DARRAS, a pour mission de sécuriser les personnes, les infrastructures et les ressources minières. Il contrôle les accès au site, organise des patrouilles, gère les systèmes de surveillance et assure la prévention des actes de malveillance ;
- le **Département Traitement**, dirigé par M. Mitchell COOK, prend en charge la transformation du minerai brut en produit valorisable. Il contrôle l'ensemble des processus métallurgiques (broyage, lixiviation, récupération) et travaille à l'optimisation des rendements tout en respectant les contraintes environnementales ;
- le **Département de la Performance Sociale**, placé sous la responsabilité de M. Adam KOUYATE, gère les relations avec les communautés locales. Il coordonne les actions de responsabilité sociétale, les projets communautaires et le dialogue avec les parties prenantes, dans le but de maintenir une bonne acceptabilité sociale des activités de la mine ;
- le **Département de l'ingénierie**, dirigé par M. N'Faly kante, ce département s'occupe de l'exploitation minière des différents gisements. Elle est composée de quatre (4) services qui sont :

- le service Topographie qui effectue les levés topographiques puis réalise la cubature des matériaux exploités ainsi que celle des stocks de minerai ;
 - le service Hydrogéologie, chargé de l'exhaure et de l'exécution des plans de drainage du site minier ;
 - le service Géotechnique qui veille au respect de la stabilité des talus des fosses exploitées;
 - le service Forage et Minage, chargé du dynamitage des formations rocheuses affleurant au cours de l'exploitation minière ;
 - le service Planification, quant à lui, définit les stratégies minières et élabore les plans miniers à court, moyen et long terme ;
 - le service Production, mettant en exécution les plans miniers prédéfinis afin d'atteindre les résultats opérationnels.
- le **Département des Ressources Minérales**, dirigé par M. Ernest Chibalé, constitue l'un des piliers techniques de la SML. Il est en charge de la gestion et de la valorisation du gisement à travers la collecte, l'analyse et la modélisation des données géo-scientifiques. Sa mission est d'assurer une compréhension géologique précise, une estimation fiable des ressources, et une cohérence entre les prévisions et la production effective, il comprend quatre (4) services :
- le service Production, dirigé par M. Pierre NEBIE, assure le suivi géologique de l'exploitation en veillant à ce que les volumes extraits soient conformes aux prédictions issues des modèles. Il veille également à la qualité du minerai extrait, en s'assurant que les matériaux envoyés vers l'usine répondent aux exigences de teneur ;
 - le service Contrôle de Teneur, encadré par M. Ouolli OUATTARA, est responsable de la supervision de l'échantillonnage, du suivi des teneurs, ainsi que de la garantie de la qualité des données utilisées pour la réconciliation. Il veille à ce que les prélèvements effectués (notamment par les méthodes RC et GC) respectent les protocoles établis afin d'assurer la représentativité des échantillons. Ce service joue un rôle clé dans la fiabilité des analyses métallurgiques, contribuant directement à la prise de décision opérationnelle et à la précision des rapports de production ;
 - le service Base de Données et Système, sous la responsabilité de M. Christophe KOUADIO, assure la gestion complète des bases de données géo-scientifiques,



veille à leur intégrité et traçabilité, ainsi qu'au bon fonctionnement des systèmes informatiques associés ;

- le service Modélisation et Réconciliation, dirigé par Mme Mbene GUEYE, prend en charge la construction des modèles géologiques 3D, l'estimation des ressources et la réconciliation entre les données de production et les prévisions. Ce service comprend une cellule Cartographie & Interprétation de Modèle, qui fournit les coupes, cartes géologiques et interprétations structurales indispensables à la modélisation.

Notre stage s'est déroulé au sein du Département des ressources minérales et précisément au service Modélisation et Réconciliation. L'organigramme de la SML est représenté par la figure 1 ci-après :

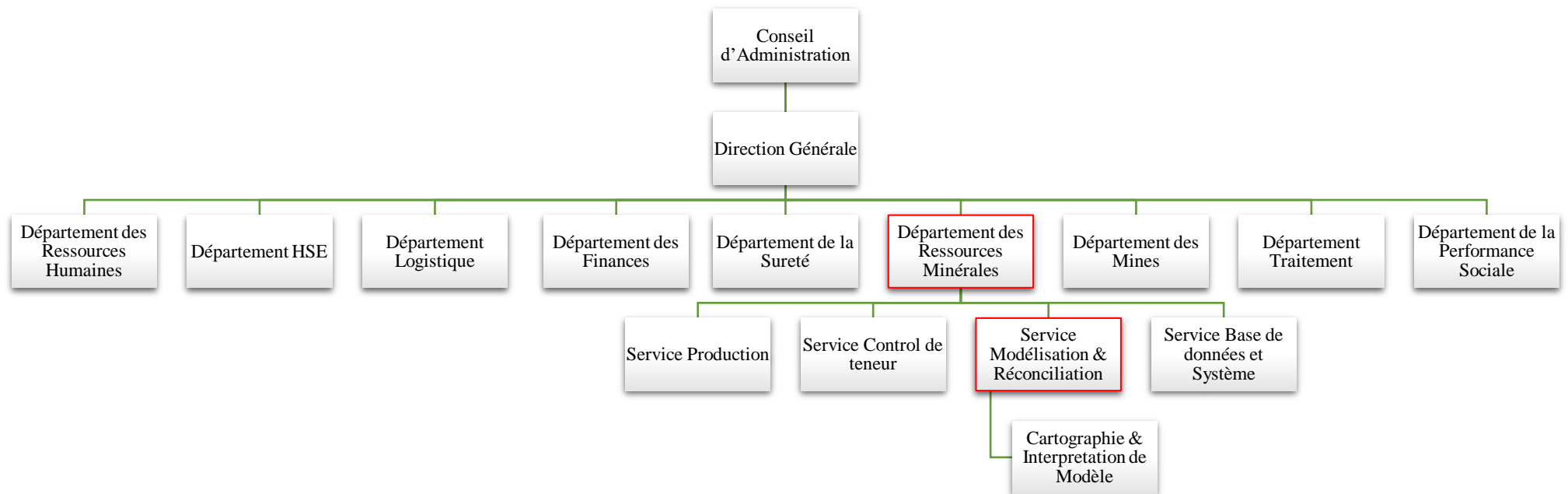


Figure 1 : Organigramme de la Société des Mines de Lafigué (S.M.L)

III- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

III.1- Cadre géographique

1- Localisation et accès

Le projet aurifère de Lafigué est situé dans le centre-nord de la Côte d'Ivoire, au sein du permis d'exploration de Fèttékro (PR 329), comme illustré à la figure 2. Il se trouve à environ 500 km au nord d'Abidjan, la capitale économique du pays, et à 80 km au Nord-Est de Bouaké, la principale ville de la région. Le gisement est adjacent au village de Lafigué, situé dans le département de Dabakala, à environ 54 km au Nord-Est de Katiola. Ce village, qui donne son nom au projet, est localisé à une latitude de 8° 17' 36" Nord et une longitude de 4° 37' 18" Ouest. L'accès au site se fait à partir de la route goudronnée B412, qui relie Katiola (à 50 km à l'ouest) à Dabakala (à 30 km à l'Est). Depuis cette route, une piste de 15 km part de BoniéréDougou pour rejoindre le village de Lafigué, situé à proximité du gisement.

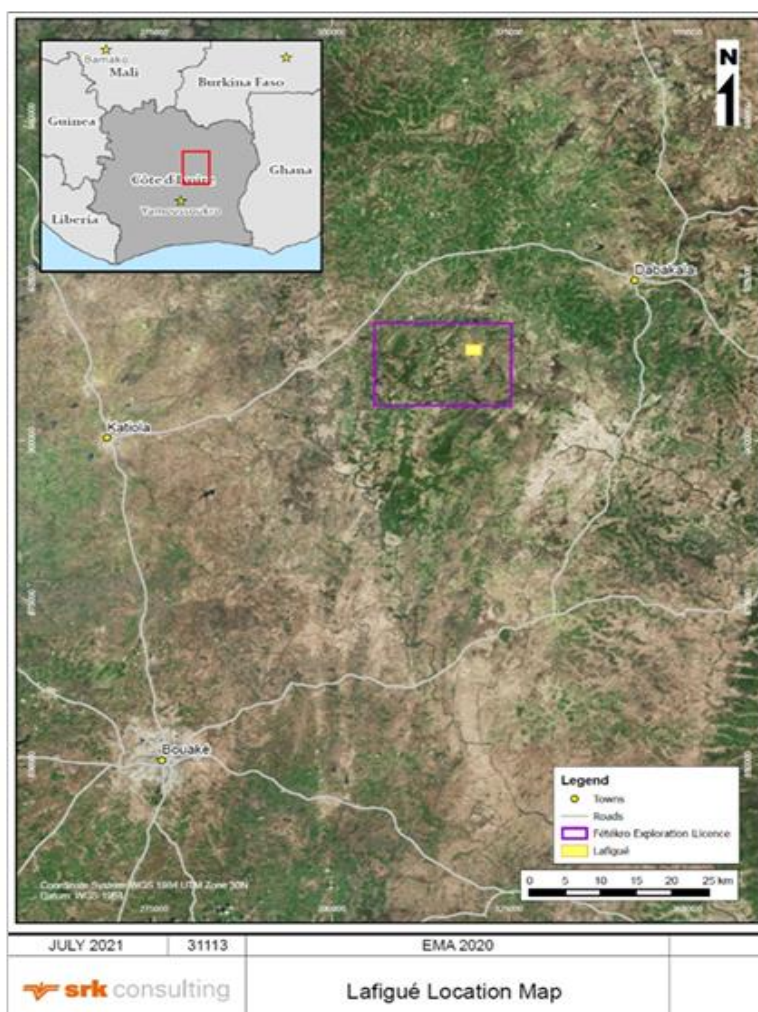


Figure 2 : Carte montrant l'emplacement du projet Lafigué dans la zone plus large du permis de prospection de Fèttékro située entre les villes de Katiola et Dabakala

2- Physiographie et climat

2.1- Physiographie

La mine Lafigué se situe dans la vallée du Bandama, une zone caractérisée par un relief ondulé composé d'une série de petites collines orientées du nord-est au nord-ouest, ainsi qu'au sud-est de la zone du projet. La zone immédiate de prospection est délimitée par deux collines distinctes, séparées par une vallée centrale orientée nord-sud, avec une altitude comprise entre 290 et 430 mètres.

Le paysage est typique des zones de savane du centre ivoirien, avec un couvert végétal composé de savane arborée et herbacée. Le milieu environnant comprend également des activités agricoles et pastorales, notamment l'élevage de bétail, ainsi que la culture du coton, de la noix de cajou, de l'arachide, du riz et du maïs.

2.2- Climat

Lafigué est située dans le centre de la Côte d'Ivoire et connaît, de ce fait, un régime climatique tropical de transition, entre les zones sub-sahariennes arides et semi-arides au nord et les zones tropicales humides au sud (golfe de Guinée). Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à environ 800 mm, avec une moyenne mensuelle d'environ 120 mm durant la saison des pluies (de juin à septembre), qui chute à moins de 40 mm pendant la saison sèche (de novembre à février) (Figure 3). La saison sèche est caractérisée par les vents de l'harmattan, soufflant du nord au sud, en provenance du désert du Sahara. Les températures varient entre 19 °C et 29 °C durant la saison des pluies, et entre 24 °C et 34 °C pendant la saison sèche, avec une température annuelle moyenne d'environ 28 °C.

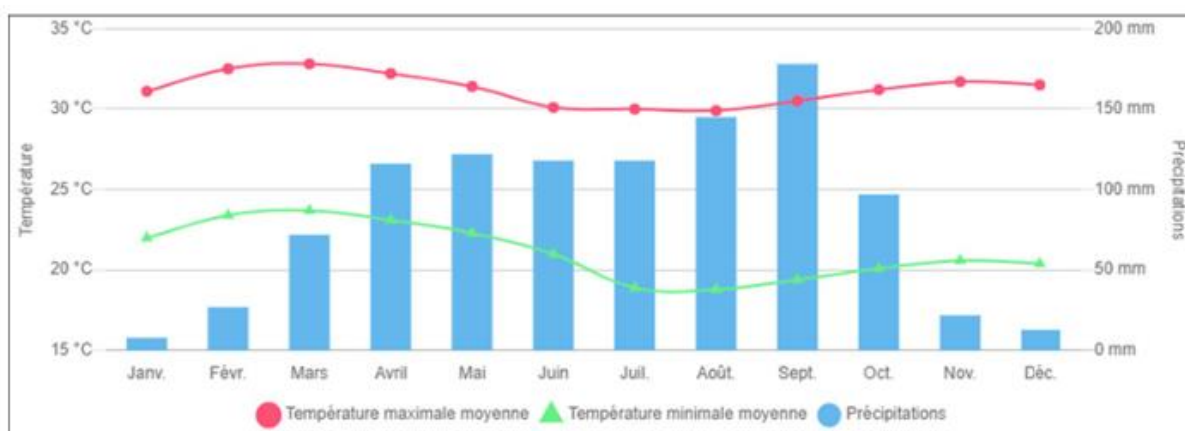


Figure 3 : Températures et précipitations moyennes pour la ville voisine de Katiola

Les vents dominants dans la zone du projet sont généralement du sud-ouest, avec des vitesses de 1 à 4 ms². La région de Dabakala connaît une humidité très contrastée tout au long de l'année, allant de plus de 80 % pendant la majeure partie de la période d'avril à novembre, à une humidité très réduite pendant la saison sèche.

3- Infrastructures et ressources locales

La ville de Dabakala, située à proximité de Lafigué, est la localité moyenne la plus proche, avec une population d'environ 56 000 habitants selon le recensement de 2014. Elle dispose de services de base tels qu'un hôpital, des commerces, des hôtels, ainsi qu'une réserve de main-d'œuvre locale. Les services plus spécialisés, quant à eux, proviennent généralement de Yamoussoukro ou d'Abidjan.

L'alimentation en électricité du site minier devrait être assurée par une connexion au réseau national, nécessitant la construction des infrastructures correspondantes durant la phase de développement du projet. Par ailleurs, une route goudronnée de 15 km devra être aménagée pour relier le site à la route nationale B412. D'autres infrastructures seront également nécessaires, notamment pour l'approvisionnement en eau, l'accès aérien, ainsi que pour les installations de traitement et d'hébergement sur le site minier.

III.2- Cadre géologique

1- Géologie de la Côte d'ivoire

Le continent africain repose sur trois grands cratons : au sud, le craton du Kalahari ; au nord de celui-ci, le craton du Congo ; et à l'ouest, le craton Ouest Africain. Ce dernier englobe au nord la dorsale de Reguibat et, au sud, la dorsale de Man (ou dorsale de Léo). Une grande partie de sa surface est recouverte par des formations sédimentaires protérozoïques supérieures : le bassin de Tindouf au nord, le bassin de Taoudéni au centre et le bassin voltaïque à l'est.

La Côte d'Ivoire est située dans la partie méridionale du craton Ouest Africain, précisément sur la dorsale de Man. Son territoire est constitué à 97,5 % de socle cristallin (soit environ 312 300 km²) et à 2,5 % de bassin sédimentaire (Figure 6). Selon Bessoles (1977), cité par Kouahi (2010), deux grands domaines, séparés par la faille de Sassandra orientée nord-sud, y sont identifiés :

- à l'Ouest de la faille, le domaine archéen (âgé d'environ 2,5 milliards d'années) ;
- à l'Est de la faille, le domaine Paléoprotérozoïque (âgé d'environ 2 milliards d'années).

1.1- Le socle cristallin

Le socle cristallin ivoirien, principalement granitique et cristallophyllien, appartient au bouclier précambrien d'Afrique de l'Ouest. Les analyses géochronologiques ont permis de distinguer trois grands ensembles : un archéen et un protérozoïque (inférieur et moyen), associés respectivement aux cycles orogéniques libérien et éburnéen.

- Le domaine Baoulé-Mossi (à l'est de la faille du fleuveassandra, jusqu'à la frontière avec le Ghana) comprend les formations protérozoïques inférieures. Celles-ci ont été formées et structurées lors de deux cycles :
 - le cycle éburnéen (1800 à 2200 Ma), lié à la formation et à l'organisation des sédiments du Paléoprotérozoïque, marqués par des bassins volcano-sédimentaires intercalés entre des massifs granitoïdes ;
 - le cycle burkinéen (2200 à 2400 Ma), responsable de la mise en place des formations dabakaliennes, que l'on retrouve au nord-est, au centre et au sud-est de la Côte d'Ivoire.
- Le domaine Kenema-Man est marqué par des formations mises en place lors des orogénèses libérienne (avant 2500 Ma) et léonienne (entre 2500 et 3500 Ma). On y rencontre deux grands ensembles lithologiques :
 - un complexe cristallin (migmatites et gneiss granulitiques) ;
 - des ceintures de roches (quartzites à magnétites, roches basiques à ultrabasiques), souvent en discordance sur le complexe de base.

Ces formations ont été intrudées par des granites et charnockites, puis métamorphisées dans les faciès amphibolite et granulite.

Enfin, le domaine SASCA, localisé au sud-ouest de la Côte d'Ivoire (bordé au sud par l'océan et à l'ouest par le Libéria), présente les caractéristiques géologiques des deux domaines précédents. Il est traversé par les fleuvesassandra et Cavally. Ses formations principales sont celles des unités de Hana-Lobo, de la Davo et de Louga-Kounoukou. À ces formations s'ajoutent trois autres ensembles plus anciens, antérieurs au cycle libérien : les formations de Grabo, de Kabiadioké-Balmer et de Tabou-Djidoubaye.

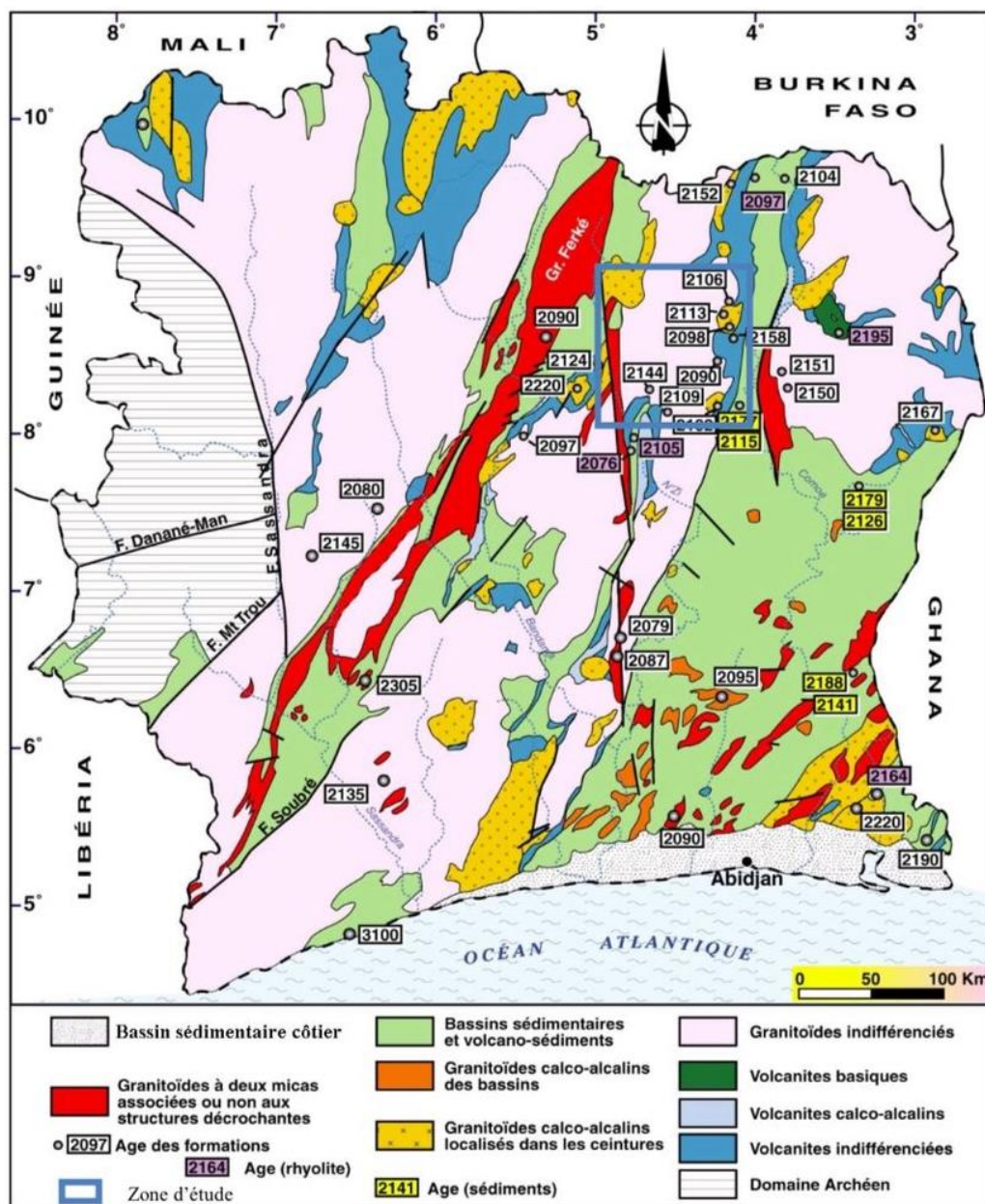


Figure 4 : Carte géologique simplifiée de la Côte d'Ivoire (Tagnini, 1971, Modifiée par Kouamelan, 1996)

1.2- Le bassin sédimentaire

Formé lors de l'ouverture de l'océan Atlantique, il y a 150 millions d'années, le bassin sédimentaire ivoirien s'étend au sud du pays, depuis Sassandra jusqu'à la frontière ghanéenne. Il se divise en deux parties :

- la zone émergée (onshore), couvrant 8 000 km² sur une largeur de 360 km, composée essentiellement de sédiments sablo-argileux encore en cours de dépôt. Cette zone est parcourue d'est en ouest par la faille des lagunes ;

- la zone immergée (offshore), de 40 000 km², qui s'étend au large jusqu'à des profondeurs dépassant 3 000 mètres.

2- Géologie de la mine d'or de Lafigué

2.1- Géologie régionale

Lafigué est situé à l'extrémité nord de la ceinture de roches vertes Oumé-Fettekro d'âge birimien, une ceinture méta-volcano-sédimentaire orientée N-S, composée principalement de roches métavolcaniques bimodales et de roches métasédimentaires clastiques. La ceinture se développe le long d'une zone de cisaillement orientée Nord-Est et est pénétrée et entourée par une série de complexes de granite et de granodiorite. D'autres gisements d'or notables développés le long de la ceinture de roches vertes d'Oumé-Fettekro comprennent Agbaou et Bonikro, tous deux situés au sud de Lafigué.

Des études de terrain antérieures (cf. Mortimer, 1990 ; Leake, 1992 ; Houssou, 2013 ; Ouattara, 2015) indiquent de multiples phases de déformation pour la ceinture de roches vertes d'Oumé-Fettekro, résumées comme suit :

- D1 : Compression WNW-ESE entraînant la formation de plis verticaux à isoclinaux orientés NNE (F1), accompagnée d'un clivage axial-plan pénétrant (S1).
- D2 : La compression WNW-ESE à NW-SE a produit des plis isoclinaux à droits orientés NNE à NE (F2), un clivage axial-plan pénétrant (S2) et des zones de cisaillement inverse à angles modérés à élevés.
- D3 : Transpression NW-SE marquant le passage d'un régime de déformation coaxial à un régime non coaxial, ainsi qu'une évolution d'un comportement ductile à un comportement fragile-ductile. Cette phase est associée à la formation d'un clivage à crénulation espacée orienté NE (S3) et à la dissection de la ceinture de roches vertes d'Oumé-Fettekro par des zones de cisaillement senestres orientées N à NNE.
- D4 : Raccourcissement E-W se produisant à des niveaux crustaux élevés, responsable du développement de failles conjuguées cassantes de type décrochement-grève orientées ENE (dextres) et WNW (senestres). Cet épisode de déformation est également associé à la formation de plis verticaux localisés d'orientation N (F4) et de clivages axiaux-planaires associés (S4).

2.2- Géologie locale et minéralisation

Le gisement aurifère de Lafigué se développe au sein d'un complexe volcanique birimien d'âge paléoprotérozoïque (environ 2,1 Ga). Les principales lithologies affleurantes comprennent des métagabbros, des metabasalts et plusieurs intrusions de granodiorite situées à l'ouest du gisement. Ce cadre géologique est localement recoupé par des dykes de granodiorite et de porphyre quartzitique, spatialement associés aux corps intrusifs granodioritiques.

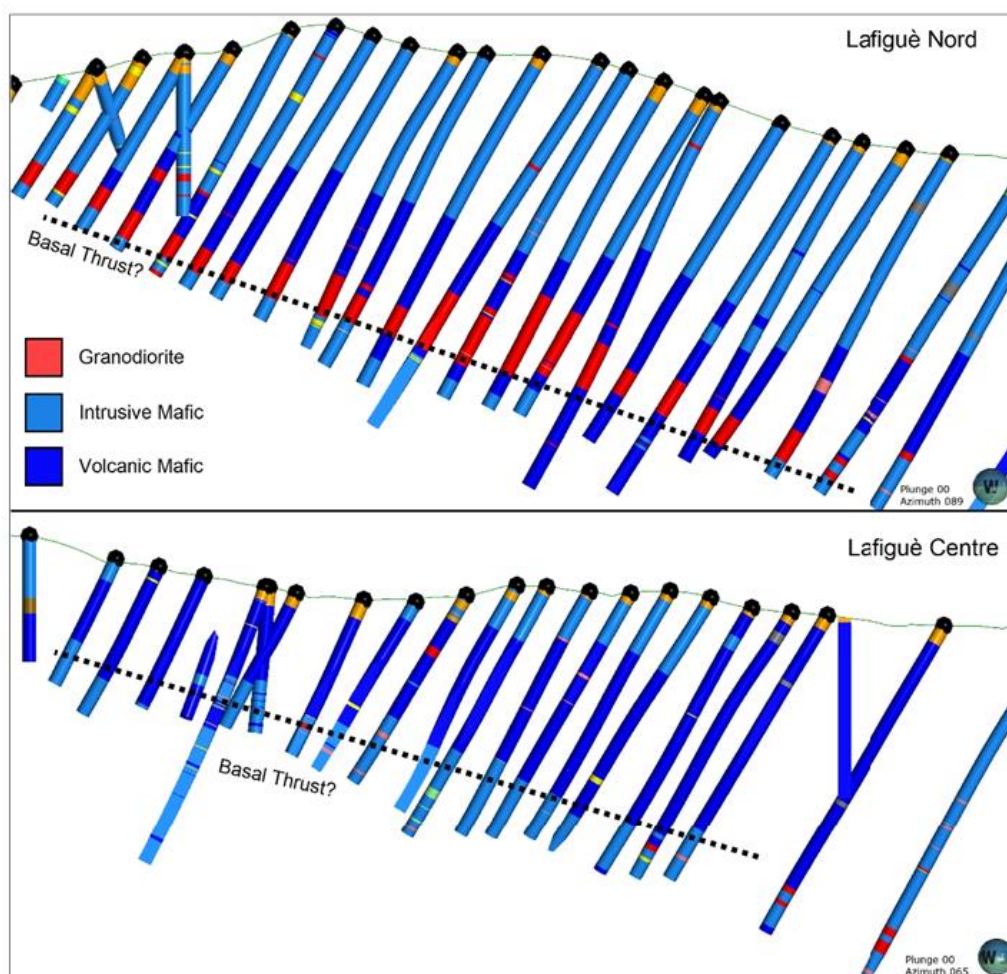


Figure 5 : Coupes transversales montrant la lithologie et le contact granodiorite-métagabbro à Lafigué Nord et le long du contact metabasalt-gabbro à Lafigué Centre

La structuration du gisement est dominée par un réseau de **zones de cisaillement orientées ENE**, qui présentent des pendages modérés vers le sud (S) ou le sud-sud-est (SSE), de 10 à 40°. Ces zones de cisaillement recoupent la foliation régionale birimienne, dont le pendage est plus abrupt, atteignant 65-75° vers le sud. La géométrie en C-S est typique de ces cisaillements, avec des textures de brèche à fissures et à craquelures, favorisant la circulation des fluides minéralisateurs.

La **minéralisation aurifère** est étroitement associée à ces zones de cisaillement, qui agissent comme des pièges structuraux. Deux styles de minéralisation sont reconnus :

✓ **Minéralisation filonienne**

Elle est concentrée dans des veines de **quartz-tourmaline**, formées le long des plans de cisaillement empilés qui recoupent les métagabbros foliés et les méta basaltes. Ces veines se développent dans les zones de contraste de compétence, minéralisant à la fois les roches de la paroi suspendue et de l'éponte inférieure.

✓ **Minéralisation disséminée**

Elle se manifeste sous forme de fines disséminations de sulfures (pyrite, pyrrhotite, or) et de minéralisation aurifère en fines veines ou en filonnets. Cette minéralisation disséminée est particulièrement bien développée dans les zones de cisaillement altérées de la paroi suspendue ainsi qu'au niveau des principaux contacts lithologiques.

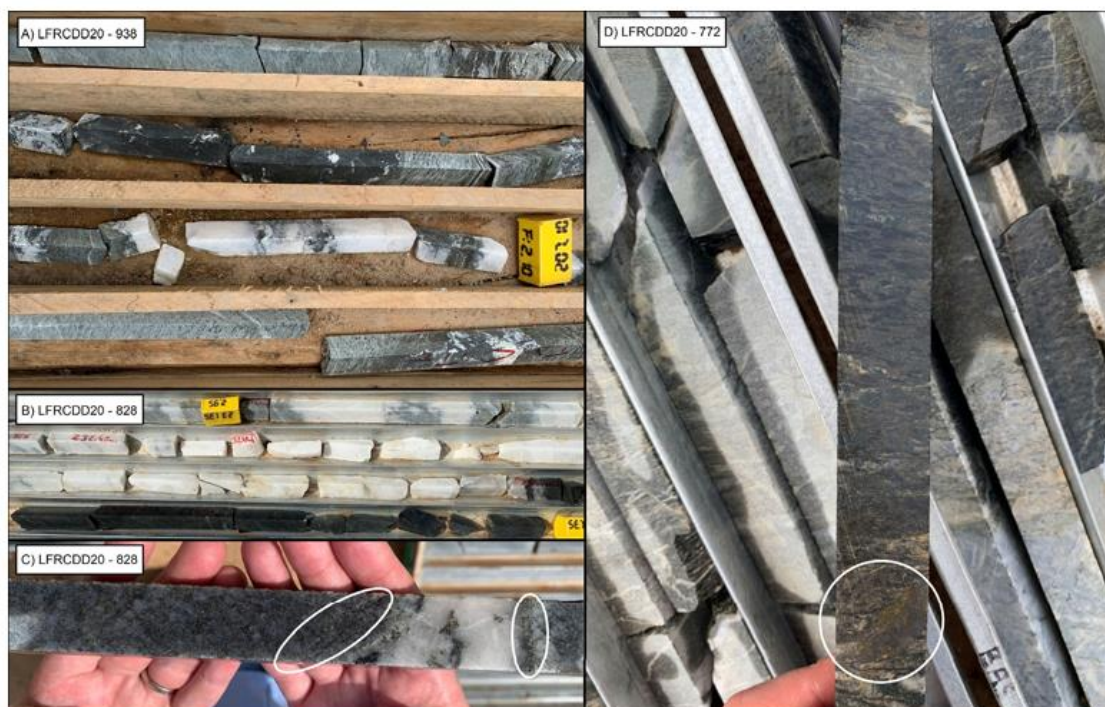


Figure 6 : Carottes de forage de Lafigué : minéralisation finement disséminée dans le metabasalte du mur inférieur ; minéralisation aurifère en disséminations et filonnets de quartz (cercles blancs) dans la granodiorite

Les zones de cisaillement minéralisées sont les principales structures contrôlant la distribution de l'or. Elles se développent préférentiellement le long des contacts lithologiques entre les intrusifs mafiques, les unités volcaniques mafiques et les intrusions de granodiorite. Ces contacts jouent un rôle crucial dans la concentration de l'or, comme illustré par la coupe transversale suivante.

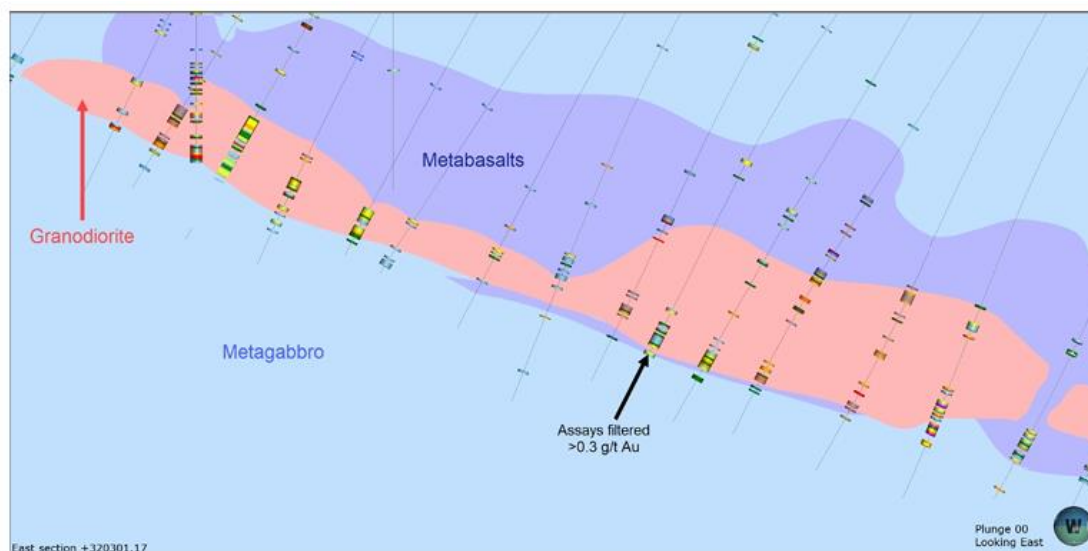


Figure 7 : Coupe transversale (vue vers l'est) montrant la relation spatiale entre la minéralisation aurifère (teneurs filtrées $>0,3$ g/t Au) et l'intrusion de granodiorite à Lafigué Nord

La géométrie en C-S de ces cisaillements, combinée aux structures de cisaillement empilées, aux zones de brèche et à l'altération hydrothermale extensive, a permis la mise en place de larges zones de minéralisation aurifère disséminée. Ce style de gisement est analogue à celui des gisements birimien d'Afrique de l'Ouest.

CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LE THÈME

Afin de mieux cerner les fondements techniques et scientifiques sur lesquels repose ce travail, il est essentiel de présenter les notions clés en lien avec le thème d'étude. Ce chapitre rassemble ainsi les généralités relatives à la géologie litho-structurale, à la modélisation géologique 3D, ainsi qu'aux enjeux de ces approches dans un contexte d'exploitation minière. Il permet de situer l'intérêt et la pertinence d'une telle étude appliquée à un gisement aurifère de Lafigué, et plus particulièrement à la jonction entre les fosses Main Pit, Pit C et West Pit.

I- NOTIONS DE BASE EN GÉOLOGIE MINIÈRE

I.1-Lithologie

La lithologie désigne l'ensemble des caractéristiques physiques et minéralogiques d'une roche : texture, composition, couleur, etc. En contexte minier, elle est essentielle car certains types de roches sont plus favorables à la minéralisation que d'autres. Par exemple, les roches altérées, fracturées ou riches en silice peuvent mieux accueillir des fluides minéralisateurs. La connaissance lithologique permet donc de :

- différencier les unités géologiques ;
- identifier les horizons favorables à l'or ;
- appuyer l'interprétation géologique en 3D.

I.2-Les structures géologiques : Contrôles de la Minéralisation

La géologie structurale, branche essentielle de la géologie minière, étudie les déformations des roches et les structures résultantes telles que plis, failles ou fractures. Ces structures témoignent des contraintes tectoniques auxquelles les terrains ont été soumis, influençant à la fois la répartition des minéralisations, la géométrie des gisements et leur exploitation minière.

- Types de déformation

Les roches peuvent subir différents types de déformation selon les contraintes tectoniques, la température, la pression et la nature lithologique :

- **translation** : déplacement sans déformation interne ;
- **rotation** : changement d'orientation des couches sans changement de forme ;
- **distorsion** : modification interne de la forme (cisaillement, allongement) ;
- **changement de volume** : dilatation ou contraction.

Ces déformations peuvent être :

- **homogènes ou hétérogènes**, selon que les structures sont uniformes ou variables dans le volume rocheux ;
- **continues ou discontinues**, selon la nature progressive ou brusque de la déformation ;
- **coaxiales ou non-coaxiales**, selon que les axes principaux de déformation tournent ou non pendant le processus.

➤ Les failles

Une faille est une cassure de la roche accompagnée d'un déplacement relatif entre deux compartiments. Elle résulte de contraintes tectoniques cassantes. Les principaux types de failles sont :

- **faille normale** : extension horizontale, le toit s'abaisse par rapport au mur ;
- **faille inverse** : compression horizontale, le toit remonte par rapport au mur ;
- **faille de décrochement** : mouvement horizontal, avec coulissement latéral (dextre ou sénestre).

Les failles influencent la perméabilité des terrains, le drainage des fluides minéralisateurs, et peuvent jouer un rôle contrôlant dans la formation des gisements.

➤ Les plis

Les plis sont des déformations ductiles des couches géologiques, qui se plient sans se rompre. Ils apparaissent sous l'effet de contraintes tectoniques lentes et prolongées. Un pli est constitué de :

- **charnière** : zone de courbure maximale ;
- **flancs** : parties plus planes reliant deux charnières.

Les plis peuvent être classés selon :

- leur **forme géométrique** : plis en chevron, coiffés, etc ;
- leur **angle d'ouverture** : modéré, ouvert, fermé, isoclinal.

Ils sont des structures importantes dans la cartographie structurale, car ils peuvent contrôler la géométrie et la localisation de certains gisements.

➤ Rôle des structures dans la géologie minière

Les structures géologiques ont une influence directe sur la mise en place, la forme et la continuité des corps minéralisés. Comprendre la géométrie, la cinématique et la chronologie des structures permet :

- d’optimiser les campagnes de forage ;
- de modéliser les ressources en 3D ;
- de planifier efficacement l’exploitation.

II- MODELISATION GEOLOGIQUE : DEFINITION ET PRINCIPES DE BASES

II.1- DEFINITION

La modélisation géologique 3D est une méthode numérique permettant de représenter en trois dimensions la distribution spatiale des unités géologiques et des structures d’un gisement. Elle s’appuie sur des données issues de forages, de cartes géologiques, de coupes et d’observations structurales pour produire une image réaliste et intégrée du sous-sol.

Cette approche est devenue essentielle en géologie minière, car elle facilite la visualisation, l’analyse et la compréhension de la géométrie des corps minéralisés, tout en améliorant la communication entre les différents départements techniques

II.2- PRINCIPES DE BASES

La modélisation 3D repose sur l’interprétation géologique des données disponibles, la définition de surfaces ou de volumes (comme les contacts lithologiques, les failles, les zones minéralisées), et leur interpolation dans l’espace à l’aide de logiciels spécialisés. Elle suit généralement un processus en plusieurs étapes : validation et traitement des données, création de surfaces, génération de volumes (blocs) et exportation vers des outils de planification minière.

Selon les objectifs de l’étude, plusieurs types de modèles peuvent être construits, notamment :

- un modèle lithologique, représentant la distribution des différentes unités de roche ;

- un modèle d'altération, permettant de cartographier les zones ayant subi des transformations chimiques ou minéralogiques, souvent en lien avec les processus de minéralisation.

La qualité du modèle dépend fortement de la densité des données, de la rigueur de l'interprétation et de l'expérience du géologue modéleur. Ces modèles sont des outils essentiels pour appuyer la compréhension du gisement et orienter les décisions d'exploration et d'exploitation.

III- INTERET ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Ce travail s'inscrit dans une démarche de compréhension géologique approfondie de la zone située à la jonction entre les fosses Main Pit, Pit C et West Pit de la mine d'or de Lafigué. L'intérêt principal est d'évaluer le potentiel en ressources additionnelles dans cette zone encore peu explorée, où les structures géologiques complexes laissent entrevoir des perspectives de continuité minéralisée.

La caractérisation litho-structurale a pour objectif d'identifier les unités lithologiques présentes, de cartographier les structures majeures (failles, fractures, contacts) et de comprendre leur influence sur la distribution de la minéralisation aurifère. L'analyse porte une attention particulière à la continuité possible de la minéralisation entre les trois fosses, en examinant si les structures favorables à l'accumulation de l'or se prolongent d'un pit à l'autre.

Une attention spécifique est portée sur les alignements structuraux, les veines minéralisées et les zones d'altération, éléments susceptibles d'indiquer une connexion géologique et économique entre Main Pit, Pit C et West Pit.

La modélisation géologique 3D permet d'intégrer et de visualiser l'ensemble de ces éléments, offrant une interprétation spatiale cohérente du sous-sol. Elle constitue une base solide pour une évaluation plus fiable du potentiel minier.

L'enjeu à long terme est stratégique : déterminer si ces fosses peuvent, à terme, être géologiquement et opérationnellement connectées, ce qui ouvrirait la voie à une exploitation optimisée et continue de cette partie du gisement.

Ce travail contribue ainsi à réduire l'incertitude géologique, à améliorer la planification minière, et à appuyer la prise de décision pour le développement futur de cette zone clé.

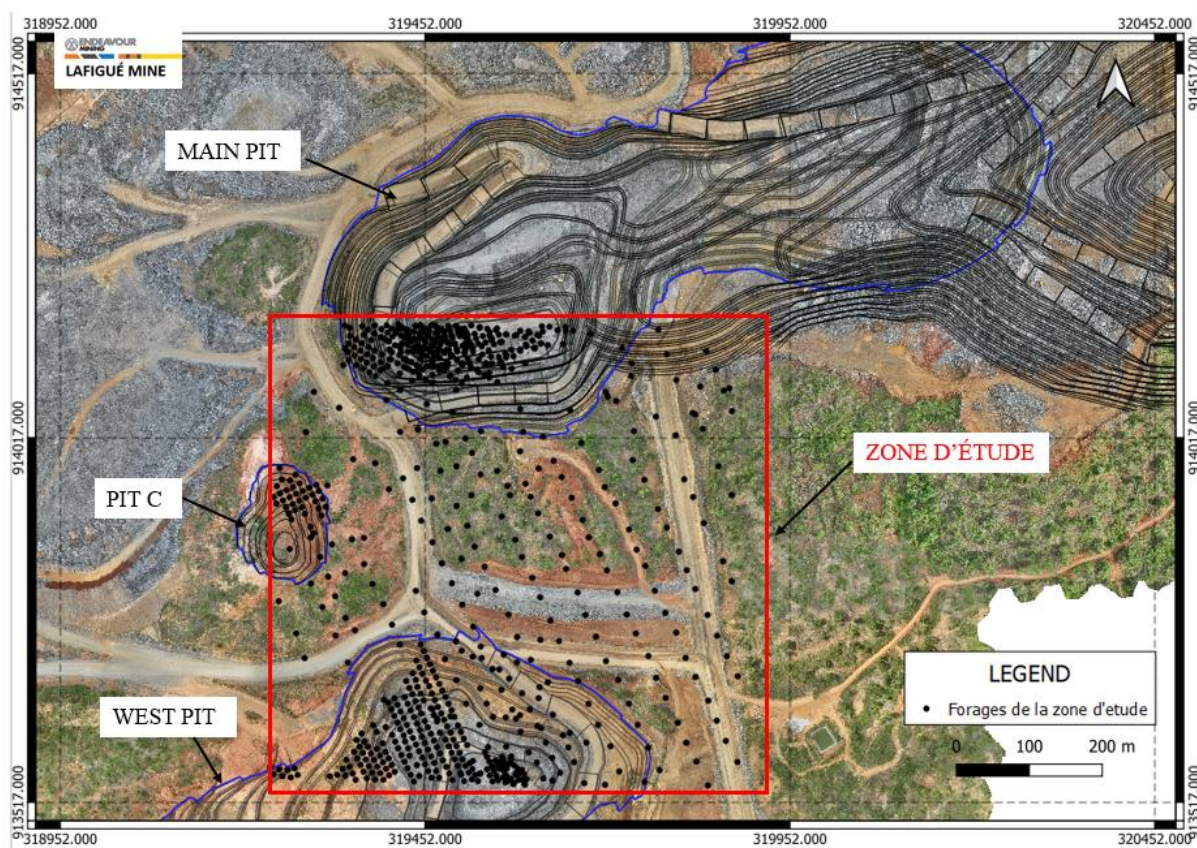


Figure 8 : Localisation de la zone d'étude entre le Main pit, le pit C et le West pit



DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIEL

La réalisation de ce travail a nécessité le recours à un ensemble de ressources matérielles et documentaires adaptées aux exigences du terrain et du traitement des données géologiques. Ces moyens ont été mobilisés à différentes étapes du stage, depuis la collecte des informations sur le site jusqu'à leur modélisation et leur interprétation.

On distingue principalement trois catégories de matériel : le matériel de terrain (incluant les EPI et les outils techniques), les équipements informatiques et logiciels, ainsi que la documentation technique et scientifique utilisée en support.

I- DOCUMENTATION

Nous avons procédé à la revue bibliographique de différents documents relatifs au sujet : thèses, cartes, rapports, publications, etc. (voir bibliographie).

II- MATERIEL DE TERRAIN

II.1- Equipements de protection individuels (EPI)

Les E.P.I utilisés pour exécuter nos tâches en toute sécurité sont constitués :

- ✓ d'un casque, pour protéger la tête contre les blessures occasionnées par la chute d'objets ;
- ✓ de lunettes de protection, afin de prévenir les risques liés à la vue ;
- ✓ des gants de protection, pour se protéger contre les risques liés à la manutention ;
- ✓ d'une chaussure de sécurité, pour protéger les pieds contre la perforation, les chocs ;
- ✓ cache-nez, pour se protéger des particules de poussières inhalables ;
- ✓ bouchons d'oreilles, pour se protéger contre les nuisances sonores.

La figure 9 ci-dessous présente les divers équipements de protection individuelle.



Figure 9 : Equipements de protection individuels

II.2- Matériel technique de terrain

L'acquisition de données géologiques fiables repose sur l'utilisation d'un ensemble d'outils techniques adaptés. Durant les travaux sur le terrain, les équipements suivants ont été utilisés :

- ✓ marteau de géologue : pour casser les roches et observer les cassures fraîches ;
- ✓ boussole de type BREITHAUPT KASSEL : pour mesurer les directions et les pendages des structures ;
- ✓ GPS portatif : pour localiser précisément les points de prélèvement et les zones d'intérêt géologique ;
- ✓ carnet de terrain : pour enregistrer les observations lithologiques, structurales et les conditions d'échantillonnage ;
- ✓ appareil photo numérique : pour documenter les structures ;
- ✓ sacs d'échantillons et tags d'identification : pour le prélèvement et la traçabilité des échantillons.

III- MATÉRIEL INFORMATIQUE ET LOGICIEL

L'analyse, le traitement et la modélisation des données collectées sur le terrain ont nécessité l'usage d'outils informatiques spécialisés. Ces logiciels ont permis de passer des observations brutes à une représentation géologique structurée, en 2D comme en 3D, et d'assurer une intégration cohérente avec les objectifs de contrôle de teneur et de modélisation. Les principaux logiciels utilisés sont :

- ✓ **microsoft Excel et power Query** : pour la saisie, le nettoyage et l'analyse statistique des données géologiques et analytiques ;
- ✓ **leapfrog Geo et vulcan** : logiciel de modélisation 3D utilisé pour construire des modèles géologiques, générer des volumes et représenter les structures ;
- ✓ **QGIS** : système d'information géographique utilisé pour la création de cartes géologiques, la superposition de couches et l'analyse spatiale des données ;
- ✓ **microsoft Word et PowerPoint** : pour la rédaction du rapport de stage, la mise en forme des résultats et la préparation de la présentation orale ;
- ✓ **DS Tools** est une base de données centralisée qui a permis l'accès aux données de forage (RC, GC, etc) ainsi que leur saisie et leur mise à jour de manière structurée et sécurisée.



Figure 10 : Logiciels de cartographie et de modélisation

CHAPITRE IV : METHODES

Cette section décrit la méthodologie appliquée dans notre travail, qui se divise en deux volets principaux : la caractérisation lithologique et structurale de la zone étudiée, suivie de la modélisation géologique tridimensionnelle de la jonction entre Main Pit, Pit C et West Pit.

I- CARACTERISATION LITHO-STRUCTURALE

I.1-Méthodes d'acquisition des données

I.1.1- Données de forage

L'acquisition des données de forage constitue la première étape de la caractérisation litho-structurale et de la modélisation géologique 3D de la jonction Main Pit - Pit C -West Pit. Elle repose principalement sur l'exploitation des informations issues des forages RC et DDH réalisés dans la zone d'étude.

➤ Choix des forages

L'ensemble des données exploitées dans ce travail provient de la base de données DS Tools, qui centralise toutes les informations relatives aux forages réalisés sur le site de Lafigué. Cette base regroupe aussi bien les données issues des forages d'exploration que celles des forages de grade control (GC), accompagnées des observations lithologiques correspondantes.

Pour cette étude, un total de 785 forages a été sélectionné en fonction de leur localisation dans la zone de jonction entre le Main Pit, le Pit C et le West Pit, ainsi que de la qualité des informations disponibles. L'échantillon se compose de 285 forages RC, 476 GC-RC, 15 RC-DD et 9 DDH.

Cette sélection couvre de manière représentative la zone de jonction étudiée, en intégrant des forages issus de différentes campagnes et types (RC et DDH), répartis entre l'exploration, le grade control (GC) et Advance grade control (AGC). Elle constitue ainsi une base solide pour une interprétation géologique fiable et cohérente du secteur.

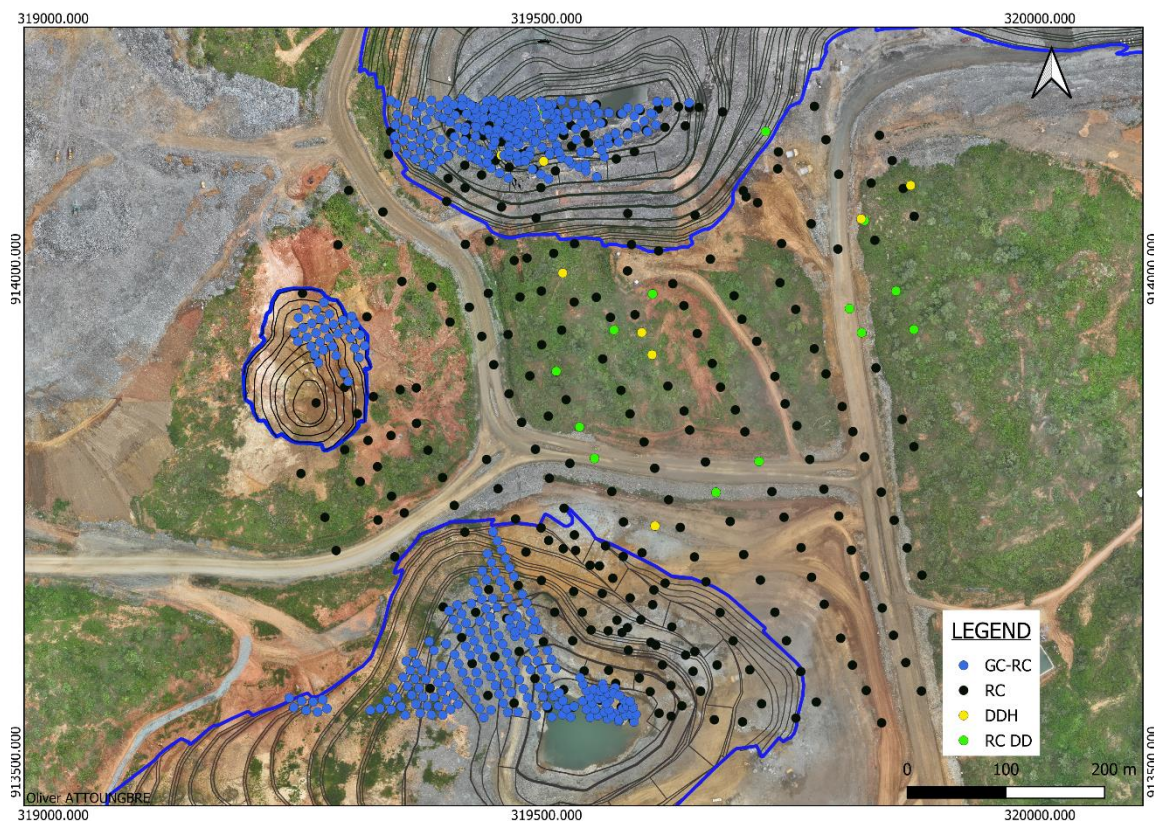


Figure 11 : Localisation des forages dans la zone d'étude

➤ Exploitation des données lithologiques de forage

La caractérisation lithologique de la zone de jonction entre Main Pit, Pit C et West Pit s'appuie sur les données lithologiques des 785 forages précédemment sélectionnés. Ces informations, extraites de la base DS Tools, ont permis d'identifier les lithologies dominantes du secteur, de comprendre leur répartition spatiale en profondeur, et de compléter les observations de terrain dans les zones peu ou non affleurantes.

I.1.2- Levée structurale et lithologique

Cette étape de l'étude a consisté à relever directement sur le terrain les orientations des structures visibles et les caractéristiques lithologiques dans la zone de jonction entre Main Pit, Pit C et West Pit. Les observations ont été réalisées le long des murs des trois fosses et à certains endroits à l'intérieur des fosses, là où la roche est fraîchement exposée et permet une bonne lecture géologique.

Pour chaque structure observée, nous avons mesuré la direction, le pendage et la direction du pendage à l'aide d'une boussole de type BREITHAUPT KASSEL. Parallèlement, les unités lithologiques ont été décrites selon leur couleur, texture, granulométrie, minéralogie dominante

et degré d'altération, et les contacts visibles entre unités ont été relevés. Toutes les observations lithologiques et structurales ont été géoréférencées dans le système WGS84 et intégrées dans QGIS. Les données structurales ont ensuite été traitées sous forme de stéréogramme afin d'obtenir une vision en deux dimensions des orientations dominantes et des principales familles de structures.

Les observations lithologiques et structurales ont permis de visualiser la répartition spatiale des unités rocheuses et des structures sur l'ensemble du secteur, d'identifier d'éventuels alignements ou zones de concentration, et de compléter les informations issues des forages. Ces levés constituent ainsi une base essentielle pour la validation des données de forage et pour affiner la modélisation géologique 3D de la jonction entre les trois fosses.

I.2-Cartographie litho-structurale

Après l'étude lithologique des forages sélectionnés et la prise de mesures structurales sur le terrain, une cartographie litho-structurale de la zone d'étude a été réalisée. Pour cela, l'ensemble des données lithologiques et structurales a été organisé et préparé, puis intégré dans un système de projection commun (WGS 84 / UTM Zone 30N). Les points d'observation ont été localisés sur une base cartographique, ce qui a permis de positionner avec précision les données issues des forages et les structures mesurées (failles, foliations, quartz zones, etc). Les différentes unités lithologiques ont ensuite été délimitées à partir des informations disponibles, et les éléments structuraux ont été représentés sous forme de symboles orientés. L'ensemble de ces éléments a été assemblé dans le logiciel QGIS, permettant la création d'une carte synthétique regroupant les informations lithologiques et structurales.

II- MODELISATION GEOLOGIQUE

Dans cette partie, nous présentons la méthodologie adoptée pour la réalisation du modèle géologique 3D de notre zone d'étude, à l'aide du logiciel Leapfrog Geo. Le modèle intègre les principales unités lithologiques, les zones d'altération et les structures géologiques observées. Les données structurales ont été utilisées pour affiner la modélisation en surface, tandis que les données issues des forages ont permis de guider et d'affiner la modélisation aussi bien en surface qu'en profondeur. L'objectif est de produire une représentation 3D cohérente et précise du sous-sol, combinant lithologie, altération et structure, afin d'améliorer la compréhension géologique de la zone.

II.1- Mise en place du projet et préparation des données

❖ Création du projet

Avant de commencer la modélisation, un projet dédié a été créé dans Leapfrog Geo pour organiser les données géologiques de la zone d'étude. Cette étape permet de structurer l'environnement de travail et de centraliser tous les éléments nécessaires à la construction du modèle. La création du projet se fait via le menu **Projects**, en choisissant l'option **New Project**. Un nom est attribué : **Lafigué_Pits_Jonction_Geological_Modeling**, puis un emplacement de sauvegarde est défini à l'aide de la fonction **Browse**.

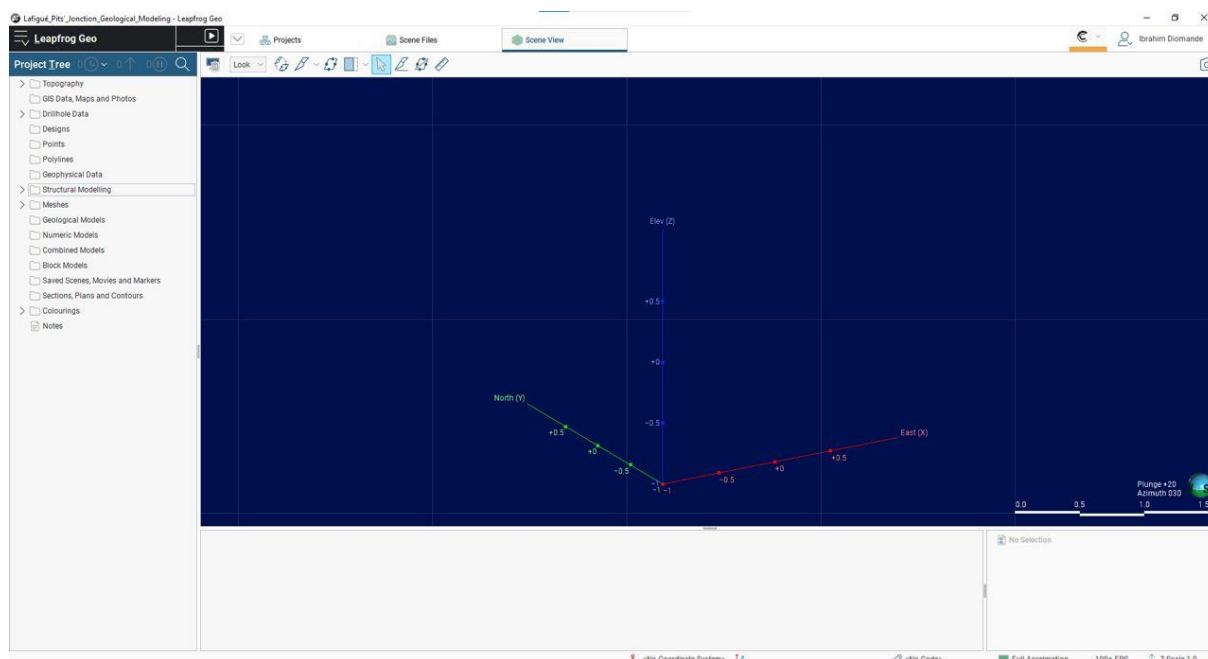


Figure 12 : Interface du logiciel Leapfrog Geo

❖ Importation et affichage de la base de données de forage

➤ Nature des données

Les données de forage exploitées dans le cadre de cette étude proviennent des campagnes RC et DDH. Elles comprennent les coordonnées de localisation (collar), les mesures d'orientation (survey), et les descriptions lithologiques (litho) et les informations sur l'altération (weathering)

➤ Format et structure des fichiers

Les données utilisées ont été fournies sous forme de fichiers CSV (Comma-Separated Values). Quatre fichiers ont été exploités :

- **collar** : contient les coordonnées de départ des forages (X, Y, Z) ainsi que leur profondeur totale ;
- **survey** : regroupe les mesures d'orientation (azimut et inclinaison) prises à différentes profondeurs ;
- **lithology** : indique les différentes unités lithologiques traversées, définies par des intervalles et un code associé ;
- **weathering** : présente les niveaux d'altération sur les mêmes intervalles, avec un code correspondant à chaque type d'altération.

Tous les fichiers utilisent un identifiant de forage commun (**Hole ID**), ce qui permet de relier facilement les informations entre elles lors de leur traitement. Avant leur utilisation dans

Leapfrog geo, les fichiers ont été vérifiés. Cette étape a permis d'assurer une intégration sans erreur, un extrait de chaque tableau est présenté en annexe.

Leapfrog Geo

Import Drillholes

Progress: collar.csv > Survey.csv > litho.csv

File Data

	East (X)	North (Y)	Elev (Z)	Hole ID	Max Depth	Not In
1	X	Y	Z	holeid	maxdepth	phase
2	319525.47	914124.82	363.89	LF17-138	100	2017
3	319411.41	914160.76	351.19	LF17-143	50	2017
4	319418.65	914134.54	351.78	LF17-144	70	2017
5	319448.14	914110.35	354.02	LF17-145	80	2017
6	319466.03	914129.98	358.7	LF17-146	100	2017
7	319441.92	914145.44	356.96	LF17-150	80	2017
8	319299.54	914079.89	334.25	LF17-158	35	2017
9	319339.75	914116.49	338.6	LF17-159	30	2017
10	319334.18	914058.04	341.05	LF17-160	50	2017
11	319252.67	913975.48	357.64	LF17-162	50	2017
12	319265.49	913912.16	360.03	LF17-165	50	2017
13	319368.08	913879.58	348.11	LF17-166	20	2017
14	319266.45	913864.38	347.37	LF17-168	50	2017
15	319275.34	913748.27	332.46	LF17-169	30	2017
16	319426.544	914112.501	348.913	LFARC2505	23	2023
17	319443.816	914102.43	351.157	LFARC2506	30	2023
18	319435.274	914107.497	350.29	LFARC2507	27	2023
19	319461.322	914092.473	353.808	LFARC2508	36	2023
20	319452.485	914097.411	352.255	LFARC2509	32	2023

Column Summary

Column	Column type	Import Name
X	East (X)	East (X)
Y	North (Y)	North (Y)
Z	Elev (Z)	Elev (Z)
holeid	Hole ID	Hole ID

Name:

collar

Character encoding:

Auto (utf-8-sig)

Unique row ID:

None

Select header row:

1

Import All Columns

> Date and time formats

> CSV characters

Delimiter character:

;

Comment leader character:

#

Quote character:

"

Decimal character:

.

Cancel

Next

Figure 13 : Aperçu de la base de données collar des forages dans Leapfrog Geo

II.2- Traitement des données de forage

Cette étape est essentielle pour préparer nos données avant de construire le modèle. L'objectif est de rendre les informations de forage et de terrain propres et cohérentes, dans le but de faciliter la modélisation implicite. Il se fera en trois (3) étapes :

- Regroupement (Grouping)
 - ❖ En termes de lithologie

Le grouping est une étape essentielle du traitement des données dans Leapfrog Geo. Il consiste à regrouper plusieurs lithologies ou catégories en classes homogènes afin de simplifier le jeu de données, réduire les incohérences liées aux descriptions de terrain.

Les informations issues du logging ont fourni 26 codes lithologiques différents. Ces codes ont été regroupés en 9 lithologies dominantes : Diorite, Intrusif (felsique et mafiques), Volcanite (felsique et mafiques), Latérite, Intervalles non récupérés (No Recovery), Zone de quartz et Saprolite. Ces lithologies regroupées ont été enregistrées dans une nouvelle table nommée **Litho_Grp**, et une couleur spécifique a été assignée à chacune afin de faciliter la visualisation et l'interprétation dans le modèle 3D.

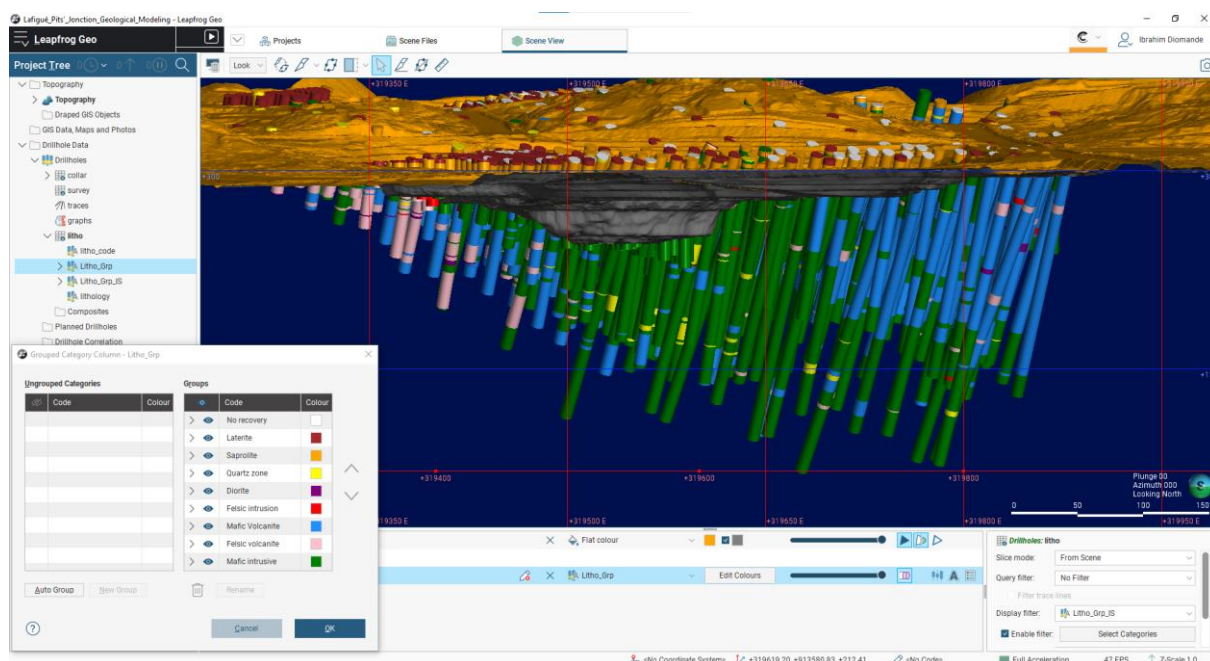


Figure 15 : Regroupement lithologique (Grouping) dans Leapfrog Geo

Les lithologies de la table Litho_Grp sont représentées par les couleurs suivantes : Diorite (violet), Intrusif felsique et mafiques (rouge et vert), Volcanite felsique et mafique (rose et bleu), Latérite (marron), Intervalles non récupérés (blanc), Zone de quartz (jaune).

❖ En termes d'altération

Sur le même principe, en termes d'altération, les éléments ont été classés en quatre catégories, suivant le profil d'altération classique : la saprolite (orange), la saprock ou zone de transition (Vert clair), la roche saine ou bedrock (bleu) et les zones vides (blanc). Ces lithologies regroupées ont ensuite été enregistrées dans une nouvelle table nommée **Weath_Grp**.

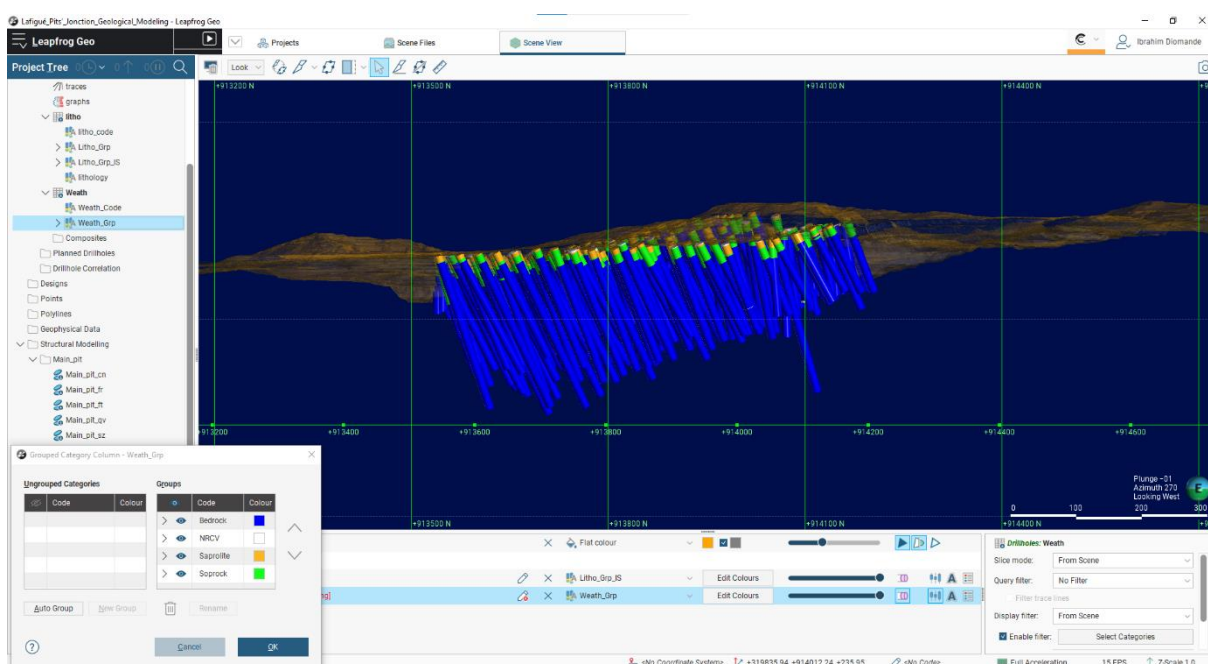


Figure 16 : Regroupement weathering (Grouping) dans Leapfrog Geo

➤ Sélection des intervalles (Interval Selection)

❖ En termes de lithologie

La sélection des intervalles consiste à vérifier et ajuster les intervalles de forage pour obtenir des lithologies cohérentes, un peu comme un re-logging. Cette étape permet de créer une nouvelle colonne lithologique dans la table d'intervalles, nommée Litho_Grp_IS, tout en conservant la colonne originale. La nouvelle colonne peut ensuite être utilisée pour la visualisation ou la modélisation géologique.

Elle permet de corriger les erreurs éventuelles dans le logging initial et d'assurer que chaque intervalle est correctement assigné à la lithologie appropriée. Les veines de quartz ont été retirées au profit des lithologies dans lesquelles elles se trouvent, afin de simplifier le modèle et éviter que des unités fines perturbent la cohérence générale.

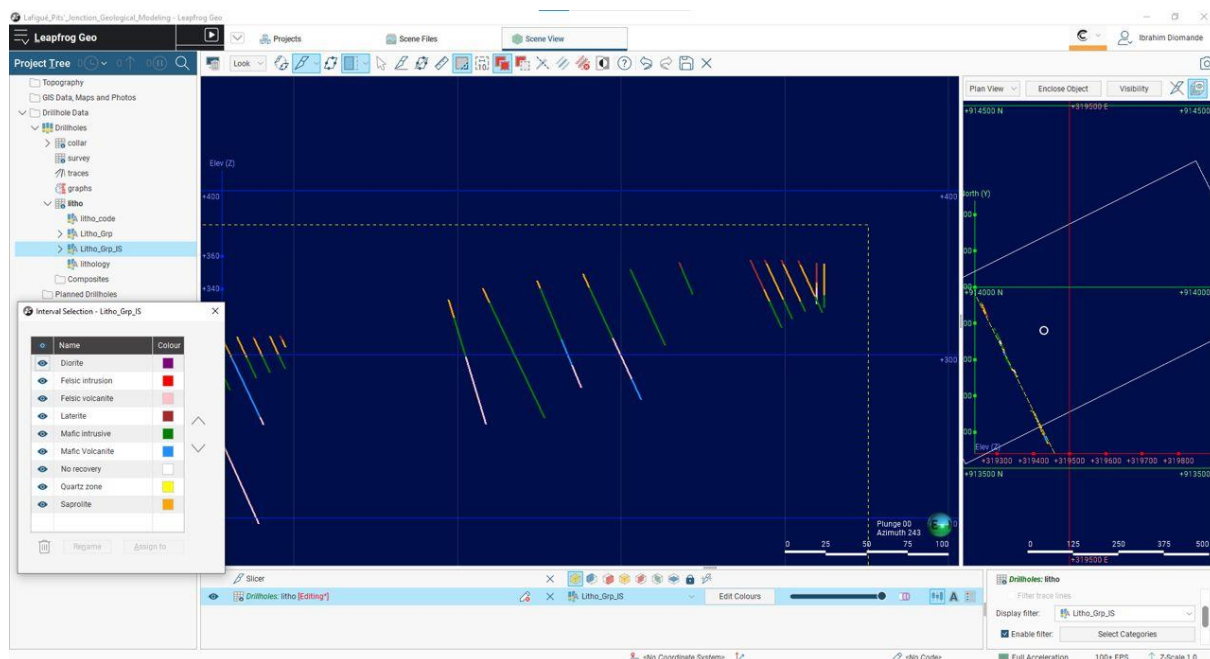


Figure 17 : Sélection d'intervalles lithologiques (interval selection) dans Leapfrog Geo

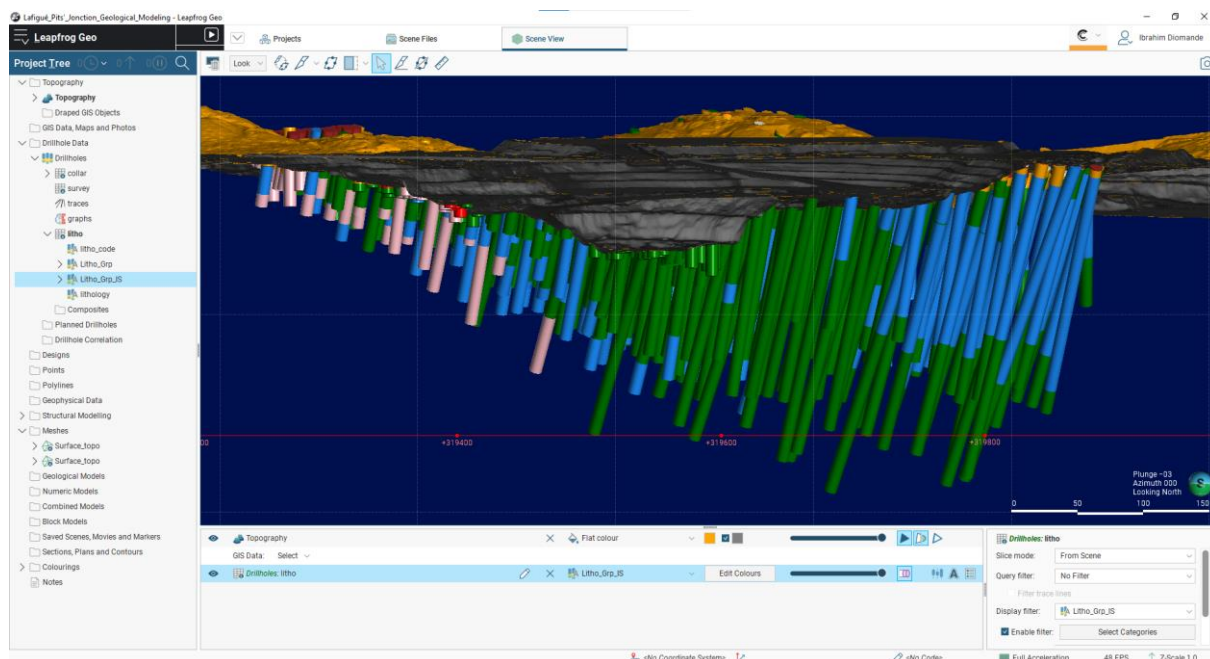


Figure 18 : Lithologie après la sélection d'intervalle

❖ En terme d'altération

Concernant le profil d'altération, des ajustements ont été réalisés afin de corriger les incohérences et d'obtenir un profil normalisé. Les résultats ont été enregistrés dans une nouvelle colonne de la table d'intervalles, nommée **Weath_Grp_IS**.

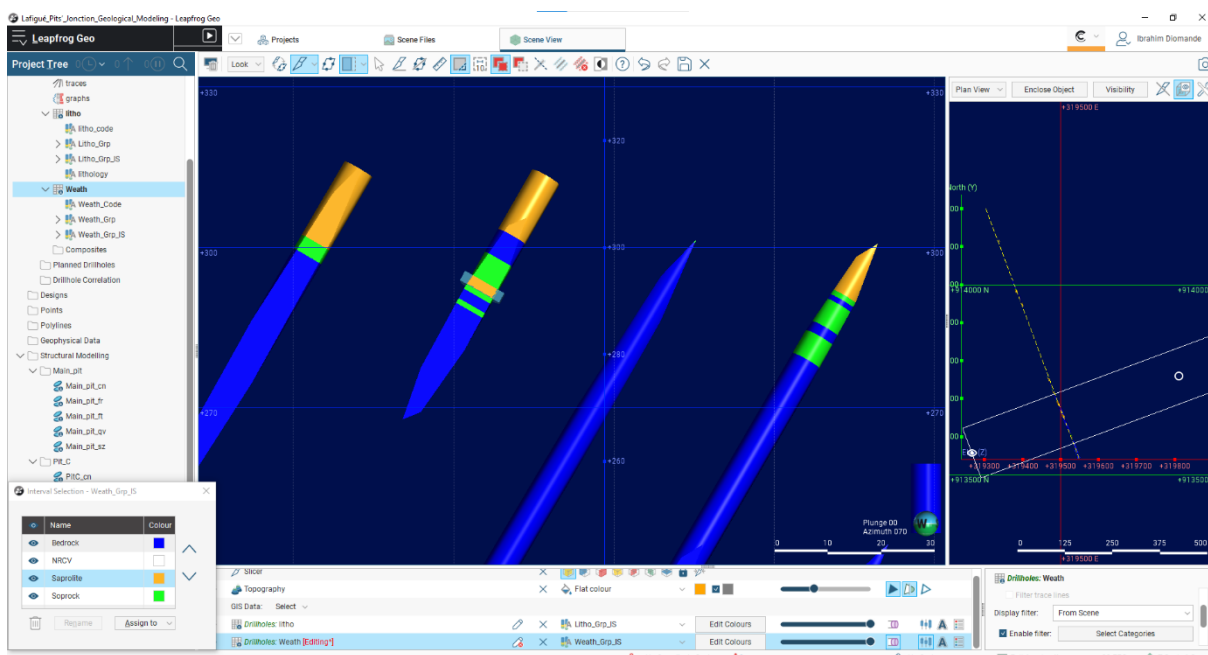


Figure 19 : Sélection d'intervalles weatherings (interval selection) dans Leapfrog Geo

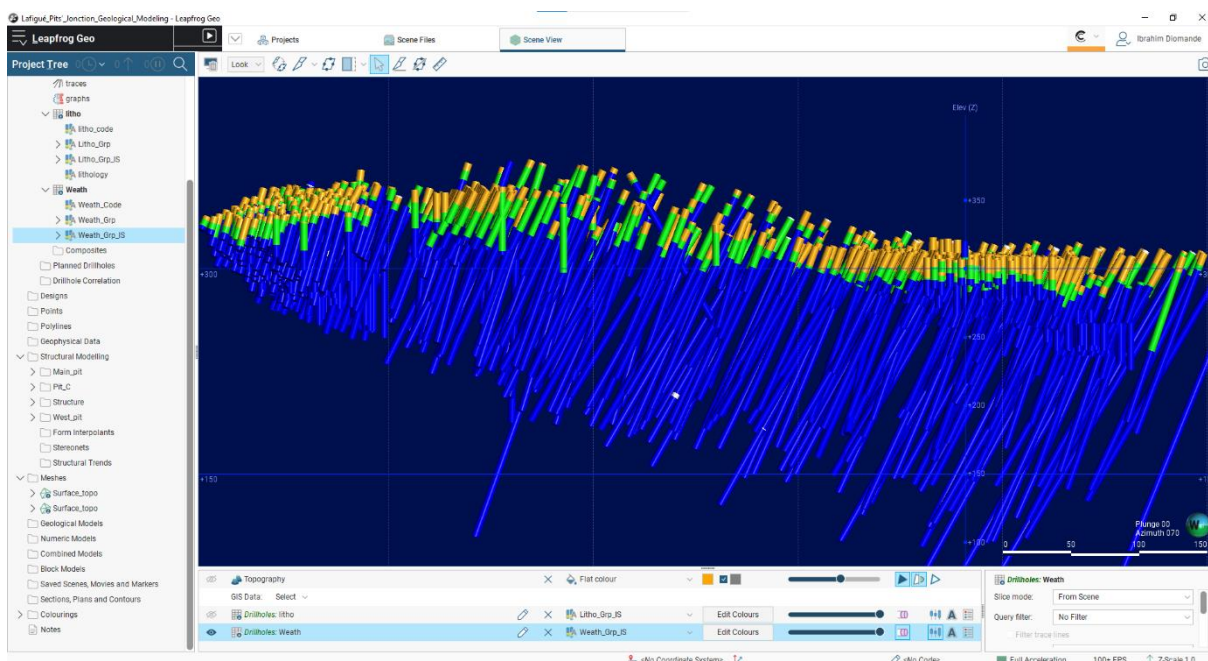


Figure 20 : Weathering après la sélection d'intervalle

➤ Intégration des données structurales

À partir des mesures structurales prises sur le terrain et de celles déjà disponibles dans la zone, plusieurs types de structures ont été identifiés et intégrés dans la base de données. On retrouve les contacts lithologiques (CN), les fractures (FR), les failles (FT), les zones de quartz (QV) et la schistosité (SZ). La base, importée depuis QGIS, contient aussi les principaux paramètres d'orientation des structures : pendage, direction du pendage et azimuth.

Pour mieux visualiser ces éléments dans le modèle, un code couleur a été utilisé : bleu pour les contacts lithologiques, noir pour les fractures, gris pour les failles, jaune pour les veines de quartz et rouge pour la schistosité. Ce choix de couleurs permet de distinguer rapidement chaque type de structure et de suivre leur répartition dans l'espace.

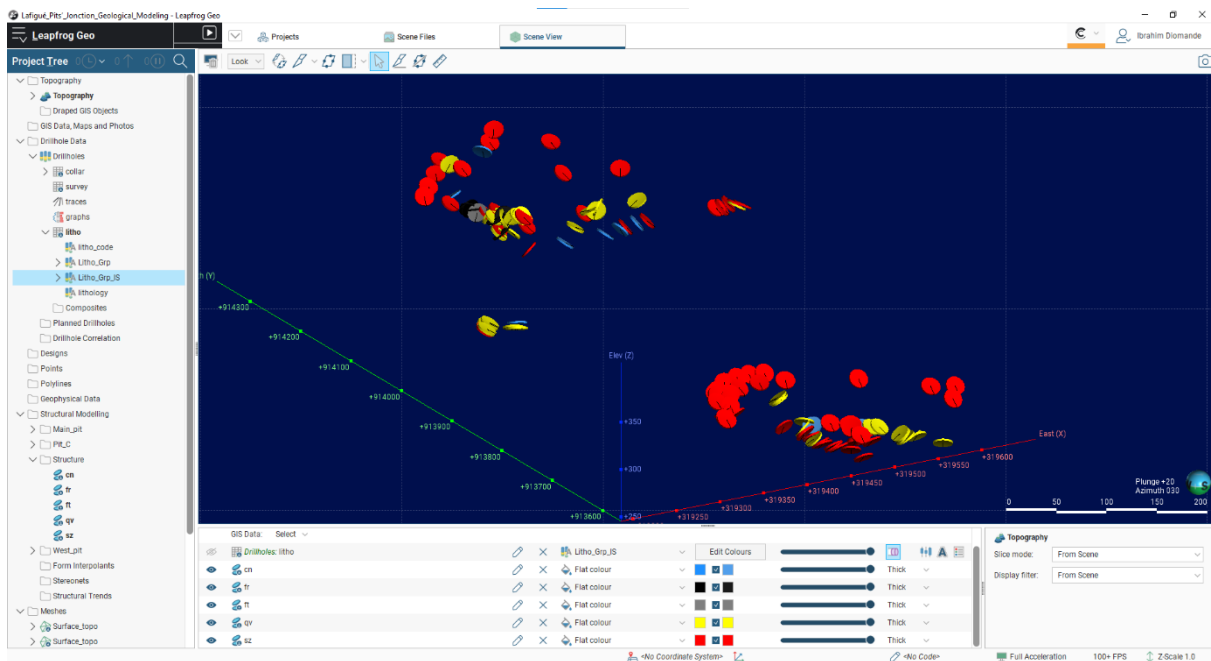


Figure 21 : Représentation des structures dans Leapfrog Geo

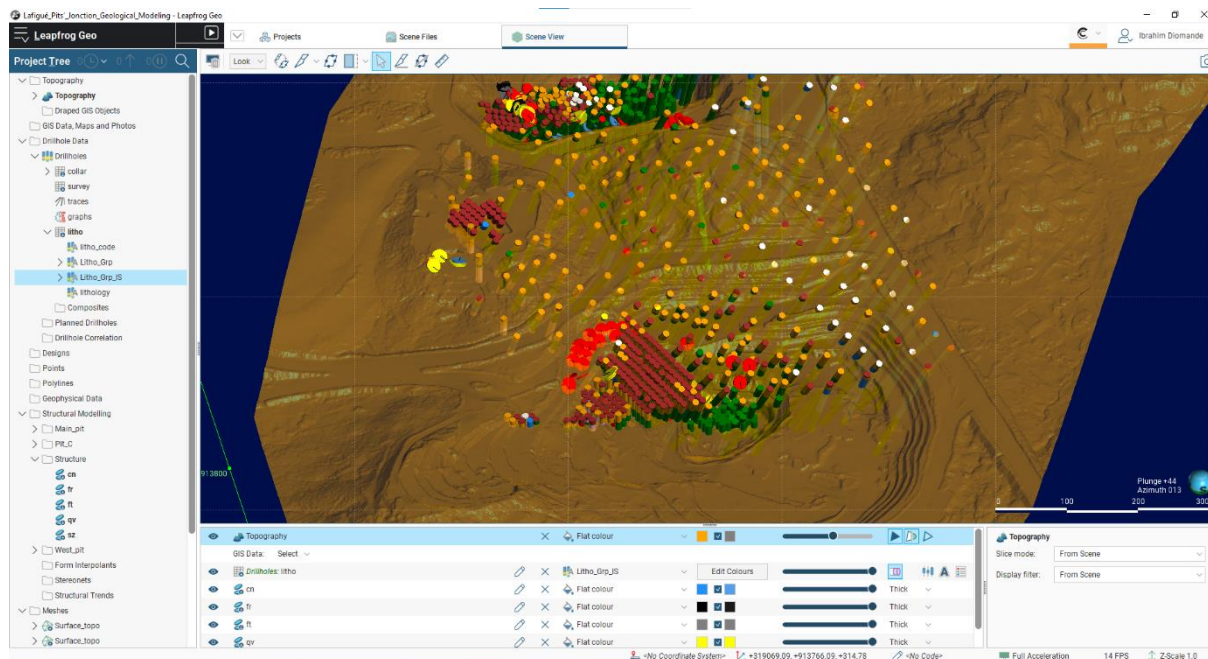


Figure 22 : les structures dans la surface topographique

II.3- Phase de modélisation

Pour la réalisation du modèle géologique 3D, la modélisation implicite a été retenue. Ce choix se justifie par ses avantages pratiques : elle permet d'obtenir une interpolation continue et cohérente à partir des données de sondages et des observations structurales, offrant une représentation plus fidèle de la continuité géologique. Elle est également plus rapide et plus souple, puisque les surfaces et volumes se génèrent automatiquement à partir des contraintes définies, contrairement à la modélisation explicite qui exige un tracé manuel souvent long et subjectif. Enfin, elle peut être mise à jour facilement lors de l'intégration de nouvelles données, ce qui constitue un atout majeur dans un contexte minier en constante évolution.

a. Modèle lithologique

Pour la conception du modèle lithologique, intitulé **jonction_litho_model**, la table **litho_Grp_IS** a été utilisée comme référence. Une résolution de surface de **70** a été définie. Ce paramétrage a permis d'inclure l'ensemble des forages dans la zone de modélisation, tout en assurant un compromis entre le niveau de détail géologique représenté et le temps de calcul nécessaire à la génération du modèle.

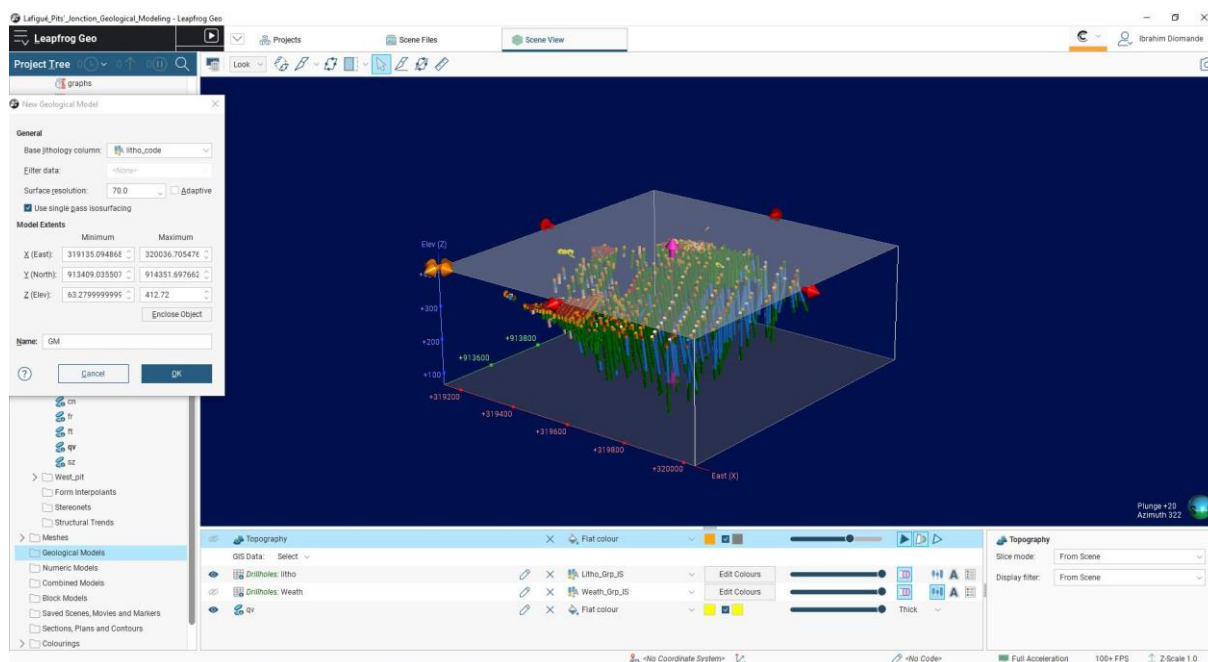


Figure 23 : Contour du modèle

➤ Création des surfaces

Les unités géologiques ont été modélisées en respectant leur nature et leur position relative dans la séquence stratigraphique, conformément aux bonnes pratiques de modélisation dans Leapfrog Geo.

La latérite, horizon superficiel fortement altéré, a été modélisée comme une surface d'érosion. Ce type de contact est utilisé dans Leapfrog Geo pour représenter des formations qui coupent les unités sous-jacentes, supprimant partiellement ou totalement les lithologies plus anciennes. La saprolite, zone d'altération plus profonde située sous la latérite, a été modélisée comme un dépôt. Les surfaces de type dépôt conviennent aux unités qui se déposent de manière conforme sur les formations plus anciennes, sans les recouper.

Les unités VMAF et VFEL, de nature magmatique et localement discordantes par rapport à l'encaissant, ont été modélisées comme des intrusions. Dans Leapfrog Geo, les surfaces d'intrusion remplacent les lithologies existantes dans les zones traversées, ce qui correspond bien au comportement géologique de ces unités. Elles reposent sur l'IMAF, considéré comme l'encaissant principal, modélisé ici comme un dépôt. Les surfaces de contact ont été générées à partir des contacts lithologiques interprétés dans les forages, à partir des colonnes de lithologie importées dans le projet. Chaque surface a d'abord été créée en tant qu'objet inactif dans la

Surface Chronology, permettant leur ajustement et validation visuelle dans la scène 3D, avant activation et intégration finale dans le modèle.

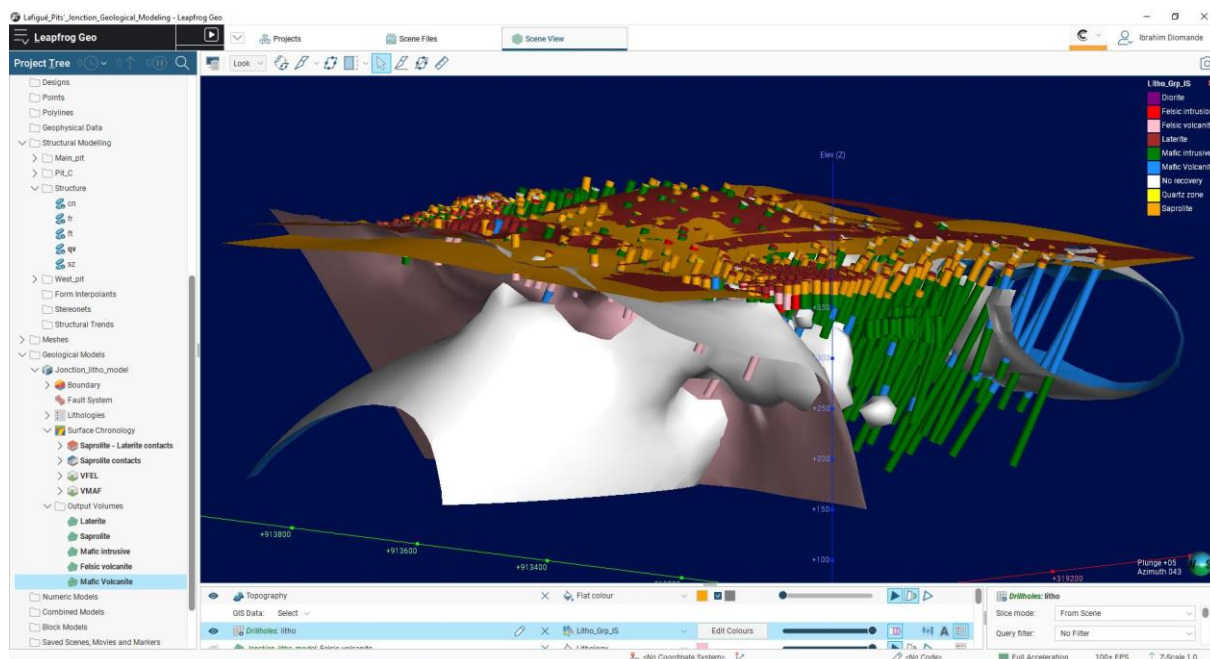


Figure 24 : Surfaces du modèle lithologique

➤ Activation des surfaces et création des volumes

Une fois validées, les surfaces lithologiques ont été activées dans la Surface Chronology de Leapfrog Geo. Cette étape est essentielle, car elle définit l'ordre d'empilement des unités géologiques en respectant leur chronologie naturelle.

La séquence débute avec l'IMAF, la formation la plus ancienne, qui constitue l'encaissant du modèle. À l'autre extrémité, la saprolite représente la lithologie la plus récente, issue de l'altération profonde. Entre ces deux extrêmes, la latérite a été définie comme une surface d'érosion, traduisant une phase de dégradation postérieure aux dépôts. Les intrusions VMAF et VFEL ont été intégrées comme surfaces d'intrusion, capables de recouper les unités préexistantes.

Une fois cette organisation stratigraphique établie, Leapfrog Geo a généré automatiquement les volumes lithologiques. Chaque surface activée a permis de subdiviser le volume initial en entités distinctes, correspondant aux différentes unités du projet. Le modèle volumique ainsi obtenu offre une représentation 3D claire et cohérente de la répartition des formations, facilitant l'analyse, l'interprétation et la communication des résultats.

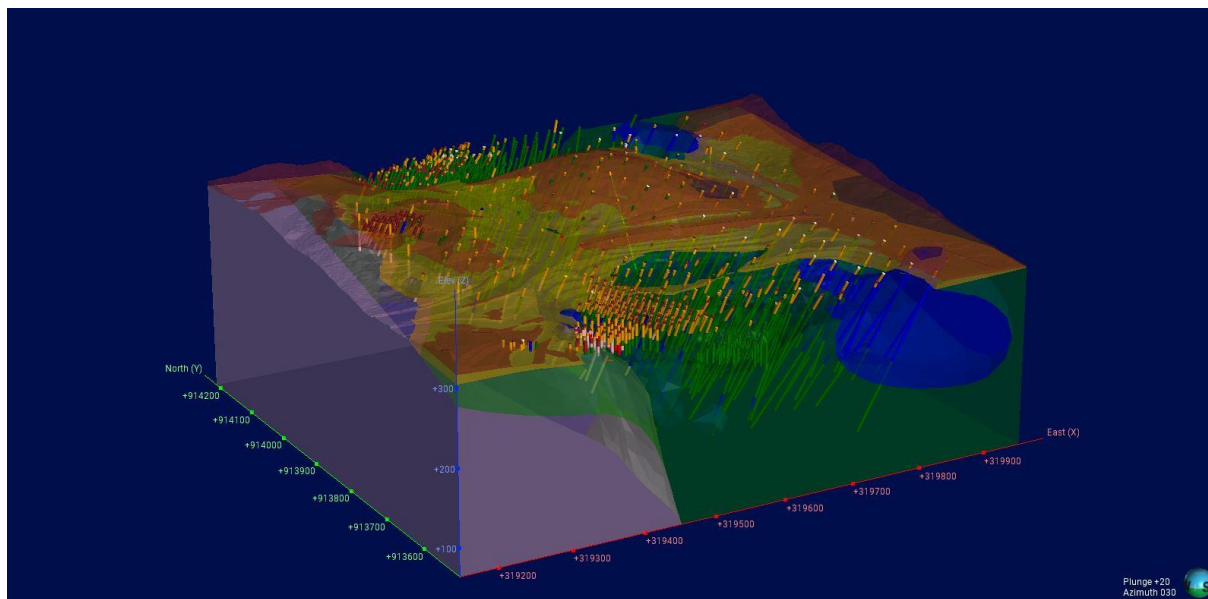


Figure 25 : Volume du modèle lithologique

b. Modèle d'altération

Pour la conception du modèle lithologique, intitulé **jonction_weath_model**, la table **Weath_Grp_IS** a été utilisée comme référence.

➤ Création des surfaces

Dans le modèle d'altération, les unités ont été définies en fonction de leur rôle et de leur comportement géologique. La saprolite a été modélisée en érosion, reflétant son développement au détriment de la roche fraîche. La zone de transition a été intégrée en intrusion, traduisant son caractère irrégulier et pénétrant. Enfin, la roche mère a été considérée comme l'encaissant.

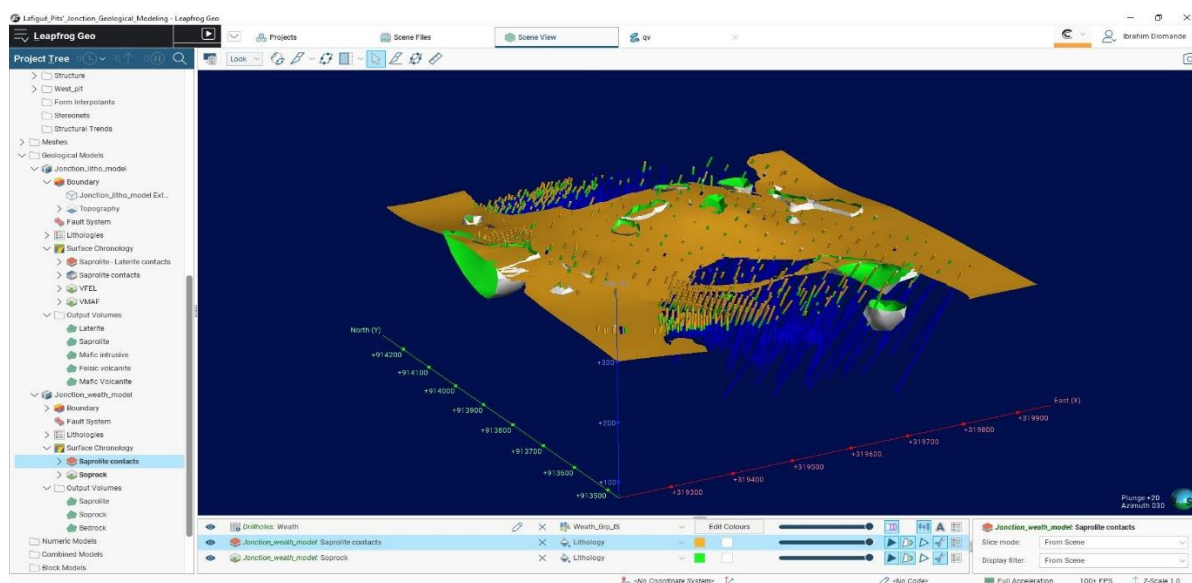


Figure 26 : Surfaces du modèle d'altération

➤ Activation des surfaces et création des volumes

Dans le modèle d'altération, les surfaces validées ont été hiérarchisées dans la surface Chronology. Le bedrock (Roche mère) a servi de base, la zone de transition a été insérée de façon discordante, et la saprolite est venue clore la séquence comme horizon le plus jeune. L'activation de ces surfaces a permis de construire directement les volumes, offrant une vision claire de l'empilement altération/roche fraîche.

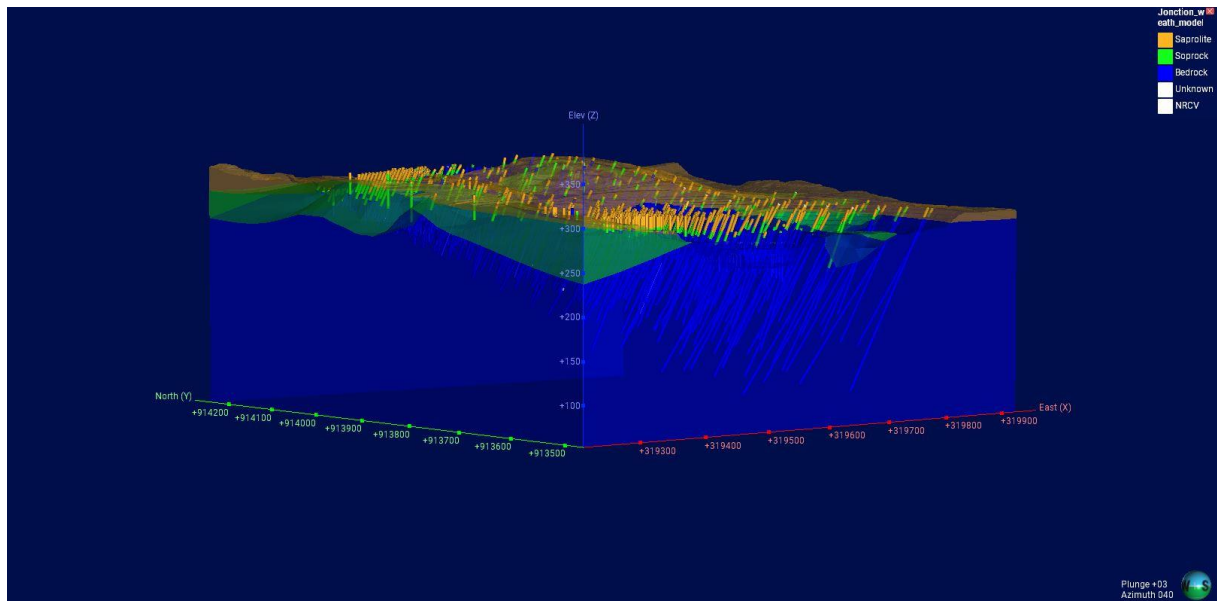


Figure 27 : Volumes du modèle d'altération



TROISIEME PARTIE : RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS

CHAPITRE V : RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS DE LA CARACTERISATION LITHO-STRUCTURALE

I- CARACTERISATION LITHOLOGIQUE

La caractérisation lithologique de la zone étudiée a été réalisée à partir de deux approches complémentaires : d'une part, les observations faites directement sur le terrain, notamment au niveau des fronts de taille et des affleurements accessibles, d'autre part l'analyse des données issues des forages (logs) qui a permis de préciser la nature des unités en profondeur. Ces travaux ont permis d'identifier quatre principales unités lithologiques dans la zone de jonction entre Main Pit, Pit C et West Pit : les intrusifs mafiques (IMAF), les intrusifs mafiques déformés, les volcanites mafiques (VMAF) et les volcanites felsiques (VFEL).

I.1- Les intrusifs mafiques

➤ Observation lithologique sur le terrain

L'affleurement observé sur la rampe ouest du Main Pit West correspond à une roche intrusive mafique de type gabbro, faiblement déformée. Elle se présente sous une teinte gris sombre à noirâtre, typique des gabbros, avec des zones plus claires blanchâtres attribuées à des plagioclases recristallisés. La texture est grenue, mais l'altération et la déformation limitent une identification nette des minéraux individuels. La roche est caractérisée par une forte chloritisation et une carbonatation, et renferme de la biotite et du pyroxène.

➤ Observation lithologique à partir des logs de forage

Lors de l'examen des forages, cette lithologie apparaît à moyenne profondeur. Elle constitue l'une des unités lithologiques majeures de la zone de jonction entre Main Pit, Pit C et West Pit. Les intrusifs mafiques présentent un aspect massif, bien visible dans les cutting box, où les échantillons conservent une structure compacte sans feuilletage apparent. Cet aspect témoigne du caractère massif de la roche.



Figure 28 : Intrusifs mafiques observés au niveau du Main Pit West



Figure 29 : Cutting box du forage LFARC 7873 montrant des intrusifs mafiques (IMAF)

I.2- Les intrusifs mafiques déformés

➤ Observation lithologique sur le terrain

Sur le terrain, les intrusifs mafiques déformés correspondent à des roches de type gabbro, se présentant sous forme massive, de couleur mélanocrate (vert foncé) et à texture grenue à grains fins à moyens. Leur composition minéralogique est dominée par les minéraux ferromagnésiens, avec la présence visible à l'œil nu d'amphibole, plagioclase, pyroxène, biotite et chlorite. Ces roches sont également affectées par une altération hydrothermale ayant produit de la chlorite et des carbonates, et contiennent localement des minéraux sulfurés tels que la pyrite, la pyrrhotite et la chalcoppyrite.



Figure 30 : Intrusifs mafiques déformés observés au niveau du mur du Main Pit West

➤ Observation lithologique à partir des logs de forage

Dans les forages retenus pour notre étude, cette lithologie apparaît à moyenne profondeur, sous forme d'intervalles continus et épais. Elle constitue l'unité lithologique dominante de la zone de jonction entre Main Pit, Pit C et West Pit. Le caractère « déformé » de cette unité est particulièrement perceptible dans les cutting box, où les échantillons présentent un aspect feuilleté, donnant l'impression d'être débité en lamelles. Cet aspect traduit la forte déformation subie par la roche.



Figure 31 : Cutting box du forage LFARC 7873 montrant des intrusifs mafiques déformés (IMAF)

I.3- Les volcanites mafiques

Les VMAF se distinguent des IMAF par leur texture beaucoup plus fine, rendant les grains difficilement identifiables à l'œil nu. Leur composition riche en minéraux ferromagnésiens leur confère une teinte sombre caractéristique. Sur la **figure 32**, cette unité se présente sous forme de niveaux massifs à faiblement déformés, au sein desquels on observe localement des fragments de quartz.



Figure 32 : Cutting box montrant des volcanite mafiques (VMAF)

I.4-Les volcanites felsique

➤ Observation lithologique sur le terrain

Cette roche, majoritairement observée au West Pit et au Pit C, présente une teinte gris clair à gris moyen. Il s'agit d'une volcanite felsique altérée, sa structure est généralement massive mais elle est localement affectée par des veinules blanchâtres de quartz et de carbonates. Des plans de schistosité liés à des déformations post-magmatiques sont également visibles.

La roche possède une texture originelle aphanitique à micro-porphyrrique, marquée par la présence de quelques phénocristaux de feldspath, parfois de quartz, caractéristiques des dacites. La matrice fine contient des cristaux disséminés de feldspath altéré et de quartz.



Figure 33 : *Volcanites felsiques observés au niveau mur Nord du West pit*

- Observation lithologique à partir des logs de forage

Dans les cutting box, la roche se présente sous forme de fragments de teinte gris clair à gris moyen, cohérents avec une volcanique felsique altérée. Les échantillons conservent une structure globalement massive, localement affectée par des veinules blanchâtres de quartz et de carbonates. La schistosité reste discrète, mais témoigne de déformations post-magmatiques.



Figure 34 : Cutting box du forage LFARC 17-158 montrant des volcanites felsiques (VFEL)

II- CARACTERISATION STRUCTURALE

L'étude structurale de la zone de jonction entre le Main Pit–West le West Pit et le Pit C a permis d'identifier plusieurs familles de structures. Les principales concernent les schistosités, les veines de quartz.

II.1- Lafigué main pit west

Les mesures structurales recueillies sur le terrain, au niveau du mur sud-ouest du Main Pit-West, concernent principalement la schistosité, les veines de quartz.

- Les veines de quartz

Sur le mur sud-ouest du Main Pit-West, plusieurs veines de quartz ont été observées. Elles sont subverticales ou légèrement inclinées et apparaissent parfois regroupées dans les mêmes secteurs, leur épaisseur varie selon les endroits.

Tableau I : Mesures structurales des veines de quartz observées au main pit

Structure	Direction (°)	Pendage (°)	Direction du pendage (°)
1	218	20	308
2	310	70	40
3	55	35	145
4	110	50	200
5	85	55	175
6	143	50	233

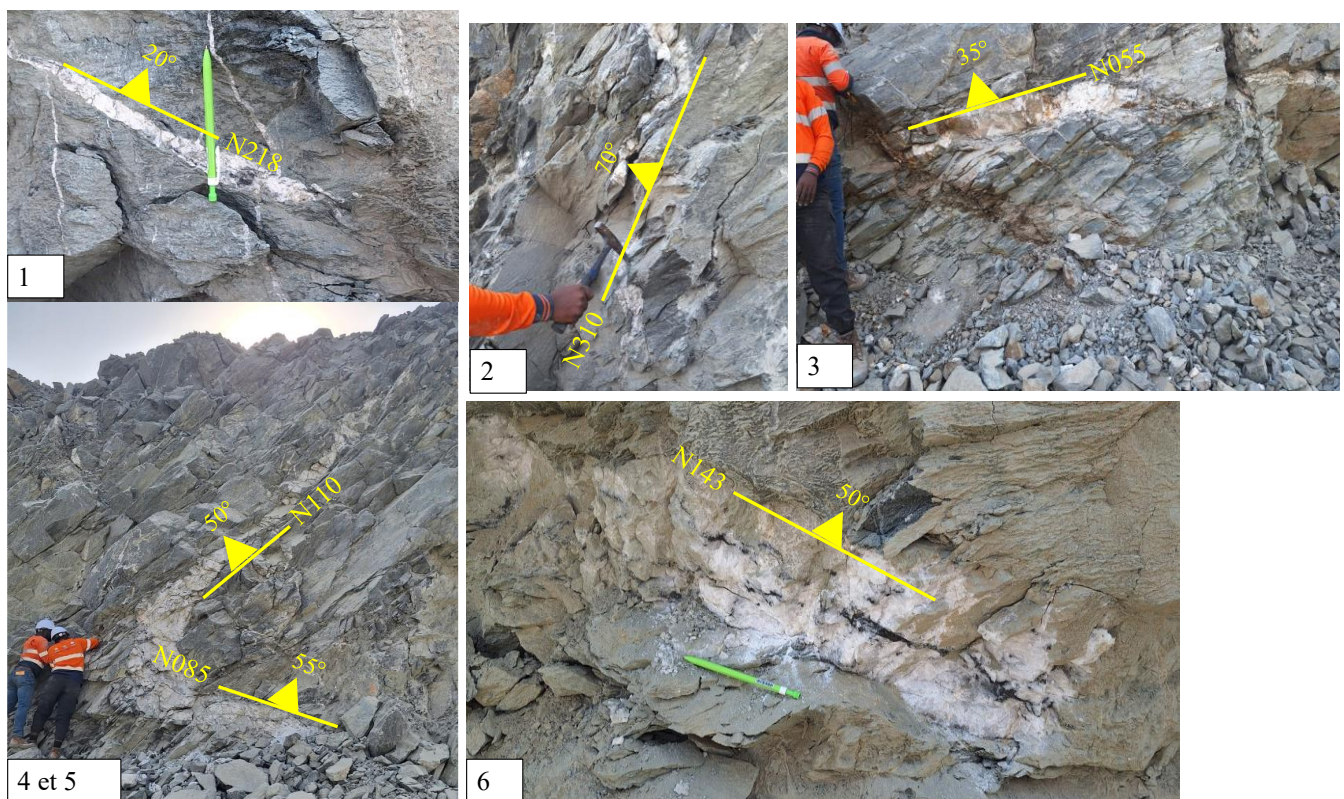


Figure 35 : Veines de quartz mesurées sur le mur Sud-Ouest du main pit west

- Les schistosités

Sur le mur sud-ouest du Main Pit-West, des intrusifs mafiques fortement déformés ont été observés. Ils présentent une schistosité généralement pénétrative, mais localement disjointe selon les secteurs.

Deux générations principales ont été reconnues :

- Sz 1 : N048 50° Ddir : N138, schistosité de première génération ;
- Sz 2 : N272 35°, Ddir : N002, schistosité de deuxième génération.

Tableau II : Mesures structurales des Schistosités observées au main pit

Structure	Direction (°)	Pendage (°)	Direction du pendage (°)
1	60	40	150
2	48	50	138
3	272	35	002

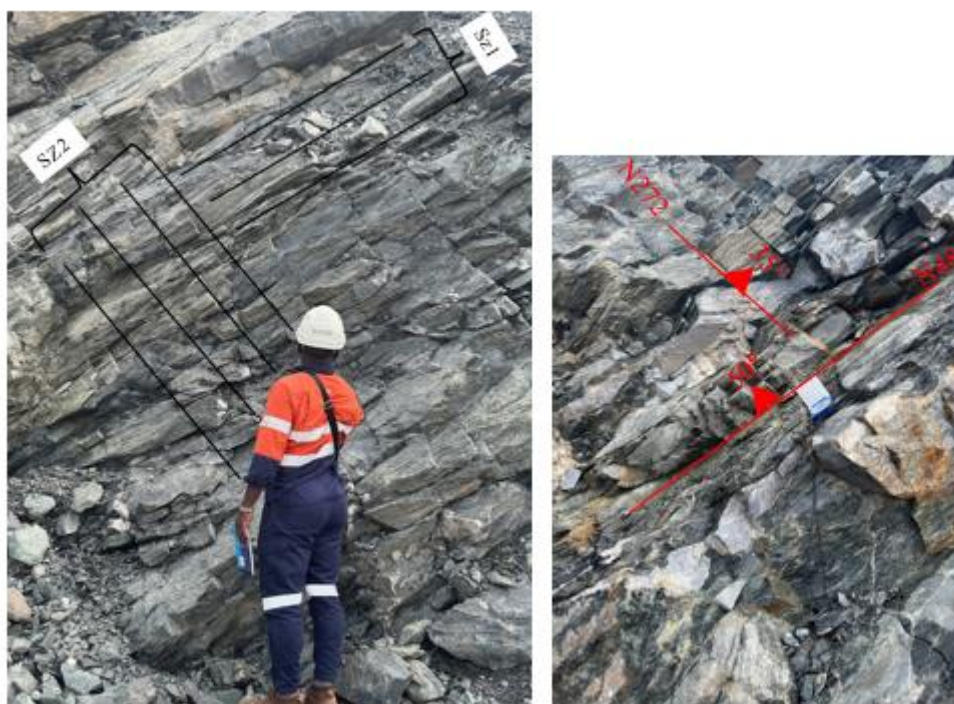


Figure 36 : Schistosité observées au main pit west

II.2- Lafigué west pit et Pit C

Dans les secteurs du West Pit et du Pit C, on observe des veines de quartz, le plus souvent parallèles à la schistosité mais parfois discordantes. Leur épaisseur varie de quelques millimètres à quelques centimètres.

Tableau III : Mesures structurales des veines de quartz observées au West pit et au Pit C

Structure	Direction (°)	Pendage (°)	Direction du pendage (°)
1 (West PIT)	225	50	315
2 (West PIT)	200	40	290
3 (West PIT)	50	40	140
4 (West PIT)	215	35	305
5 (PIT C)	295	35	25
6 (PIT C)	40	30	130

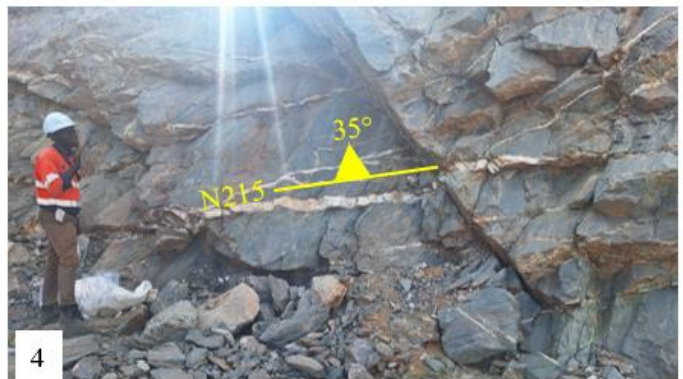


Figure 37 : Veines de quartz mesurées sur le mur nord du West pit

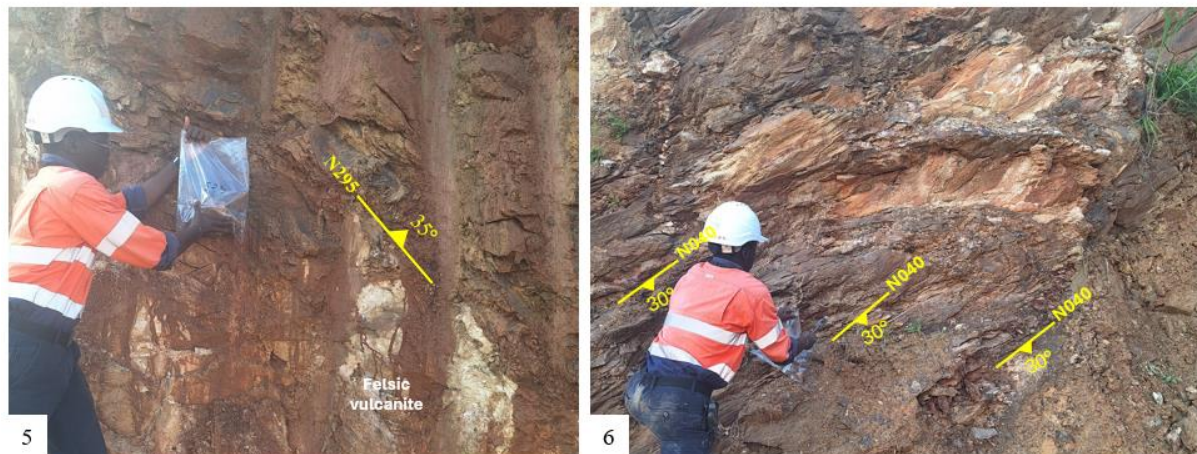


Figure 38 : Veines de quartz mesurées au niveau du Pit C

II.3- Interprétation structurale

Les mesures structurales recueillies sur le terrain et représentées sous forme de stéréogramme permettent de visualiser et d'interpréter l'orientation des principales structures présentes dans les différents pits. L'analyse de ces stéréogrammes met en évidence les familles dominantes ainsi que leurs pendages caractéristiques, offrant ainsi des indications précieuses sur leur rôle dans la déformation de l'encaissant et, potentiellement, dans le contrôle de la minéralisation.

➤ Les veines de quartz

À Lafigué, la minéralisation aurifère est étroitement liée à la schistosité et aux veines de quartz-tourmaline. La direction préférentielle de l'or s'oriente globalement E-NE, avec un pendage compris entre 35° et 50°. Dans le Main pit, trois familles de veines de quartz ont été identifiées, dont la plus représentative montre une orientation N41,56 avec un pendage de 39°, se rapprochant de la direction générale de l'or. Pour le Pit C, deux familles de veines ont été observées, la principale orientée N40 avec un pendage de 30°, confirmant la tendance E-NE. Enfin, dans le Pit West, trois familles de veines ont été distinguées, la veine principale, porteuse de la minéralisation, présentant une direction N44 et un pendage de 36,47°. Dans l'ensemble, ces observations montrent clairement que la minéralisation suit les structures principales, et que les orientations des veines dans chaque pit convergent globalement vers la direction E-NE de l'or, révélant le lien étroit entre la géométrie structurale et la localisation de la minéralisation.

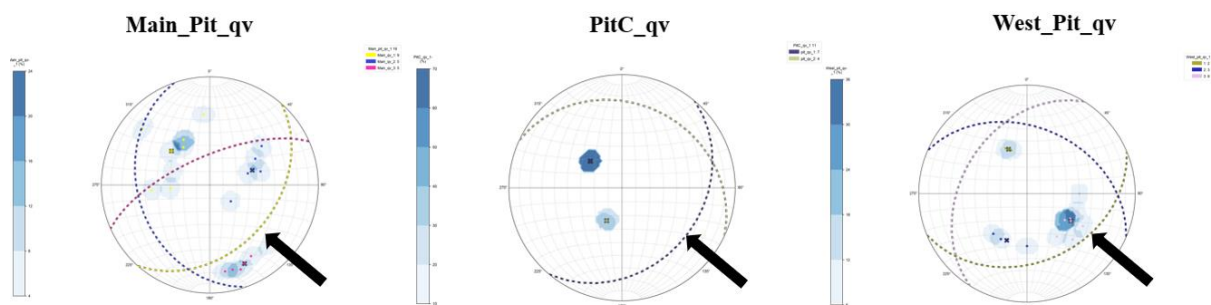


Figure 39 : Stéréogrammes comparatifs des veines de quartz

➤ Les schistosités

Dans le Pit Main, une famille de schistosité se distingue par son orientation N40 et un pendage de 30°, se rapprochant de la direction générale E-NE de l'or. Pour le Pit C, la famille de schistosité la plus représentative présente une orientation N43,1 avec un pendage de 35,61°, confirmant également la tendance E-NE de la minéralisation. Ces observations mettent en évidence le rôle structurant majeur de la schistosité, qui contrôle la localisation de l'or et reflète la géométrie préférentielle des zones minéralisées dans chaque pit.

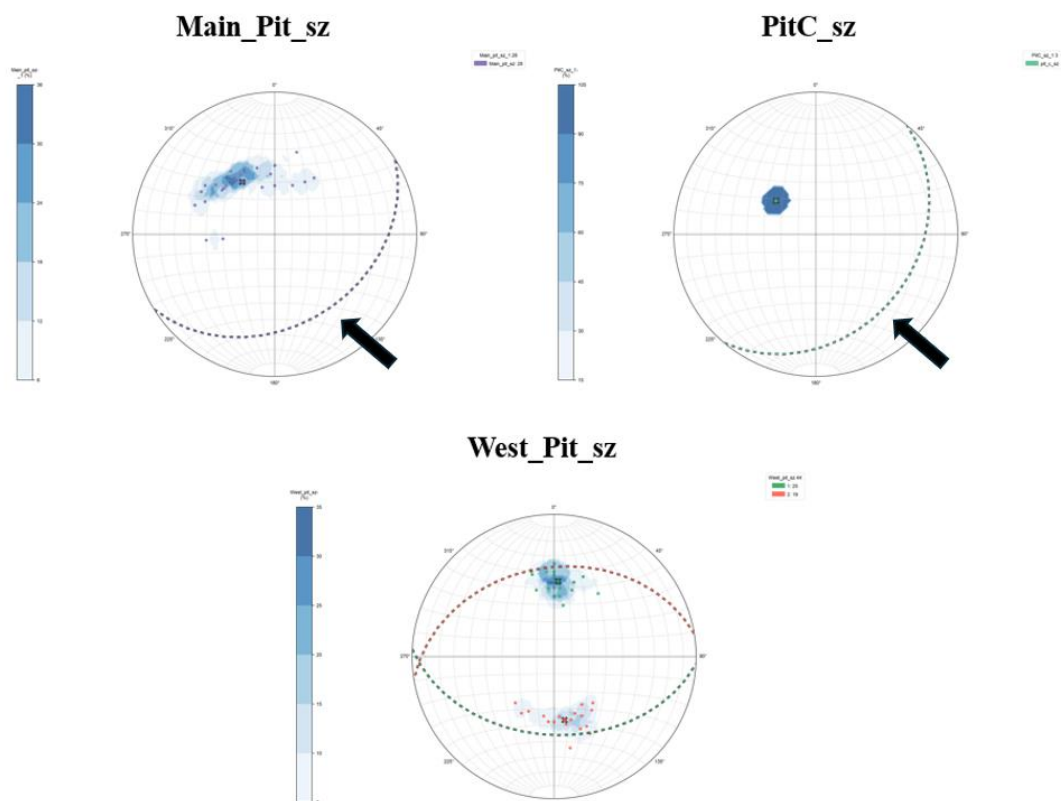


Figure 40 : Stéréogrammes comparatifs mesures de schistosité

III- CARTE LITHO-STRUCTURALE

La carte qui suit montre de manière synthétique la répartition des principales roches et structures observées dans les secteurs du Main pit, West Pit et du Pit C. Elle rassemble les données de terrain et de forages, mettant en lumière les différentes lithologies, les zones de déformation ainsi que les veines et plans structuraux les plus significatifs. Cette représentation permet de visualiser les interactions entre roches et structures et sert de base pour mieux comprendre la géologie de la zone.

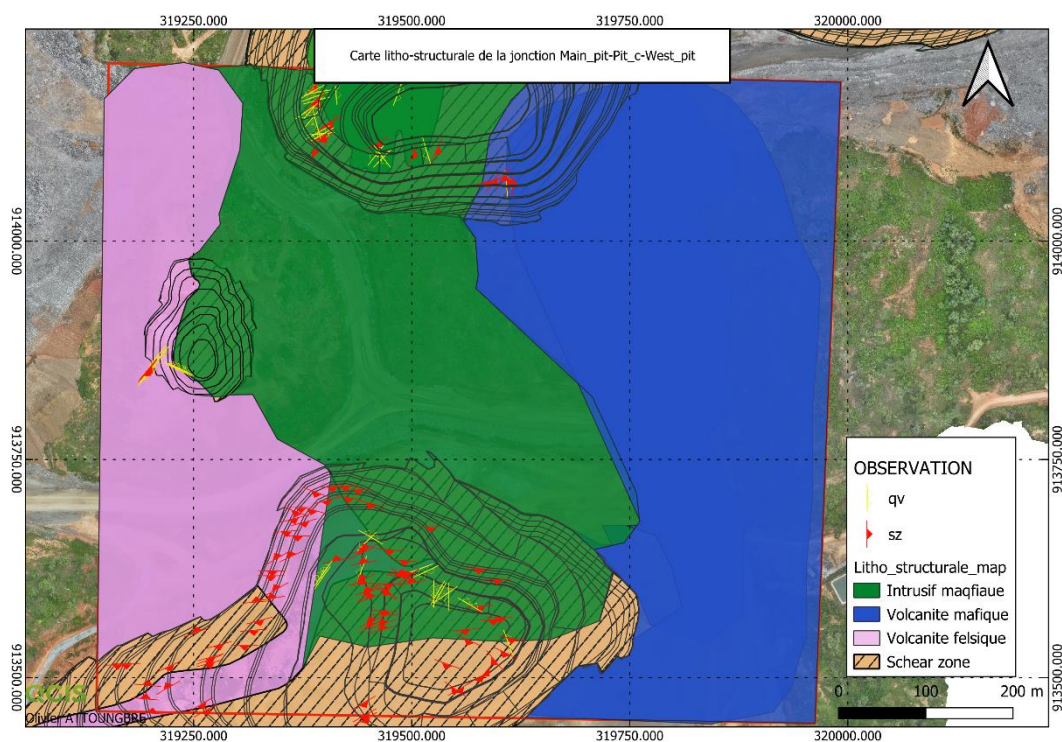


Figure 41 : Carte litho-structurale de la jonction MAIN PIT-PIT C-WEST PIT

CHAPITRE VI : RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS DE LA MODELISATION GEOLOGIQUE 3D

I- RÉSULTATS ET ANALYSE DES MODÈLES GÉOLOGIQUES 3D

I.1- Modèle lithologique

I.1.1- Présentations du modèle lithologique

Le modèle lithologique final, généré par modélisation implicite à partir des données de sondages et des observations de terrain, met en évidence la distribution spatiale des unités lithologiques majeures dans la zone d'étude (figure 42).

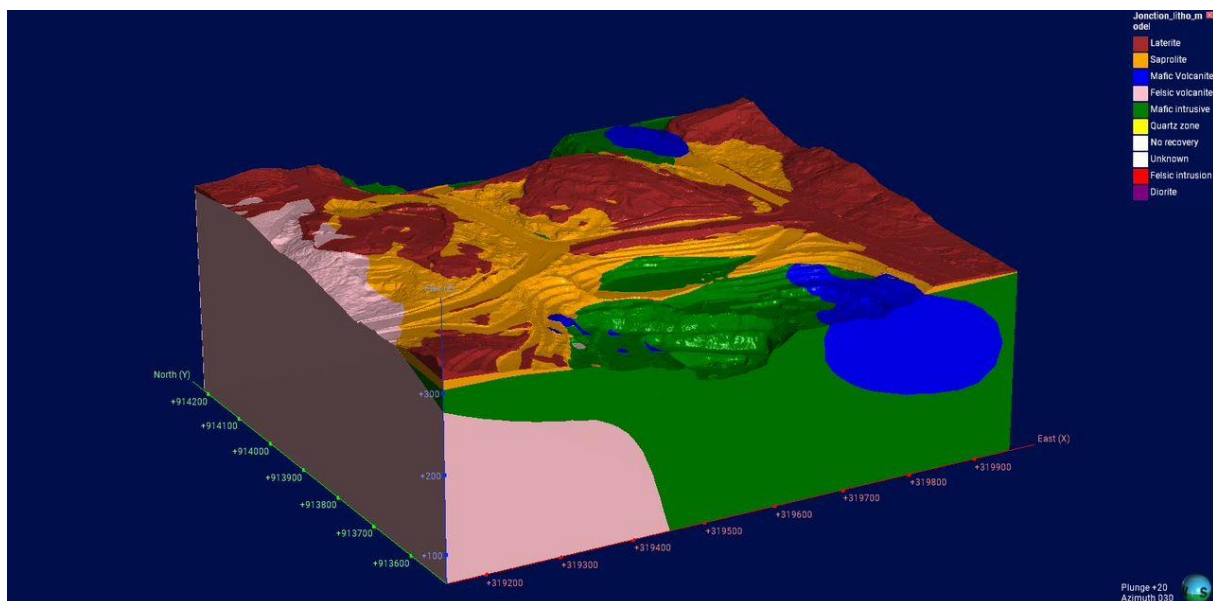


Figure 42 : Modèle lithologique de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit

I.1.2- Analyse du modèle lithologique

L'analyse du modèle lithologique se fait à travers deux sections transversales, orientées Nord-Sud et Ouest-Est, choisies de manière à passer exactement par la jonction entre les différents pits (Main Pit, Pit C et West Pit). Ces sections permettent d'examiner la distribution spatiale des unités lithologiques, d'identifier les contacts entre les formations et de mettre en évidence la continuité ou les variations locales des lithologies porteuses.

➤ Section Nord-Sud

Cette Section illustre la roche encaissante IMAF, recoupée par des intrusions de VMAF et de VFEL. En surface, le profil d'altération est bien marqué, avec une latérite en érosion reposant sur une saprolite en dépôt. Les VMAF et les VFEL apparaissent sous forme de corps intrusifs

allongés, mis en place au sein de l'IMAF. Leur profondeur et leur orientation sub-verticale traduisent un fort contrôle structural dans le processus de mise en place magmatique.

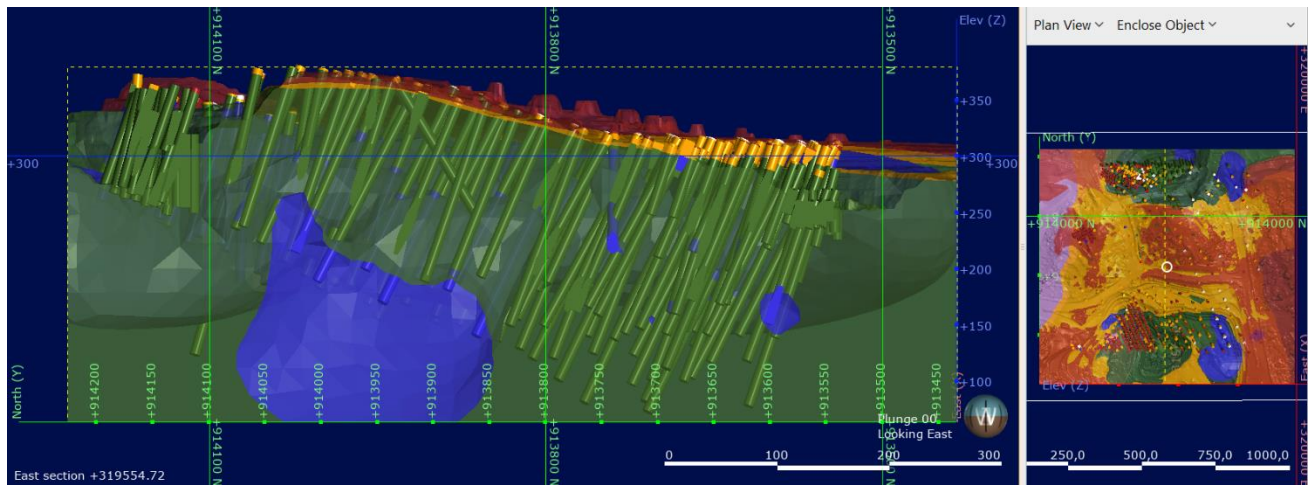


Figure 43 : Section N-S du modèle lithologique

➤ Section Ouest-Est

Cette deuxième coupe, orthogonale à la précédente, offre une perspective complémentaire des mêmes unités lithologiques. La roche encaissante IMAF y est largement dominante, les intrusions de VMAF et de VFEL apparaissent clairement à l'intérieur de l'IMAF. La section met en évidence leur continuité latérale, ce qui permet d'en mieux appréhender la morphologie. La VMAF se distingue par un corps intrusif relativement continu orienté Ouest-Est, tandis que la VFEL présente une morphologie plus massive.

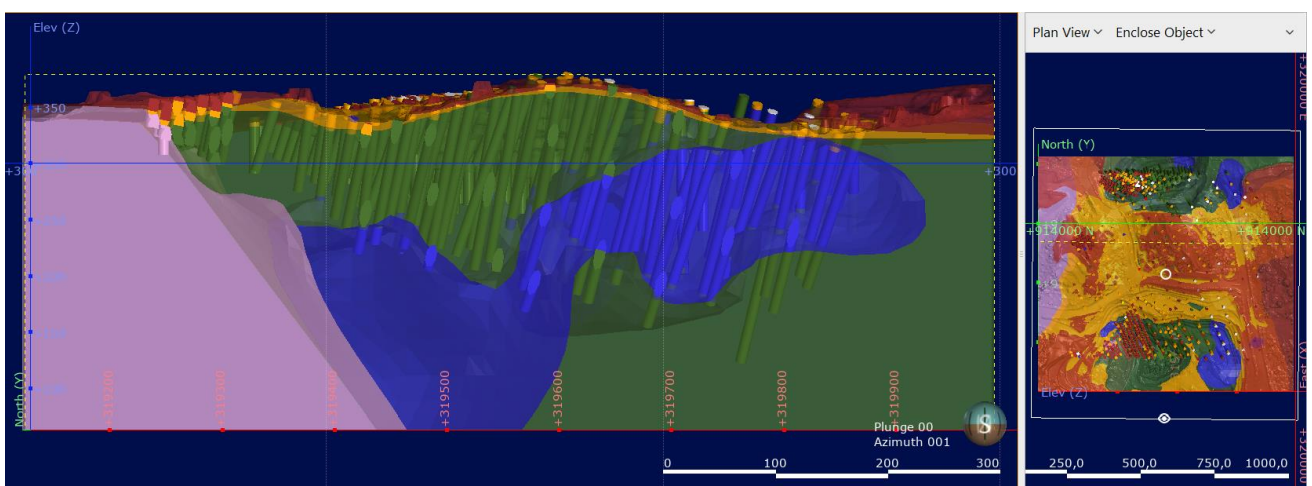


Figure 44 : Section W-E du modèle Lithologique

I.2-Modèle d'altération

I.2.1- Présentation du modèle d'altération

Le modèle d'altération, élaboré lui aussi par modélisation implicite, complète l'analyse lithologique en montrant la répartition spatiale des principales zones d'altération dans le secteur étudié (figure 45).

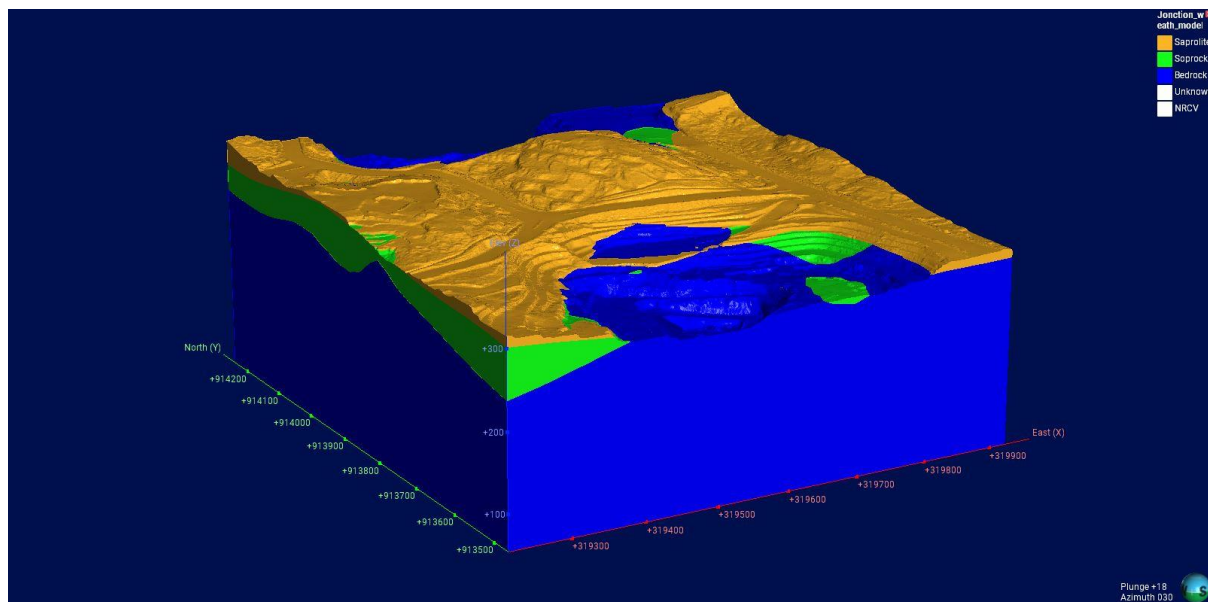


Figure 45 : Modèle d'altération de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit

I.2.2- Analyse du modèle d'altération

➤ Section Nord-sud

Le modèle d'altération en section nord-sud respecte un profil normal d'altération des roches. On observe une séquence verticale cohérente, où la couche supérieure, qui représente le matériau le plus altéré, se montre d'une épaisseur remarquablement constante et suit uniformément la topographie. Cette couche transitionne ensuite vers une zone intermédiaire, avant d'atteindre la roche saine en profondeur.

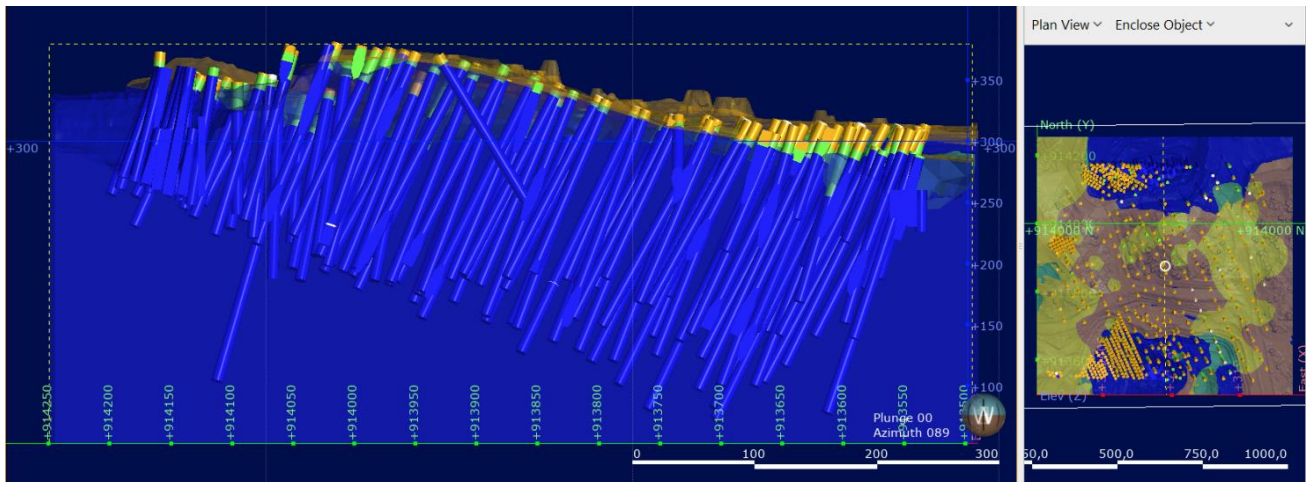


Figure 46 : Section N-S du modèle d'altération

➤ Section Ouest-Est

Le modèle d'altération en section ouest-est présente lui aussi un profil typique, mais se distingue par une particularité notable. On y observe une épaisseur des zones altérées moins régulière que dans la section nord-sud. Cette irrégularité traduit probablement des secteurs où l'altération s'est développée de manière plus intense ou plus en profondeur, possiblement sous l'influence de discontinuités ou de faiblesses structurales de la roche encaissante.

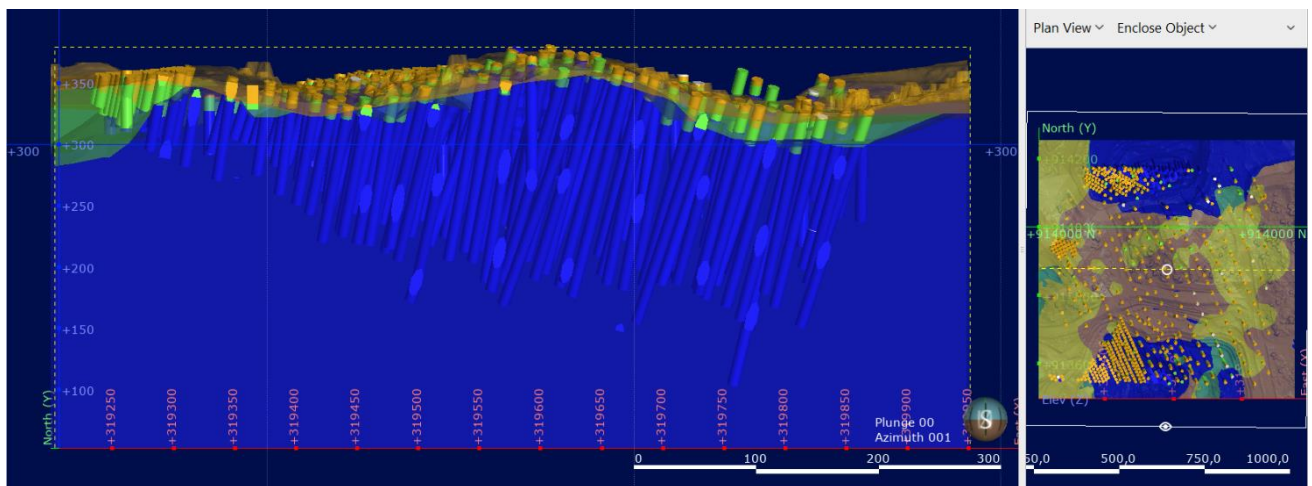


Figure 47 : Section W-E du modèle d'altération



II- INTERPRETATION DU MODELE LITHOLOGIQUE

L'interprétation du modèle lithologique, validée par l'examen croisé des coupes N-S et W-E, a permis de décrypter l'architecture litho-structurale de la jonction Main Pit -Pit C-West Pit et d'expliquer la distribution aurifère.

L'agencement des unités lithologiques révèle une chronologie structurée où l'Intrusif Mafique, séquence encaissante la plus ancienne, est recoupé par les Volcanites Mafiques, qui forment la roche hôte principale. L'événement le plus récent est l'injection d'Intrusions de volcanite Felsiques, dont le mode d'emplacement est clairement un recoupement franc des unités précédentes. Cet historique est fondamental, car il a créé des contrastes de compétence majeurs au sein de l'encaissant. Ces discontinuités lithologiques expliquent le contrôle structural fondamental du gisement : les zones de cisaillement minéralisées se sont développées préférentiellement le long des contacts entre les intrusifs mafique et les volcanites mafique comme l'indique le technical report du projet de Lafigué.

Le modèle 3D valide ainsi l'hypothèse d'un contrôle litho-structural fort, assurant une continuité spatiale cohérente de la minéralisation sur l'ensemble de la jonction.

CONCLUSION

L'objectif général de cette étude était de déterminer l'agencement litho-structural de la jonction Main Pit-Pit C-West Pit afin de produire un modèle géologique 3D fiable.

Pour atteindre cet objectif, la méthodologie appliquée dans cette étude s'est articulée en deux volets principaux : la caractérisation lithologique et structurale de la zone étudiée, suivie de la modélisation géologique tridimensionnelle de la jonction entre Main Pit, Pit C et West Pit.

Dans un premier temps, la caractérisation lithologique et structurale a permis d'identifier les principales unités rocheuses de la zone, à savoir les intrusifs mafiques dominants, les volcanites mafiques et les volcanites felsiques en intrusion, ainsi que leurs relations et contacts respectifs. Les observations structurales ont montré que la minéralisation suit les structures principales, et que les orientations des veines dans chaque pit convergent globalement vers la direction E-NE, révélant le lien étroit entre la géométrie structurale et la localisation de la minéralisation.

Dans un second temps, la modélisation géologique 3D a fourni une représentation précise de l'agencement spatial de ces unités. Elle a permis de mettre en évidence que les zones de cisaillement minéralisées se sont développées préférentiellement le long des contacts entre les intrusifs mafiques et les volcanites mafiques, validant ainsi l'hypothèse d'un contrôle litho-structural fort et assurant une continuité spatiale cohérente de la minéralisation sur l'ensemble de la jonction.

Dans l'ensemble, cette étude démontre l'importance de la prise en compte des contrôles litho-structuraux dans la planification minière et la modélisation des ressources. Les résultats obtenus fournissent une base solide pour orienter les futures campagnes de forage et affiner les modèles de ressources, en particulier dans les zones où les contacts entre les intrusifs et les volcanites favorisent la concentration en minéralisation. Il est recommandé de poursuivre la caractérisation détaillée des structures secondaires en particulier au niveau des zones de cisaillement qui elles referment la minéralisation disséminée et de compléter le modèle 3D par de nouvelles données de terrain afin d'améliorer la précision et la fiabilité de l'évaluation des ressources.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

- 📖 **Allou, G.** (2014). *Étude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) : genèse et évolution magmatique : contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé*. Thèse de doctorat, Université Paris Sud-Paris XI et Université Félix Houphouët-Boigny ;
- 📖 **HOUSSOU, N.N.** (2013). *Etude pétrologique, structurale et métallagénique du gisement aurifère d'Agbahou, Diva, Côte d'Ivoire*. Thèse unique de doctorat, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY ;
- 📖 **Seequent Limited.** (2019). *Tutorials for Leapfrog Geo version 5.0*. Document technique ;
- 📖 **SRK Consulting (UK) Limited.** (2022). *TECHNICAL REPORT FOR THE LAFIGUE GOLD PROJECT, REPUBLIC OF CÔTE D'IVOIRE*. Rapport technique préparé pour La Mancha Côte d'Ivoire, 30 septembre 2022 ;
- 📖 **DIOMANDE, I.** (n.d.). *Leapfrog Geo 5.0.1: Initiation à la modélisation géologique : Lithologie et Structurale*. Document technique interne, Endeavour Mining, Projet Lafigué ;
- 📖 **DONGO Kouabenan Manzan Abou**, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception des mines et carrières/ INP-HB. *Perspectives d'une campagne de sondage grade control sur la minéralisation de Flotouo Ouest, Mine d'Ity* ;
- 📖 <https://help.seequent.com/Geo/4.3/en-GB/Content/drillholes/select-intervals.htm>
(Notions sur la procédure de regroupement et de sélection d'intervalle pour la modélisation) ;



ANNEXES



LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'analyse des dangers au travail (Job Hazard Analysis, JHA).....	III
Annexe 2 : Boussole de type BREITHAUPT KASSEL.....	IV
Annexe 3 : Aperçus de la table collar des forages	V
Annexe 4 : Aperçus de la table survey des forages	VI
Annexe 5 : Aperçus de la table litho des forages.....	VII
Annexe 6 : Aperçus de la table weath des forages.....	VIII



Analyse des Dangers au Travail (JHA)

Je les vois, Je les contrôle

EXIGENCES EN EPI Cochez X s'ils seront utilisés		MACHINE, EQUIPEMENT & OUTILS POUR LE TRAVAIL Cochez X s'ils seront utilisés		ETIQUETAGE & AFFICHES Cochez X s'ils seront utilisés		PERMIS & INSTRUCTION Cochez X s'ils seront utilisés					
Casque	<input checked="" type="checkbox"/>	Lunettes	<input type="checkbox"/>	Echelle/Escabeau	<input type="checkbox"/>	Couverture d'incendie	<input type="checkbox"/>	Travail en hauteur	<input type="checkbox"/>	FTSS	<input type="checkbox"/>
Lunettes de Protection	<input checked="" type="checkbox"/>	Cache-oreilles	<input type="checkbox"/>	Outils manuels	<input type="checkbox"/>	Excavatrice	<input type="checkbox"/>	Barricade grillage	<input type="checkbox"/>	Manuels d'Instruction	<input type="checkbox"/>
Bouchons d'oreilles	<input type="checkbox"/>	Ecran facial	<input type="checkbox"/>	Cordon à outils	<input type="checkbox"/>	Treuil	<input type="checkbox"/>	Ruban	<input type="checkbox"/>	Procédures	<input type="checkbox"/>
Masque de soudeur	<input type="checkbox"/>	Tablier de soudeur	<input type="checkbox"/>	Machine à souder	<input type="checkbox"/>	Rallonges	<input type="checkbox"/>	Cadenas Personnels	<input type="checkbox"/>	Permis de Travail	<input type="checkbox"/>
Demi-guêtre de soudure	<input type="checkbox"/>	Gants de soudure	<input type="checkbox"/>	Compacteur	<input type="checkbox"/>	Source de courant	<input type="checkbox"/>	Etiquettes Personnelles de Danger	<input type="checkbox"/>	Permis de Travail à chaud	<input type="checkbox"/>
Gants en caoutchouc	<input type="checkbox"/>	Gants en cuir	<input type="checkbox"/>	Foreuse	<input type="checkbox"/>	Grue/Fourchette	<input type="checkbox"/>	Etiquettes Hors Service	<input type="checkbox"/>	Permis de travail en Hauteur	<input type="checkbox"/>
Gants textiles	<input type="checkbox"/>	Chaussures de Sécurité	<input checked="" type="checkbox"/>	Meuleuse	<input type="checkbox"/>	Plateforme de travail en hauteur	<input type="checkbox"/>	Etiquettes d'Infos	<input type="checkbox"/>	Permis d'Excavation	<input type="checkbox"/>
Botes de sécurité (avec protection d'orteils)	<input type="checkbox"/>	Respirateur	<input type="checkbox"/>	Echafaudage	<input type="checkbox"/>	Ventilateurs	<input type="checkbox"/>	Barricade dure	<input type="checkbox"/>	Permis d'Espace confiné	<input type="checkbox"/>
Masques à poussière	<input checked="" type="checkbox"/>	Gilet de sauvetage	<input type="checkbox"/>	Extincteur	<input type="checkbox"/>	Plateforme élévatrice	<input type="checkbox"/>	Instructions de travail	<input type="checkbox"/>	Enlèvement de caillabottis	<input type="checkbox"/>
		Harnais de sécurité	<input type="checkbox"/>	Produits chimiques	<input type="checkbox"/>	Grosse machine	<input type="checkbox"/>	Etiquettes d'échafaudage	<input type="checkbox"/>	Etude de levage	<input type="checkbox"/>
				Convoyeur	<input type="checkbox"/>					Cage à l'homme	<input type="checkbox"/>
										Isolation Electrique	<input type="checkbox"/>
										Déchets dangereux	<input type="checkbox"/>

IDENTIFICATION RAPIDE DE DANGERS – "Cochez X". Pour identifier les dangers au travail et évaluer les RISQUES auxquels le personnel s'expose avant la mise en œuvre des mesures de protection :

Electricité	<input type="checkbox"/>	Véhicules	<input checked="" type="checkbox"/>	Pression	<input type="checkbox"/>	Temps	<input type="checkbox"/>	Radiation	<input type="checkbox"/>	Chaleur	<input type="checkbox"/>	Lumière	<input type="checkbox"/>
Eau	<input type="checkbox"/>	Hauteur	<input checked="" type="checkbox"/>	Accès	<input type="checkbox"/>	Bactérie	<input type="checkbox"/>	Equipement Rotatif	<input type="checkbox"/>	Déshydratation	<input type="checkbox"/>	Manutention Manuelle	<input type="checkbox"/>
Services souterrains	<input type="checkbox"/>	Profondeur	<input type="checkbox"/>	Vibration	<input type="checkbox"/>	Poussière	<input type="checkbox"/>	Equipement en Mouvement	<input type="checkbox"/>	Objets Chauds / Froids	<input type="checkbox"/>	Produits chimiques	<input type="checkbox"/>
Explosifs	<input type="checkbox"/>	Poids	<input type="checkbox"/>	Bruit	<input checked="" type="checkbox"/>	Glissement/Trebuchement	<input type="checkbox"/>	Equipement de levage	<input type="checkbox"/>	Dangers en hauteur	<input type="checkbox"/>	Pression	<input type="checkbox"/>

Printed copy is UNCONTROLLED COPY. Please visit the Endeavour Document Control System for this document.
EDV-PROJ-HSE-V1.0-FOR013
Document Name: Job Hazard Analysis (JHA) - French
EDV Projects
Page 2 of 12
Department: Review Date: September 26 2023
JHA will expire after the task is completed or if ANYTHING changes
The JHA needs to be reviewed on a weekly basis – Maximum Validity – 30 Days



Analyse des Dangers au Travail (JHA)

Je les vois, Je les contrôle

Quel travail allons-nous faire? (Séquence des étapes principales)	Qu'est-ce qui peut nous blesser ? (Dangers potentiels)	Score de Risque Inhérent (avant d'être sécurisé)	Qu'allons-nous faire des dangers identifiés? Quelles mesures de contrôle seront utilisées ? Comment sera déterminée l'efficacité des mesures de contrôle? (Inspection & suivi continu)	Score de Risque Résiduel (remaining risk level after safeguards in place)	Action à prendre par :
Travail près des murs	Chute de Blocs		Inspecter préalablement les murs avant toute action		
Prise de mesures et d'échantillons	Rebouchement, placement Craquer des Blocs Trafic au niveau de la zone (DT, LV)		Progression lente en terrain dépouillé avec chausse de sécurité et prise d'information avant déplacement		

Printed copy is UNCONTROLLED COPY. Please visit the Endeavour Document Control System for this document.
EDV-PROJ-HSE-V1.0-FOR013
Document Name: Job Hazard Analysis (JHA) - French
EDV Projects
Page 6 of 12
Department: Review Date: September 26 2023
JHA will expire after the task is completed or if ANYTHING changes
The JHA needs to be reviewed on a weekly basis – Maximum Validity – 30 Days

Annexe 1 : Fiche d'analyse des dangers au travail (Job Hazard Analysis, JHA)



Annexe 2 : Boussole de type BREITHAUPT KASSEL



id	holeid	x	y	z	maxdepth
1	LF17-138	319525.47	914124.82	363.89	100.0
2	LF17-143	319411.41	914160.76	351.19	50.0
3	LF17-144	319418.65	914134.54	351.78	70.0
4	LF17-145	319448.14	914110.35	354.02	80.0
5	LF17-146	319466.03	914129.98	358.7	100.0
6	LF17-150	319441.92	914145.44	356.96	80.0
7	LF17-158	319299.54	914079.89	334.25	35.0
8	LF17-159	319339.75	914116.49	338.6	30.0
9	LF17-160	319334.18	914058.04	341.05	50.0
10	LF17-162	319252.67	913975.48	357.64	50.0
11	LF17-165	319265.49	913912.16	360.03	50.0
12	LF17-166	319368.08	913879.58	348.11	20.0
13	LF17-168	319266.45	913864.38	347.37	50.0
14	LF17-169	319275.34	913748.27	332.46	30.0
15	LFARC2505	319426.5...	914112.5...	348.913	23.0
16	LFARC2506	319443.8...	914102.43	351.157	30.0
17	LFARC2507	319435.2...	914107.4...	350.29	27.0
18	LFARC2508	319461.3...	914092.4...	353.808	36.0
19	LFARC2509	319452.4...	914097.4...	352.255	32.0
20	LFARC2510	319416.4...	914130.2...	348.142	16.0
21	LFARC2511	319424.9...	914125.3...	349.263	20.0
22	LFARC2512	319442.3...	914115.3...	351.404	25.0
23	LFARC2513	319433.5...	914120.3	350.474	21.0
24	LFARC2514	319462.7...	914114.6...	354.348	28.0
25	LFARC2515	319428.0...	914134.77	350.352	38.0
26	LFARC2516	319445.26	914124.8...	352.534	41.0
27	LFARC2517	319471.57	914108.8	355.266	35.0
28	LFARC2518	319433.2...	914149.56	353.033	25.0
29	LFARC2519	319424.48	914154.8...	351.457	23.0
30	LFARC2520	319459.6...	914135.0...	355.414	29.0
31	LFARC2521	319450.8...	914140.0...	354.722	27.0
32	LFARC2522	319483.3...	914119.8...	357.071	34.0
33	LFARC2523	319471.6...	914126.5...	357.045	16.0
34	LFARC2529	319452.3...	914148.5...	356.146	28.0

Annexe 3 : Aperçus de la table collar des forages



id	holeid	depth	dip	azimuth	dogleg_severity
28	LFARC2518	0.0	90.0	300.0	0.0
29	LFARC2519	0.0	90.0	300.0	0.0
30	LFARC2520	0.0	90.0	300.0	0.0
31	LFARC2521	0.0	90.0	300.0	0.0
32	LFARC2522	0.0	60.0	300.0	0.0
33	LFARC2523	0.0	90.0	300.0	0.0
34	LFARC2529	0.0	60.0	300.0	0.0
35	LFARC2530	0.0	60.0	300.0	0.0
36	LFARC2531	0.0	60.0	300.0	0.0
37	LFARC2532	0.0	60.0	300.0	0.0
38	LFARC2533	0.0	60.0	300.0	0.0
39	LFARC2534	0.0	60.0	300.0	0.0
40	LFARC2535	0.0	90.0	300.0	0.0
41	LFARC2572	0.0	60.0	300.0	0.0
42	LFARC2577	0.0	70.0	300.0	0.0
43	LFARC2578	0.0	70.0	300.0	0.0
44	LFARC2579	12.0	58.34	304.48	0.0
45	LFARC2790	12.0	69.98	341.55	0.0
46	LFARC2797	0.0	70.0	340.0	0.0
47	LFARC2809	0.0	70.0	340.0	0.0
48	LFARC2810	0.0	70.0	340.0	0.0
49	LFARC2811	0.0	70.0	340.0	0.0
50	LFARC2816	12.0	69.07	337.26	0.0
51	LFARC2817	0.0	70.0	340.0	0.0
52	LFARC2821	0.0	70.0	340.0	0.0
53	LFARC2822	0.0	70.0	340.0	0.0
54	LFARC3112	0.0	70.0	300.0	0.0
55	LFARC3113	0.0	70.0	300.0	0.0
56	LFARC3114	0.0	70.0	300.0	0.0
57	LFARC3115	12.0	69.58	302.02	0.0
58	LFARC3116	0.0	70.0	300.0	0.0
59	LFARC3117	0.0	70.0	300.0	0.0
60	LFARC3118	0.0	70.0	300.0	0.0

Annexe 4 : Aperçus de la table survey des forages



id	holeid	from	to	litho_code	lithology	Litho_Grp	Litho_Grp_IS
1	LF17-138	0.0	1.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
2	LF17-138	1.0	2.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
3	LF17-138	2.0	3.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
4	LF17-138	3.0	5.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Saprolite
5	LF17-138	5.0	8.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
6	LF17-138	8.0	9.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
7	LF17-138	9.0	10.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
8	LF17-138	10.0	15.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
9	LF17-138	15.0	20.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
10	LF17-138	20.0	22.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
11	LF17-138	22.0	24.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
12	LF17-138	24.0	31.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
13	LF17-138	31.0	32.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
14	LF17-138	32.0	36.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
15	LF17-138	36.0	37.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
16	LF17-138	37.0	42.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
17	LF17-138	42.0	43.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
18	LF17-138	43.0	48.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
19	LF17-138	48.0	51.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
20	LF17-138	51.0	57.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
21	LF17-138	57.0	60.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
22	LF17-138	60.0	64.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
23	LF17-138	64.0	65.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
24	LF17-138	65.0	69.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
25	LF17-138	69.0	70.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
26	LF17-138	70.0	93.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
27	LF17-138	93.0	96.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
28	LF17-138	96.0	97.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
29	LF17-138	97.0	100.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive
30	LF17-143	0.0	1.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
31	LF17-143	1.0	4.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
32	LF17-143	4.0	7.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
33	LF17-143	7.0	8.0	ARGL	Saprolite	Saprolite	Saprolite
34	LF17-143	8.0	10.0	IMAF	Mafic intr...	Mafic intr...	Mafic intrusive

Annexe 5 : Aperçus de la table litho des forages



id	holeid	from	to	Weath_Code	Weath_Grp	Weath_Grp_IS
1	LF17-138	0.0	1.0	Saproliteolite	Saprolite	Saprolite
2	LF17-138	1.0	15.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
3	LF17-138	15.0	100.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
4	LF17-143	0.0	4.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
5	LF17-143	4.0	10.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
6	LF17-143	10.0	50.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
7	LF17-144	0.0	2.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
8	LF17-144	2.0	9.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
9	LF17-144	9.0	70.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
10	LF17-145	0.0	2.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
11	LF17-145	2.0	9.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
12	LF17-145	9.0	80.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
13	LF17-146	0.0	1.0	NRCV	NRCV	Saprolite
14	LF17-146	1.0	2.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
15	LF17-146	2.0	6.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
16	LF17-146	6.0	100.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
17	LF17-150	0.0	3.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
18	LF17-150	3.0	14.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
19	LF17-150	14.0	80.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
20	LF17-158	0.0	1.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
21	LF17-158	1.0	21.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
22	LF17-158	21.0	35.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
23	LF17-159	0.0	2.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
24	LF17-159	2.0	21.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
25	LF17-159	21.0	30.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
26	LF17-160	0.0	3.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
27	LF17-160	3.0	14.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
28	LF17-160	14.0	50.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
29	LF17-162	0.0	9.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
30	LF17-162	9.0	28.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
31	LF17-162	28.0	50.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock
32	LF17-165	0.0	4.0	Saprolite	Saprolite	Saprolite
33	LF17-165	4.0	47.0	Soprocks	Soprocks	Soprocks
34	LF17-165	47.0	50.0	Bedrock	Bedrock	Bedrock

Annexe 6 : Aperçus de la table weath des forages