

Département des sciences de la terre

Faculté des sciences et techniques de
Marrakech

Université Cadi Ayyad

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Licence Sciences et Techniques

« Géologie Appliquée aux Ressources Minières »

Intitulé :

Processus d'estimation de ressources minérales – Dango, District minier Etéké, Gabon

Réalisé par :

- Matlini Adnane
- Jerradi Said

Encadré par :

Mr. Ait Slimane Brahim

Mme. Berrada Samia

Soutenu le 27 Juin 2014

Devant le Jury composé de :

Pr. Jaffal Mohamed : Faculté des Sciences et Techniques - Marrakech

Pr. Berrada Samia. : Faculté des Sciences et Techniques - Marrakech

Année 2013-2014

Remerciements

À l'issu de ce projet, nous tenons à témoigner notre reconnaissance aux personnes qui nous ont permis de progresser dans nos études, ainsi que dans la rédaction de ce rapport en apportant leur aide.

Nous voudrons vivement remercier Monsieur Ait Slimane Brahim pour la proposition de ce sujet, et pour avoir mis à notre disposition les outils nécessaires pour la réalisation de ce stage.

Nous ne saurions jamais comment exprimer nos profondes gratitude à Mme Samia Berrada, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, qui a accepté de nous encadrer, nous lui sommes reconnaissants d'être toujours rendue disponible malgré ses préoccupations nous la remercions de nous avoir appris beaucoup de choses, pour ses conseils précieux, ses directives et pour ses corrections pertinentes, qu'elle trouve ici le témoignage de notre profond respect.

Nous aimerons aussi présenter nos sincères remerciements à Mr Noureddine Zerhouni qui nous a apporté beaucoup d'aide durant notre stage et lorsqu'on en avait besoin.

Une telle étude n'aurait pu être effectuée sans l'aimable participation de Mlle Aicha Hissou, nous voudrions bien lui exprimer nos sincères reconnaissances pour son aide et son soutien et pour ses encouragements.

Nous ne saurions jamais comment lui exprimer notre reconnaissance. Nos gratitude s'adressent aussi à Mr Ouchni et tout le personnel de REMINEX Exploration et Managem pour avoir assuré le bon déroulement de notre stage.

Nos très profonds remerciements vont aussi à Mr Abdellatif Saidi responsable de la licence Géologie Appliquée aux Ressources Minières (GARM) et Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech ainsi qu'à tous les enseignants au sein du département de géologie qui n'ont jamais cessé de nous transmettre leur savoir tout au long de notre période de formation.

Sans avoir oublié monsieur Jaffal, professeur à la faculté des sciences et techniques qui a accepté de juger et d'évaluer notre travail, nous lui sommes reconnaissants.

Nous voulons aussi remercier tous les étudiants de notre promotion ainsi que nos amis pour leur soutien et avec qui nous avons passé de très bons moments depuis notre premier jour à cet établissement, nous espérons qu'on restera en contact dans l'avenir.

Finalement, une grande pensée à nos parents, à qui nous dédions ce travail, nos mots ne peuvent jamais exprimer notre gratitude et notre amour envers eux, Merci pour votre soutien et votre patience.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Remerciements..... | 2 |
| Sommaire..... | 3 |
| Résumé..... | 7 |
| Introduction..... | 8 |
| Première Partie | |
| I. Situation géographique..... | 10 |
| 1. Géographie régionale..... | 10 |
| 2. Géographie locale..... | 10 |
| II. Cadre géologique..... | 12 |
| 1. Géologie régionale..... | 12 |
| a. Géologie du Gabon..... | 12 |
| b. Géologie d'Etéké..... | 13 |
| 2. Géologie locale..... | 14 |
| a- Lithologie..... | 14 |
| b- Minéralisation..... | 15 |
| c- Altération..... | 15 |
| d- Tectonique..... | 15 |
| III. Historique de travaux..... | 18 |
| IV. Echantillonnage..... | 19 |
| 1. Stream-Sediment..... | 19 |
| 2. Géochimie sol..... | 19 |
| 3. Lithogéochimie (sondages)..... | 21 |
| 4. Superposition des méthodes entre elles..... | 23 |

5. Superposition des méthodes avec la géologie.....23**Deuxième partie**

| | |
|---|-----------|
| I. Généralités..... | 26 |
| 1. La norme..... | 26 |
| 2. Datamine..... | 26 |
| II. Numérisation..... | 26 |
| 1. Importation de la base de données..... | 26 |
| a. Base de données Datamine..... | 26 |
| b. Visualisation des sondages..... | 29 |
| 2. Visualisation des coupes transversales..... | 30 |
| 3. Création du corps 3D « Wireframe »..... | 30 |
| a. Processus de triangulation « linkage »..... | 31 |
| b. Solide 3D..... | 31 |
| 4. Création du composite à l'intérieur du Wireframe..... | 32 |
| a. Etude statistique..... | 32 |
| b. Composite..... | 36 |
| 5. Densité..... | 36 |
| 6. Création du Bloc Modèle..... | 37 |
| 7. Interpolation du bloc modèle..... | 40 |
| a. Notion d'interpolation du bloc modèle..... | 40 |
| b. Ellipses de recherches..... | 41 |
| c. Conditions d'acceptation..... | 42 |
| d. Catégorisation des blocs..... | 42 |
| e. Processus de validation du bloc modèle..... | 43 |
| e- 1. Validation visuelle..... | 43 |
| e- 2. Résultats Statistiques..... | 44 |
| III. Conclusion..... | 46 |
| Liste des abréviations..... | 47 |

Bibliographie.....47

Liste des figures

Figure I. 1 : Carte du Gabon

Figure I. 2 : Carte montrant la localisation de la zone d'Etéké

Figure I. 3 : Carte géologique du permis d'exploration dans la région d'Etéké

Figure I. 4 : Plan de situation des travaux réalisés sur Dango

Figure I. 5 : photos montrant les différents faciès de la zone de Dango

Figure I. 6 : carte des résultats stream dans la zone d'Etéké

Figure I. 7 : carte de superposition des sondages et des analyses de stream avec la géologie de la région

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : Résultats des différents sondages "DANGO"

Tableau II. 1 : Table de positionnement des sondages « Collars »

Tableau II. 2 : Table des orientations et déviations des sondages « Surveys »

Tableau II. 3 : Table des analyses mono ou multi élémentaires « Assays »

Tableau II. 4 : Table lithologique des descriptions des faciès traversés« Litho »

Tableau II. 5 : Tableau des codes lithologiques

Tableau II. 6 : Métal perdu des deux faciès séparés

Tableau II. 7 : Tableau de densité des différents faciès

Tableau II. 8 : Tableau statistique du Wireframe

Tableau II. 9 : Tableau de paramètres des ellipsoïdes de recherche

Tableau II. 10 : Tableau de conditions d'acceptation d'ellipsoïde

Tableau II. 11 : Tableau d'estimation dans le faciès quartzitique

Tableau II. 12 : Tableau d'estimation dans le faciès schisteux

Tableau II. 13 : Tableau d'estimation de structures minéralisées dans la zone de Dango

Liste des images

- Figure II. 1 : Image montrant le positionnement des sondages sur DATAMINE
- Figure II. 2 : visualisation des enveloppes minéralisées en coupe
- Figure II. 3 : Image de triangulations des différentes structures
- Figure II. 4 : Image des structures minéralisées en 3D
- Figure II. 5 : histogramme des fréquences des longueurs
- Figure II. 6 : courbe des fréquences cumulées des deux faciès : Quartzite.
- Figure II. 7 : courbe des fréquences cumulées des deux faciès : Schiste
- Figure II. 8 : visualisation de la table COMPDH en coupe verticale
- Figure II. 9 : visualisation du bloc modèle en plan
- Figure II. 10 : Visualisation du bloc modèle en 3D
- Figure II. 11 : Image des deux ellipsoïdes de recherche
- Figure II. 12 : Visualisation en 3D du bloc modèle en fonction des différentes catégories
- Figure II. 13 : Coupe transversale montrant la relation teneur composite – teneur BM
- Figure II. 14 : Vue en 3D de la distribution des teneurs à l'intérieur du bloc modèle

Résumé

La région de Dango est une région qui fait partie du district minier d'Etéké, ce dernier a été exploité pour longue période essentiellement par la BRGM. Actuellement, Managem International retient maintenant le permis de recherche de ce district.

Les minéralisations sont associées à des ceintures des roches vertes, suivant des zones d'écaillage et de chevauchement du substratum archéen. Les principaux indices primaires sont rencontrés au niveau de Dango, Dondo-Mobi et Ovala, ce sont des gîtes aurifères encaissés dans des roches basiques à ultrabasiques, affectés par une altération hydrothermale importante, dites « Listvénites aurifères ».

Ce travail consiste à un inventaire des données analytiques à partir de multiples documents disponibles à MANAGEM et au BRGM, des cartes des résultats « or » issues de géochimie stream-sédiment ainsi que les sondages réalisés par ces deux organismes.

L'estimation de ressources est une étape très importante avant le lancement de tout projet minier. Elle se fait généralement à l'aide des logiciels, nos études se sont réalisées par DATAMINE, en choisissant une méthode bien connue et fiable « IPD² ».

Introduction

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, au sein de la faculté des sciences et techniques de Marrakech, nous avons réalisé un stage d'un mois au centre d'exploration REMINEX appartenant à la société MANAGEM.

Objectif

Le district aurifère d'Etéké est une vaste région où le BRGM s'est investi depuis les années 60 jusqu'à 90. Durant cette période le BRGM a accumulé des grandes quantités d'informations et qui sont maintenant sous forme de rapports techniques, qui sont étudiés et traités par la société MANAGEM, qui est actuellement propriétaire d'un permis d'exploration dans cette région ou se localise plusieurs indices tel que Massima, Ovala, Dondo-Mobi et Dango.

Notre rapport fera l'objet d'une étude d'estimation des ressources minérales du projet de Dango, district minier d'Etéké. Le premier volet va être essentiellement théorique et bibliographique, il informera sur la localisation du permis de recherche, la géologie régionale et locale ainsi que les différentes méthodes d'échantillonnage. La deuxième partie portera sur le côté pratique où on va traiter les différentes données, issues des sondages réalisées dans la région, afin de réaliser des blocs modèles 3D de la minéralisation, en utilisant un logiciel DATAMINE, ensuite les interpréter.

Partie I : Etude géologique

I. Situation géographique

1. Géographie régionale

Le Gabon est un pays d'Afrique centrale, baigné par l'Atlantique, au sud du golfe du Biafra, dans le golfe de Guinée. Situé à hauteur de l'équateur, le climat y est tropical chaud et humide.

Le relief du Gabon est constitué d'une plaine côtière basse, de collines à l'intérieur du pays et de savanes à l'est et au sud. Selon les estimations, 80 à 85 % du pays est recouvert par la forêt. (Fig. I. 1).

La région d'Etéké se situe dans la partie centre sud du Gabon, au niveau du massif montagneux du Chaillu, elle fait partie du département de l'Ogoulou (préfecture de Mimongo) rattaché à la province de Ngounié. D'un autre point de vue Etéké renferme cinq gîtes aurifères, dont trois sont les plus connus et seulement un fera l'objet de nos études.

La région et jouit d'un climat équatorial assez particulier; très humide, il se caractérise par une saison sèche de Juin à Septembre, marquée par un brouillard et une brume très fréquents. La saison des pluies va d'Octobre à Mai, avec une légère accalmie de décembre à février. Cette saison souvent ensoleillée, est marquée par d'importantes précipitations : 2,40 m de moyenne annuelle.

La région est très accidentée et possède un réseau hydrographique très dense (environ 3 km de rivière/km²), qui comprend trois grandes rivières ; l'Ougoulou à l'Est et au sud avec son principal affluent la Migoto, l'Ikoy au nord et Oumba à l'ouest. Celui-ci est tributaire de l'Ikoy. (Fig. I. 2)

2. Géographie locale

La région de Dango est Situé à 34 km au NE d'Etéké. Elle abrite un gîte aurifère primaire, de découverte récente, appartenant au prolongement nord de la zone aurifère de Massima-Douango, à l'Est d'un grand accident cisaillant, mais n'est pas lié au faisceau des roches vertes du Francevillien B de Massima.

Localisé sur le flanc ouest d'une ligne de crête allongée N20°E, culminant à 960 m d'altitude, et marquée par des escarpements de quartzites jaspoïdes du francevillien C, à fortes dénivellées (200 m), le gîte de Dango a alimenté essentiellement les dépôts alluvionnaires des rivières coulant vers l'Ouest. (Fig. I. 3)



Figure I. 1 : Carte du Gabon

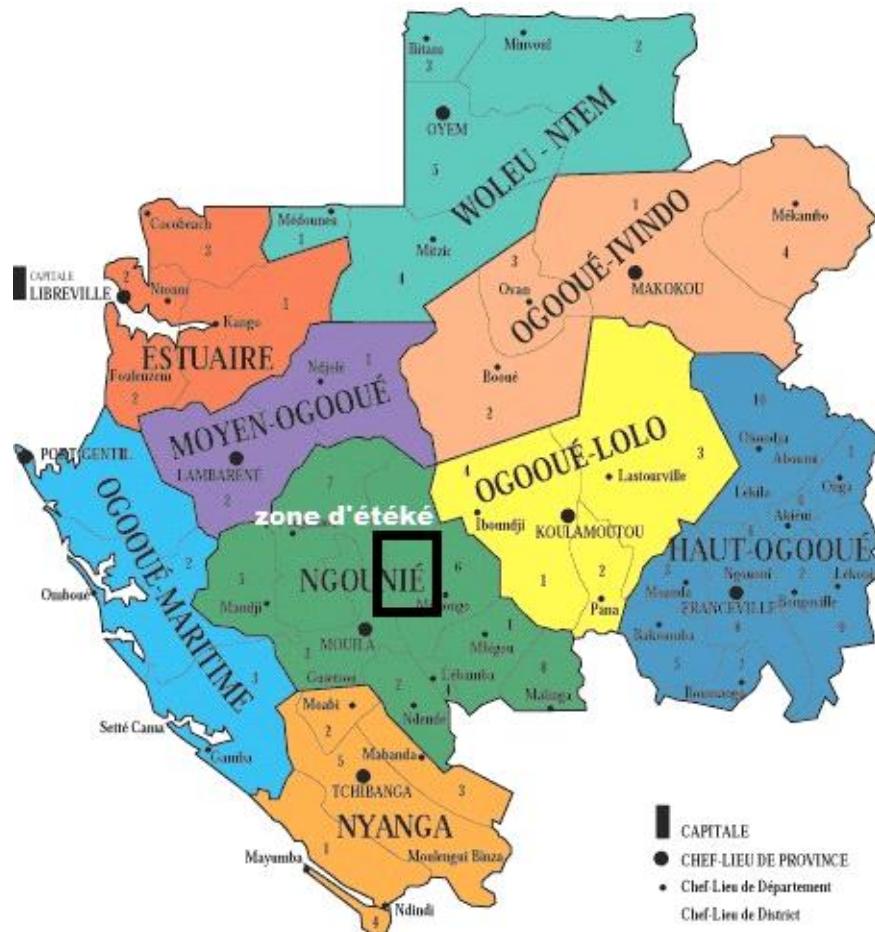


Figure. I. 2 : Carte montrant la localisation de la zone d'Etéché

II. Cadre géologique

1. Géologie régionale

a. Géologie du Gabon

Au plus général, trois grandes unités stratigraphiques peuvent être distinguées : le socle archéen et les sédiments protérozoïques qui couvrent 75 % du pays, ainsi que la couverture sédimentaire du phanérozoïque.

Le socle archéen correspond au massif du nord Gabon et au massif du Chaillu. Les sédiments protérozoïques concernent la vallée de l'Ogooué et celle de la Nyanga. Les sédiments du phanérozoïque se retrouvent notamment sur les plateaux Batéké et la marge côtière où se trouvent les gisements pétrolières *onshore* et *offshore*.

Le craton ancien sur lequel se situe le Gabon fait que le pays possède un sous-sol riche en minéraux puisque les métaux précieux et les diamants tendent, avec le temps, à se regrouper dans des unités géologiques particulières.

L'exploitation minière commerciale concerne le manganèse dont le Gabon est le deuxième producteur mondial, le fer, l'or et le niobium. La reprise de l'exploitation de l'uranium,

arrêtée en 1999 (mines de la région de Franceville), est envisagée. Il existe des potentialités en matière de diamant mais l'exploitation commerciale à grande échelle est encore à venir.

La zone de Franceville recèle quelques particularités ; on y trouve des réacteurs nucléaires naturels (réacteur nucléaire naturel d'Oklo), aujourd'hui inactifs, datant de 2 milliards d'années environ, ainsi que les traces les anciennes à ce jour d'organismes multicellulaires macroscopiques (groupe fossile de Franceville), datant de la même époque. (*Géologie du Gabon – Minesgabon.Org*)

b. Géologie d'Etéké

Les minéralisations de la région d'Etéké sont encaissées dans des ceintures de roches vertes (greenstonebelt), roches basiques et ultrabasiques hydrothermalisées, d'âge Archéen, ayant subit une tectonique compressive manifestée par le plissement et le métamorphisme d'âge paléo-protérozoïque dont l'origine est qualifié éburnéen. (Fig. I. 3)

Les 3 principaux gîtes aurifères ainsi que leur cadre géologique dans cette zone sont :

- *Ovala* : situé dans une zone d'écailles de roches vertes, encaissées entre les dômes d'orthogneiss de Moukandza à l'Est et de Bouvoudou-Obou à l'Ouest.
- *Dondo-Mobi* : localisé à la terminaison anticlinale du dôme d'orthogneiss de Moukandza, dans une zone où les roches vertes sont fortement poinçonnées et métamorphisées.

Dango : porté par des lanières tectoniques de métapélites, de quartzites et de roches vertes le long du cisaillement de l'Ogoulo-Offoué, dans la zone de chevauchement du dôme de Moukandza sur les granitoïdes archéens du Chaillu. (*J. Monthel – 2010 – District aurifère d'Etéké (Gabon)*.

*Inventaire et analyse – BRGM/RC-58977-
FR*

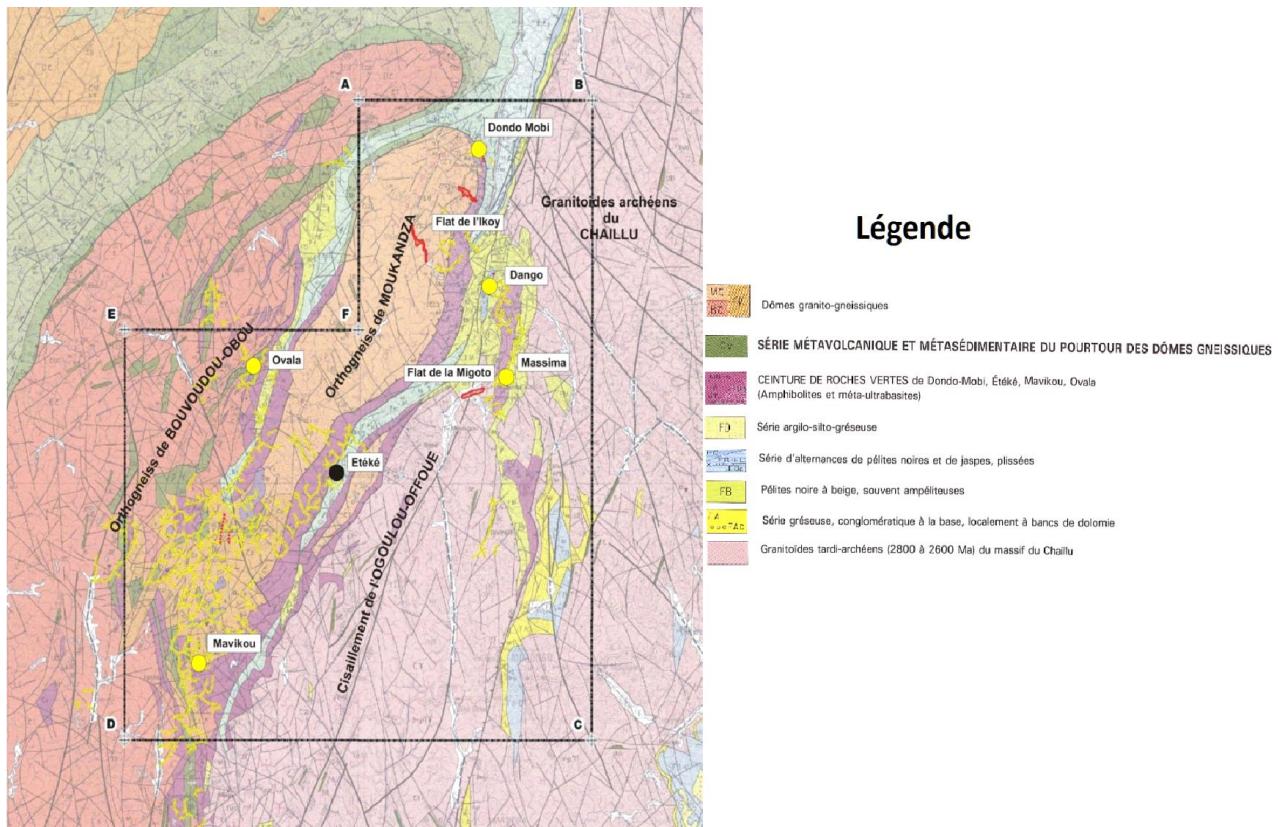


Figure. I 3 : Carte géologique du permis d'exploration dans la région d'Etéké (J. Monthel – 2010 – District aurifère d'Etéké (Gabon). Inventaire et analyse – BRGM/RC-58977-FR)

2. Cadre géologique local

a. lithologie

La minéralisation à Dango est essentiellement portée par deux horizons ; des schistes et des quartzites N10, concordants et de formes variées (corps silicifiés plus ou moins graphiteux, sous formes de disséminations, de stockwerks et de veines). Ces deux horizons peuvent être détaillés en quatre formations (Fig. I. 4 et 5) :

- *Quartzites jaspoides sombre et quartzite ferrugineux, mais c'est l'intensité de la cataclase qui conditionne l'existence de la minéralisation.*
- *Séricitoschistes à pyrite disséminée ou pas, mais très altérés.*
- *Chlorito-séricitoschistes blanchâtres à verdâtres à veinules de quartz blanc.*
- *Schistes noirs graphiteux à forte concentration de sulfures.*

b. Minéralisation

Les corps minéralisés de Dango ont une orientation générale d'azimut N20°, avec un pendage moyen variant entre 45° vers l'Ouest.

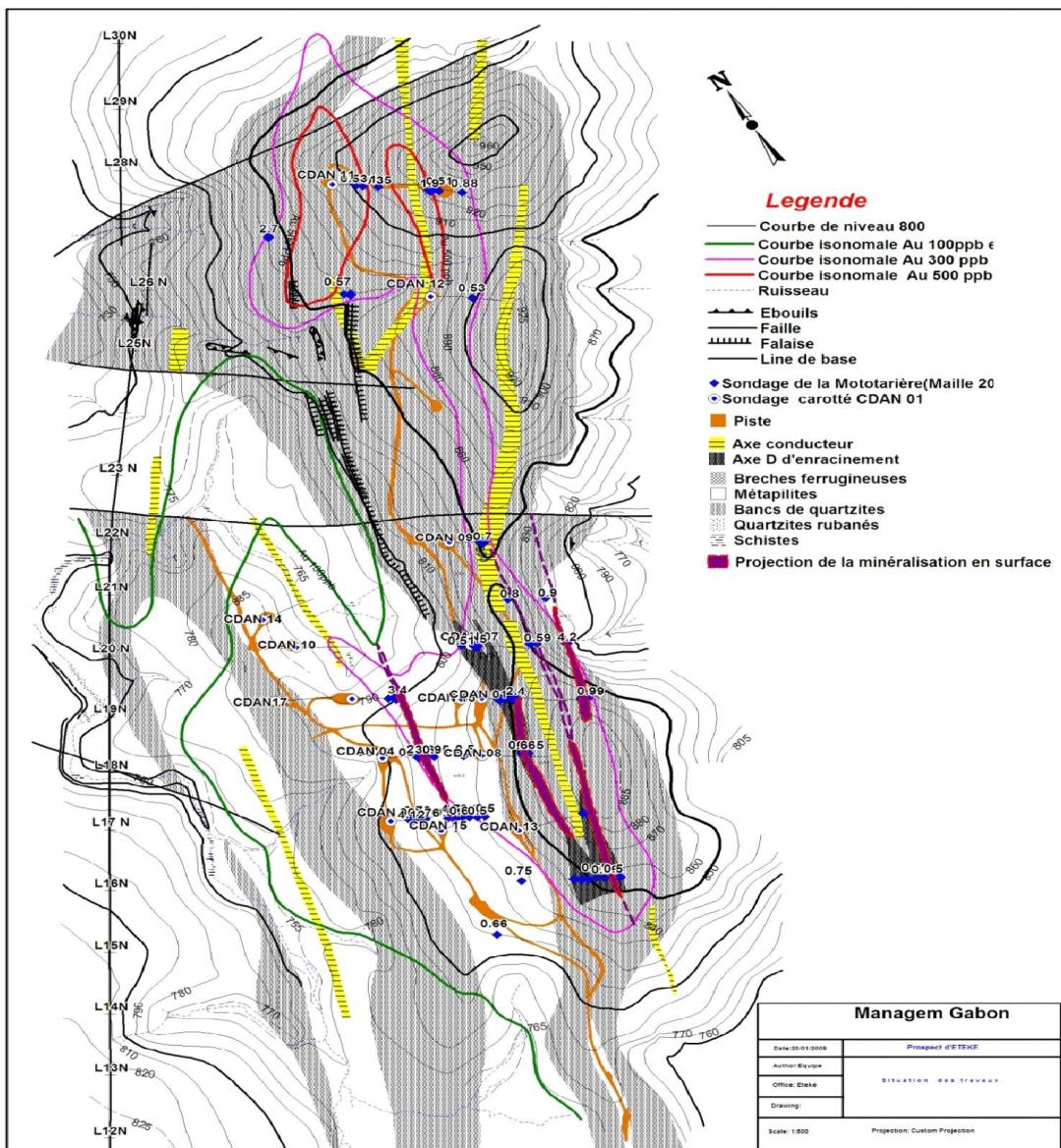
L'or à Dango est libre, et/ou, associé à des sulfures, il est souvent très fin (car les observations macroscopiques n'ont jamais permis de le voir), la paragenèse comprend la pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, sphalérite, galène, molybdénite, sulfosels de cuivre et des tellurures.

c. Altération

Une altération hydrothermale forte est marquée par la kaolinitisation, la silicification, la chloritisation et la sérichtisation. Aussi, la limonitisation qui caractérise l'oxydation de la pyrite est très présente à Dango.

d. Tectonique

Plusieurs phases de déformation ont affecté cette barre de quartzites. L'une à caractère ductile-cassant, se traduit par des passées de cataclasites à quartz microsaccharoïde, répartis selon des couloirs tectoniques dont l'orientation est mal définie. Les phases tardives, plus cassantes, se manifestent sous forme de brèches tectoniques cimentées par du quartz blanc et des hydroxydes de fer; elles sont particulièrement abondantes à la base de la barre. Ces brèches constituent le principal porteur des occurrences aurifères reconnues dans les quartzites, les structures minéralisées constituent quatre axes A, B, C et D, les trois premiers sont portés par le facies quartzitique alors que le dernier est porté par les schistes. (Fig. I. 4).





A - Quartzite à oxyde de fer et à stockwerks de quartz



B - Quartzite tacheté (sulfure oxydé)

C - Quartzite ferrugineux à veines de quartz



D - Schistes noirs boudinés, microplissés

E - Schistes noirs microplissés

Fig. I. 5 : photos montrant les différents faciès de la zone de Dango (N. Zerhouni – 2014 - Rapport d'actualisation des ressources Dango)

II.Historique des travaux

En 1987, L'anomalie géochimique aurifère de Dango, a été mise en évidence lors de la cinquième campagne du syndicat or Etéké, par une prospection géochimique détaillée, en sol, à la maille de 200 x 100 m, implantée sur une grande zone d'anomalie stream.

Cette anomalie géochimique en sol est caractérisée par sa taille (isoteneur 300 ppb Au, 1400 m d'extension NS et 50 à 300 m de largeur), sa bonne structuration et son contraste (9 valeurs > 500 ppb Au, maxi = 965 ppb). En outre, l'anomalie est marquée par des teneurs en SiO₂ élevées et présente une zone déprimée en TiO₂ et un halo à Pb-As, périphérique (*Deschamps et al ; 1988*).

En 1988, la neuvième campagne du syndicat développe sur le prospect de Dango une prospection géophysique (PP, résistivité, magnétométrie) ainsi que des sondages à la mototarière. La géophysique a localisé un ensemble résistant correspondant à la barre quartzitique principale, séparé par des axes conducteurs occupés par des schistes noirs.

Les profils de sondages à la mototarière (à maille de 100 x 10 m) ont fait apparaître quatre axes d'enracinement, de direction NS, conformes aux structures géologiques. Les axes A, B et C, en relais sur 700 m d'allongement, sont situés à l'aplomb de la barre quartzitique et ont été définis par des teneurs supérieures à 0,5 g/t (maxi = 4,7 g/t).

Six sondages carottés (C.DAN1 à 6) totalisant 729 m ont été forés pour explorer l'aval pendage des axes d'enracinement. Le sondage C.DAN 01 (206 m) destiné à reconnaître l'axe d'enracinement dans les quartzites jaspoides, a recoupé ceux-ci sur environ 160 m d'épaisseur et mis en évidence des cataclasites à quartz microsaccharoïde à pyrite disséminée.

Les sondages C.DAN2 à 6, destinés à explorer l'aval de l'horizon D, ont mis en évidence une minéralisation aurifère dans des pélitesséricito-chloriteuses.

En 1989, la dixième campagne du syndicat a exploré la partie nord du prospect. Onze sondages (C.DAN7 à C.DAN17) ont été forés et ont permis de préciser les caractéristiques des quatre structures minéralisées notées A, B, C et D, orientées nord sud et distants de 150 à 200 m.

En 1990, les travaux ont porté essentiellement sur l'axe D, jugé le plus attractif. Il a été testé sur 400 m d'extension horizontale 170 m d'aval pendage par neuf sondages carottés totalisant 1893,50 m.

La tranche comprise entre 6 et 15 m a été reconnue par deux puits (31 m) et deux tranchées (140 m). Ces travaux ont permis de circonscrire, sur 200 m d'allongement horizontal et 80 m d'extension verticale, un corps minéralisé dont les ressources ont été estimées à 210000 t tv à une teneur moyenne de 6,29 g/t, soit un total de 1,3 t métal.

En 1995, réalisation de vingt sondages (PG95/1 à PG95/17, PG95/1b, PG95/2b et PG95/3b) par PARC (Pan Africaine Ressources Corporation Ltd). Parmi ces sondages douze ont concerné l'axe D. Quatre de ces sondages ont été réalisés dans le but de contrôler les sondages BRGM (PG95/4 pour CDAN17 ; PG95/5 pour CDAN2 ; PG95/3 pour CDAN23 et PG95/2 pour CDAN04. Les teneurs et puissances étaient inférieurs à celles du BRGM.

En 1997 : Lafayette devenue titulaire du permis a procédé à une estimation des réserves de Dango en tenant compte des données de sondages PARC (*rapport annuel 1997*). Pour cette estimation des ressources, Lafayette a appliqué les règles suivantes :

- les cinq premiers mètres sont considérés comme stériles ;
- les profondeurs de minéralisation sont de 160 m pour A, B et C.
- extension cumulée de 650 m pour A, B et C ;
- extension horizontale de 400 m pour D ;
- teneur de coupure = 1 g/t.

III. Echantillonnage

1. Stream-Sédiment

La prospection géochimique pour l'or a révélé la première fois une anomalie par la méthode Stream-Sédiment. Les résultats dans cette région sont résumés dans la carte du Stream de la figure I. 6. Ces résultats du stream ont permis de localiser postérieurement l'emplacement des sondages réalisés par la BRGM, et qui sont superposés sur les zones de fortes anomalies stream (fig.1.6).

2. Géochimie sol

En 2008, Managem Gabon a couvert le secteur de Dango en géochimie sol, à maille de 100 x 25 sur une superficie de 2.5 km x 1.4 km, afin de retracer les anciennes anomalies. Au total 1323 échantillons ont été prélevés dont à peu près la moitié a été tamisée et analysés.

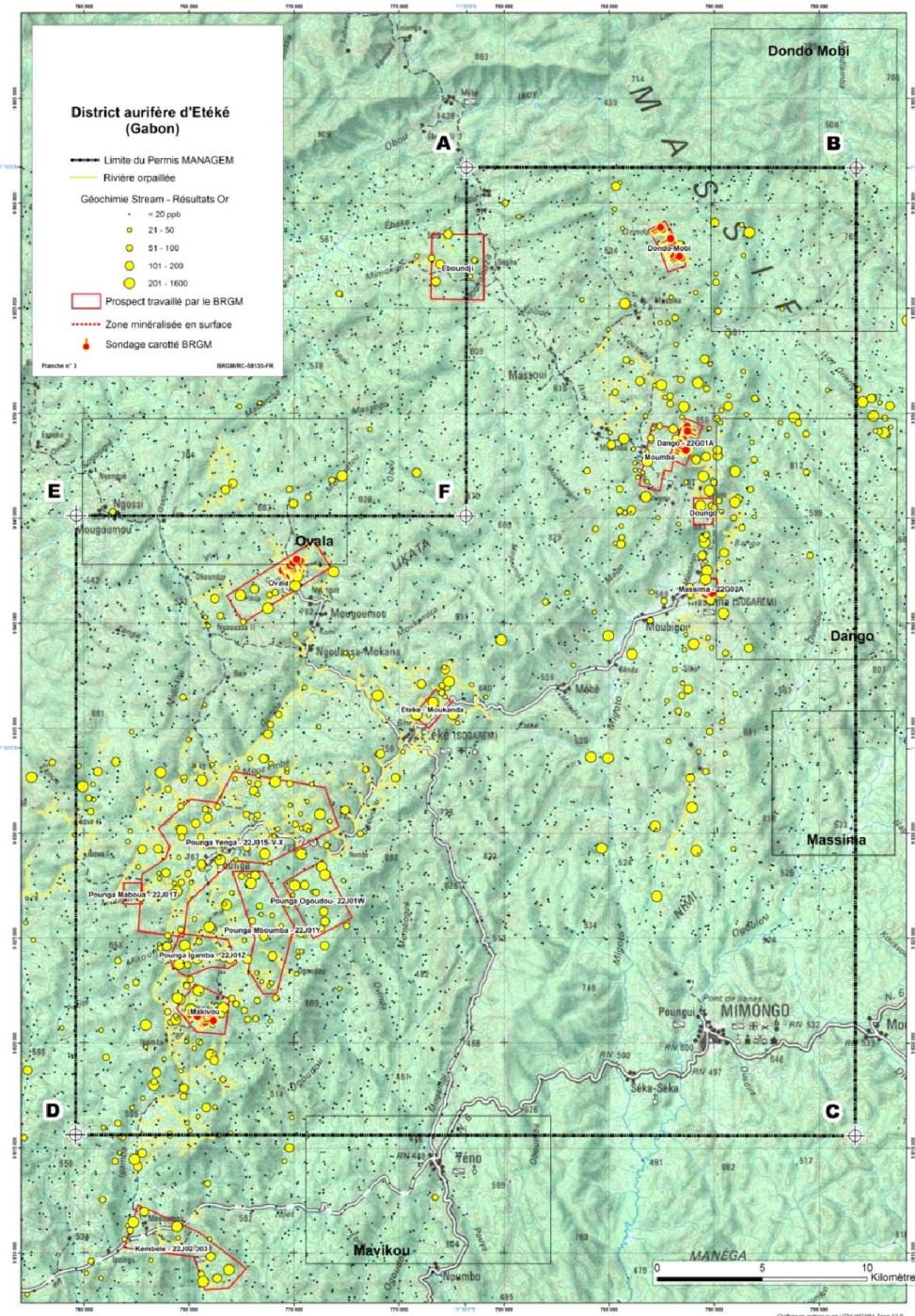


Figure. I. 6 : carte des résultats stream dans la zone d'Etéké (J. Monthel – 2010 – District aurifère d'Etéké (Gabon). Inventaire et analyse – BRGM/RC-58977-FR)

3. Lithogéochimie (sondages)

Concernant les données lithogéochimiques, 32 sondages ont concerné l'axe D et seulement 11 sondages ont concerné les axes A ; B et C ; d'où la nécessité de réaliser des sondages complémentaires sur ces axes (Tab. I. 1).

Ces données avant d'être traité par le logiciel Datamine, ont été vérifiées et contrôlés par les trois méthodes connus, Standard, Doubles et Blanc afin de s'assurer de la qualité du laboratoire d'analyse.

| N° du sondage | Passe interceptée | Puissance traversée (m) | Teneur (g/t) | Axe visé |
|---------------|-------------------|-------------------------|--------------|------------|
| DAN1 | 72 à 74m | 2 | 1,14 | B |
| | 86 à 87m | 1 | 7,4 | B |
| | 108 à 113m | 5 | 1,06 | C |
| | 126 à 151m | 25 | 2,33 | C |
| DAN2 | 21 à 24m | 3 | 1,47 | D |
| | 41,8 à 56,8m | 15 | 6,11 | D |
| DAN3 | 66,3 à 73,8m | 7,5 | 5,17 | D |
| DAN4 | 49,6 à 52,6m | 3 | 4,85 | D |
| DAN5 | 59 à 72,5m | 13,5 | 5,98 | D |
| DAN6 | 102 à 103,5m | 1,5 | 0,9 | D |
| DAN7 | 24,7 à 26,6m | 1,9 | 1,36 | B |
| | 60,9 à 65,9m | 5 | 2,14 | A |
| | 73,9 à 89,75m | 15,85 | 1,42 | A |
| | 113,35 à 118,8m | 5,45 | 0,47 | C |
| | 139,45 à 141m | 1,55 | 7,01 | C |
| DAN8 | 51,6 à 57,6m | 6 | 18,14 | B |
| | 117 à 122m | 5 | 1,06 | A |
| | 135,1 à 138,1m | 3 | 3,56 | A |
| | 147,3 à 150,8m | 3,5 | 5,7 | C |
| DAN9 | 118,75 à 120,6m | 2,85 | 0,73 | C |
| | 127,9 à 132m | 4,1 | 4,94 | C |
| DAN10 | 119,6 à 124,6m | 5 | 12,23 | D |
| DAN11 | 20,4 à 22,4m | 2 | 1,83 | A |
| | 54 à 54,8m | 0,8 | 0,82 | A |
| DAN12 | | | Négatif | C |
| DAN13 | 6 à 15,7m | 9,7 | 0,73 | Couverture |
| | 36,3 à 41,3m | 5 | 2,14 | B |
| | 67,7 à 68,7m | 1 | 0,84 | A |
| DAN14 | | | Négatif | D |
| DAN15 | 69,6 à 70,6m | 1 | 3,6 | D |
| DAN16 | 99,9 à 101,9m | 2 | 2,7 | B |
| | 112 à 115,4m | 3,4 | 1,11 | B |

| | | | | |
|----------|---|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | 142,4 à 147,9m | 5,5 | 0,82 | C |
| DAN17 | 102,05 à 110,45m | 8,4 | 8,7 | D |
| DAN18 | 5,6 à 12,3m 41,5 à 63,1m | 6,7 21,6 | 1,03 4,94 | D D |
| DAN18b | 46,15 à 55m | 8,85 | 6,22 | D (arrêt sur mineraï) |
| DAN19 | 17,9 à 32,7m | 14,8 | 12,79 | D |
| DAN20 | 3 à 4,8m | 1,8 | 0,85 | Couverture ; arrêt technique |
| DAN20b | 47,85 à 53,85m | 6 | 3,6 | D |
| DAN21 | 30,9 à 32,9m 41,55 à 46,55m | 2 5 | 6,35 3,5 | D D |
| DAN22 | 19,85 à 40,75m | 20,9 | 2,34 | D |
| DAN23 | 31,2 à 55,1m | 23,9 | 4,53 | D |
| DAN24 | 16,1 à 18,3m | 2,2 | 2,23 | D |
| DAN25 | 49,6 à 51,8m | 2,2 | 0,96 | D |
| DAN26 | 24 à 34,2m | 10,2 | 1,46 | D |
| PG95/1 | 70,3 à 80,2m | 9,85 | 3,22 | D |
| PG95/1b | 82,6 à 87,4m | 4,8 | 5,3 | D |
| PG95/2 | 52,6 à 54,5m | 1,9 | 3,1 | D |
| PG95/3 | 36,5 à 49,9m | 13,4 | 39,9 | D |
| PG95/3b | 49,2 à 50,3m | 1,1 | 6,23 | D |
| PG95/4 | 111,85 à 115,05m | 3,2 | 4,19 | D |
| PG95/4b | 111,15 à 112,9m | 7,15 | 2,8 | D |
| PG95/5 | 54,05 à 62,4m | 8,35 | 2,6 | D |
| PG95/6 | 115,25 à 121,7m | 6,45 | 0,5 | D |
| PG95/7 | 136,6 à 137,65m | 1,05 | 0,34 | D |
| PG95/8 | | | Négatif ? | D |
| PG95/9 | 121,45 à 125,5m | 4,05 | 0,54 | D ? |
| PG95/10 | 115,2 à 1119,1m | 3,9 | 0,69 | D ? |
| PG95/11 | 103,5 à 104,8m | 1,3 | 1,54 | D |
| PG95/12 | 70,75 à 71,8m 76,7 à 77,7m | 1,05 1 | 3,43 1,62 | Autre autre |
| PG95/13b | 53,3 à 75,4m | 21,9 | 2,12 | B |
| PG95/14 | | | Négatif | B |
| PG95/15 | 14,7 à 15,65m 59,65 à 60,2m 71,9 à 72,35m 82,8 à 83,6m | 0,95 0,55 0,45 0,8 | 2,3 0,83 1,68 1,03 | Autre Autre Autre Autre |
| PG95/16 | | | Négatif | Autre |

Tableau I. 1 : Résultats des différents sondages "DANGO" (B. Hafiane. - 2009 - *Synthèse des travaux, Etéché – MANAGEM*)

4. Superposition des anomalies entre elles

En superposant les résultats des analyses de la lithogéochimie avec ceux des analyses de Stream-sédiment, on remarque que ces résultats sont très bien corrélés, et que les valeurs sont généralement anomales le long des sondages, ainsi que pour les analyses de l'or alluvionnaire, comme le montre la figure I. 6 et le tableau I. 1.

5. Superposition des anomalies avec la géologie

Le cisaillement de l'Igoulou-offoue a joué un rôle majeur pour le développement de l'hydrothermalisme ayant affecté la région et qui a favorisé l'altération et l'oxydation de la pyrite, associées à des teneurs importantes en or (Fig. I. 7).

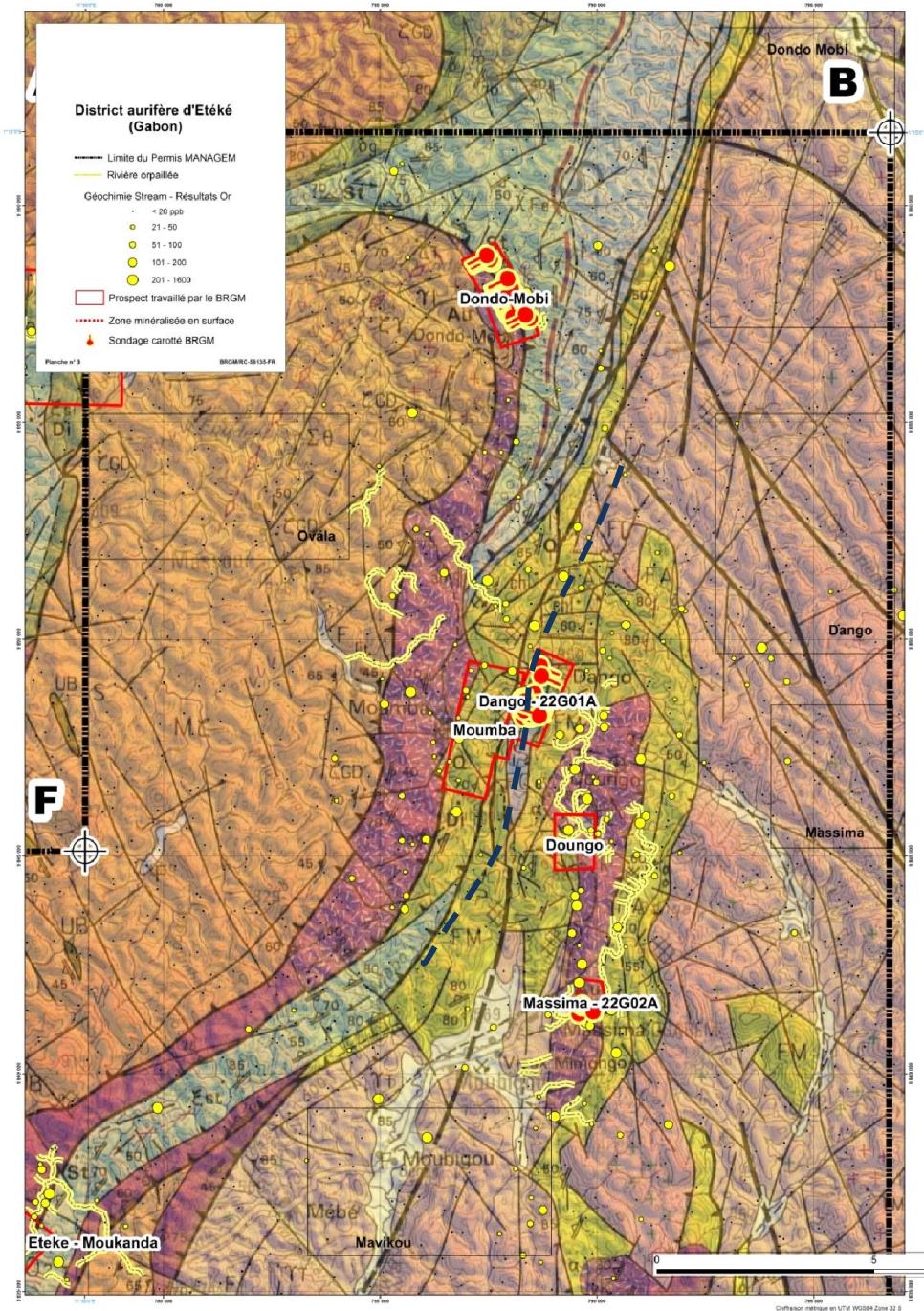


Figure I. 7 : carte de superposition des sondages et des analyses de stream avec la géologie de la région (*J. Monthel – 2010 – District aurifère d'Etéché (Gabon). Inventaire et analyse – BRGM/RC-58977-FR*)

Partie II :

Estimation de

ressources

I. Généralités

1. La norme NI 43-101

Le NI 43-101 est une copie d'un standard international qui est mis en force par certaines bourses pour protéger les investisseurs. Elle ne représente pas une méthode d'estimation, mais plutôt les définitions qui limitent la divulgation.

Elle se fit à la compétence de la « Personne Qualifié » pour une estimation de ressource et réserve selon les meilleures pratiques. Le NI 43-101 exige un rapport technique pour toutes divulgations, pour assurer de la transparence et l'uniformisation.

2. Datamine

Ce logiciel est créé par la société CAE Mining en 2010 appartenant au groupe CAE Inc. est devenu juste en quatre ans l'un des logiciels les plus utilisées par les compagnies minières tout autour du monde.

DATAMINE STUDIO est un logiciel de modélisation et de visualisation des différentes données géologiques, saisies des différents sondages, en trois dimensions dont l'objectif principal est de réaliser une estimation de ressources.

II. Numérisation

1. importation de la base de données

a. Base de données DATAMINE

La base de données est constituée par les données des Forage (RC, Carottés). Cette base est structurée sur un fichier Excel sous forme des tables contenant les informations suivantes :

- Table de positionnement des sondages « Collars », elle contient le nom du sondage, ses coordonnées XYZ ainsi que sa profondeur (Tab. II. 1).
- Table des orientations et des déviations « Surveys », elle contient en plus du nom du sondage, sa direction, son pendage et sa déviation (Tab. II. 2).
- Table des analyses mono ou multi-élémentaires « Assays », elle contient le nom du sondage ainsi que sa longueur, son point de début et de fin et les analyses des différents éléments (Tab. II. 3).
- Table de description lithologique « Litho », elle contient en plus du nom du sondage un code désignant les faciès lithologiques qu'il traverse (Tab. II. 4).

| | A | B | C | D | E |
|----|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 1 | BHID | XCOLLARS | YCOLLARS | ZCOLLARS | DEPTH |
| 2 | DAN1 | 788639,42 | 848455,04 | 828,793 | 205,75 |
| 3 | DAN2 | 788496,89 | 848527,87 | 788 | 104,8 |
| 4 | DAN3 | 788482,99 | 848527,9 | 788 | 103,8 |
| 5 | DAN4 | 788495,95 | 848424,4 | 798 | 94,5 |
| 6 | DAN5 | 788492,93 | 848426,33 | 798 | 101 |
| 7 | DAN6 | 788443,79 | 848331,11 | 804 | 119,2 |
| 8 | DAN7 | 788661,17 | 848540,92 | 818 | 178,3 |
| 9 | DAN8 | 788599,91 | 848372,55 | 834 | 178,5 |
| 10 | DAN9 | 788730,561 | 848694,876 | 829,389 | 150 |
| 11 | DAN10 | 788461,35 | 848634,88 | 782 | 172,1 |
| 12 | DAN11 | 788807,32 | 849295,54 | 889 | 239 |
| 13 | DAN12 | 788851,93 | 849077,3 | 873 | 202 |
| 14 | DAN13 | 788605,762 | 848246,535 | 833,12 | 172,5 |
| 15 | DAN14 | 788442,73 | 848692,39 | 786 | 177,5 |
| 16 | DAN15 | 788502,44 | 848286,14 | 817 | 143,4 |

Tableau II. 1 : Table de positionnement des sondages.

| | A | B | C | D |
|----|-------------|-----------|------------|------------|
| 1 | BHID | AT | BRG | DIP |
| 2 | DAN1 | 0,00 | 118,00 | 55,00 |
| 3 | DAN1 | 60,00 | 119,00 | 55,00 |
| 4 | DAN1 | 130,00 | 127,00 | 54,00 |
| 5 | DAN1 | 205,75 | 121,00 | 57,00 |
| 6 | DAN2 | 0,00 | 119,00 | 55,00 |
| 7 | DAN3 | 0,00 | 119,00 | 85,00 |
| 8 | DAN3 | 50,00 | 104,00 | 85,00 |
| 9 | DAN3 | 103,80 | 111,00 | 84,00 |
| 10 | DAN4 | 0,00 | 118,00 | 55,00 |
| 11 | DAN4 | 30,00 | 139,00 | 55,00 |
| 12 | DAN5 | 0,00 | 118,00 | 80,00 |
| 13 | DAN5 | 50,00 | 162,00 | 87,00 |
| 14 | DAN5 | 99,00 | 103,00 | 84,00 |
| 15 | DAN6 | 0,00 | 118,00 | 55,00 |
| 16 | DAN6 | 50,00 | 115,00 | 56,00 |

Tableau II. 2 : Table des orientations et déviations des sondages « Surveys »

| | A | B | C | D | E | F |
|----|-------------|-------------|-----------|---------------|--------------|-------------|
| 1 | BHID | FROM | TO | LENGTH | Auppm | LABO |
| 2 | DAN1 | 0,00 | 51,00 | 51,00 | -88,00 | BRGM |
| 3 | DAN1 | 51,00 | 60,00 | 9,00 | 0,10 | BRGM |
| 4 | DAN1 | 60,00 | 61,00 | 1,00 | 0,77 | BRGM |
| 5 | DAN1 | 61,00 | 66,00 | 5,00 | 0,10 | BRGM |
| 6 | DAN1 | 66,00 | 67,00 | 1,00 | 1,40 | BRGM |
| 7 | DAN1 | 67,00 | 71,00 | 4,00 | 0,10 | BRGM |
| 8 | DAN1 | 71,00 | 72,00 | 1,00 | 0,14 | BRGM |
| 9 | DAN1 | 72,00 | 73,00 | 1,00 | 1,70 | BRGM |
| 10 | DAN1 | 73,00 | 74,00 | 1,00 | 0,57 | BRGM |
| 11 | DAN1 | 74,00 | 79,00 | 5,00 | 0,10 | BRGM |
| 12 | DAN1 | 79,00 | 86,00 | 7,00 | -88,00 | BRGM |
| 13 | DAN1 | 86,00 | 87,00 | 1,00 | 7,40 | BRGM |
| 14 | DAN1 | 87,00 | 88,00 | 1,00 | 0,41 | BRGM |
| 15 | DAN1 | 88,00 | 89,00 | 1,00 | 0,10 | BRGM |
| 16 | DAN1 | 89,00 | 90,00 | 1,00 | 0,16 | BRGM |

Tableau II. 3 : Table des analyses mono-élémentaires (Au) « Assays »

| 1 | A BHID | B FROM | C TO | D LITHO | Déscription |
|------|--------------|--------|--------|---------|--|
| 3443 | DA11-C11.5/1 | 112,00 | 113,00 | CN | Schistes noirs graphiteux alt fracturés à v et v de qz |
| 3444 | DA11-C11.5/1 | 113,00 | 113,62 | CN | Schistes noirs graphiteux alt fracturés à v et v de qz |
| 3445 | DA11-C11.5/1 | 113,62 | 114,50 | QZTE+PY | QZTE fracturé àxydé à intercalation de schistes noirs à pyrite |
| 3446 | DA11-C11.5/1 | 114,50 | 115,50 | QZTE+PY | QZTE fracturé àxydé à intercalation de schistes noirs à pyrite |
| 3447 | DA11-C11.5/1 | 115,50 | 116,50 | QZTE+PY | QZTE fracturé àxydé à intercalation de schistes noirs à pyrite |
| 3448 | DA11-C11.5/1 | 116,50 | 117,37 | QZTE+PY | QZTE fracturé àxydé à intercalation de schistes noirs à pyrite |
| 3449 | DA11-C11.5/1 | 117,37 | 118,00 | QZTE | QZTE lité broyé àxydé par endroits |
| 3450 | DA11-C11.5/1 | 118,00 | 119,00 | QZTE | QZTE lité broyé àxydé par endroits |
| 3451 | DA11-C11.5/1 | 119,00 | 120,00 | QZTE | QZTE lité broyé àxydé par endroits |
| 3452 | DA11-C11.5/1 | 120,00 | 121,00 | QZTE | QZTE lité broyé àxydé par endroits |
| 3453 | DA11-C11.5/1 | 121,00 | 122,00 | QZTE | QZTE lité broyé àxydé par endroits |
| 3454 | DA11-C11.5/1 | 122,00 | 123,00 | CN | Schistes noirs alt fracturés à frgts de QZTE |
| 3455 | DA11-C11.5/1 | 123,00 | 123,61 | CN | Schistes noirs alt fracturés à frgts de QZTE |
| 3456 | DA11-C11.5/1 | 123,61 | 125,00 | QZTE | QZTE lités fracturés broyés kaolinitisés à pyrite déssiminés |
| 3457 | DA11-C11.5/1 | 125,00 | 126,00 | QZTE | QZTE lités fracturés broyés kaolinitisés à pyrite déssiminés |

Tableau II. 4 : Table lithologique des descriptions des faciès traversés« Litho »

La colonne « Litho » contient un code lithologique qui est détaillé dans la colonne « Description » et qui est résumé dans la table suivante (dont on n'a pas besoin d'importer plus tard).

| Code | Signification |
|------|--------------------------|
| ARG | Argiles |
| LAT | Latérite |
| CN | Schistes noirs |
| CC | Séricito-schistes |
| CR | Schistes péliteux rouges |
| SC | Schistes grisâtres |
| QZTE | Quartzite |
| QZ | Quartz |
| BR | Breche |
| JASP | jaspe |
| F | Faillle |

Tableau II. 5 : Tableau des codes lithologiques

Dans le but d'éviter toute erreur possible, cette base de données doit d'abord être vérifiée avant d'être importé sur le logiciel.

b. Visualisation des sondages

Cette étape vient juste après l'importation de la base de données. Elle permet de voir le positionnement des sondages en utilisant

La fonction HOLES3D du logiciel nous permet de visualiser nos sondages en se basant sur les différentes tables importées, dans le but d'interpréter les minéralisations qu'ils recoupent (Fig. II. 1).

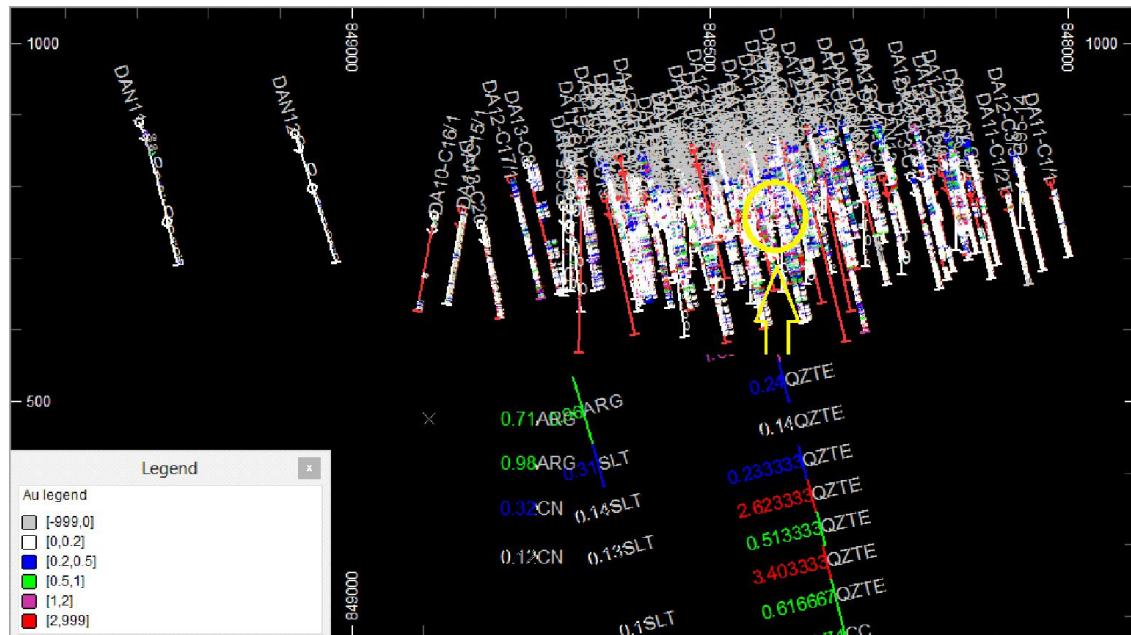


Figure II. 1 : Image montrant le positionnement des sondages sur DATAMINE

Les teneurs en Au dans ces sondage varie de 0.01 à 113 g/t, le choix de la légende de ces teneurs dépend d'un côté des teneurs elles-mêmes ainsi que les paramètres statistiques, et d'un autre côté du cours du métal.

2. Visualisation des coupes transversales (CT)

Une coupe transversale est une coupe verticale et perpendiculaire à l'allongement de la minéralisation, la distance entre les sections dépend de la maille des forages et qui est de 25m localement et de 50 m en général, Le champs de vision d'une CT est défini par « le Clipping » et qui est tout simplement la moitié de la distance entre deux CT successives et qui est de l'ordre de 12.5 m dans notre cas.

Ces CT nous permettent d'interpréter géologiquement nos sondages, en réalisant des enveloppes autour des minéralisations (strings) tout en respectant une teneur de modélisation qui est de l'ordre de 0.2 g/t dans notre cas qui sert à distinguer les minéralisations de l'encaissant stérile (Fig. II. 2).

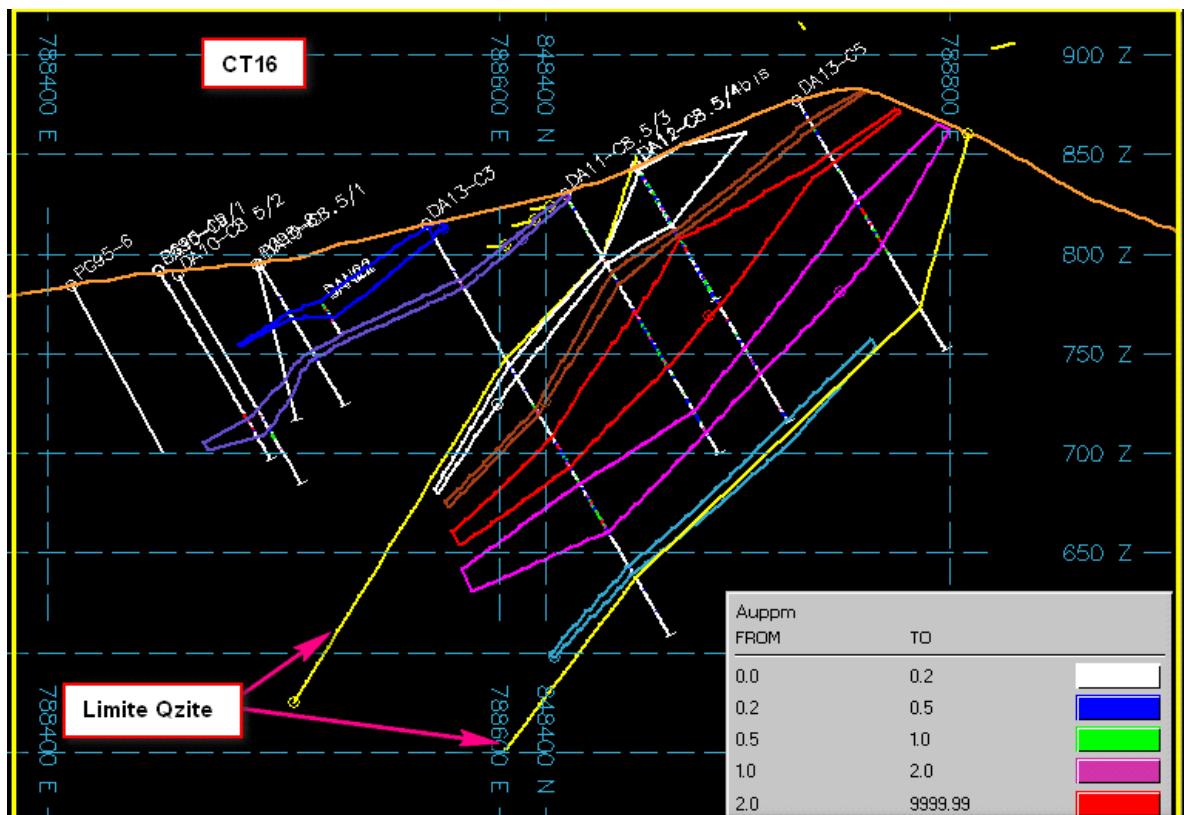


Figure II. 2 : visualisation des enveloppes minéralisées en coupe

3. Création du corps 3D « Wireframe »

Le corps tridimensionnel ne peut être créé qu'après avoir délimité toutes les structures minéralisées sans inclure le stérile dans toutes les coupes transversales.

a. Processus de triangulation « linkage »

Le linkage est le fait d'interpréter l'ensemble des strings afin de les relier d'une manière raisonnable en se basant sur l'interprétation géologique ainsi que les continuités des CT (Fig. II. 3).

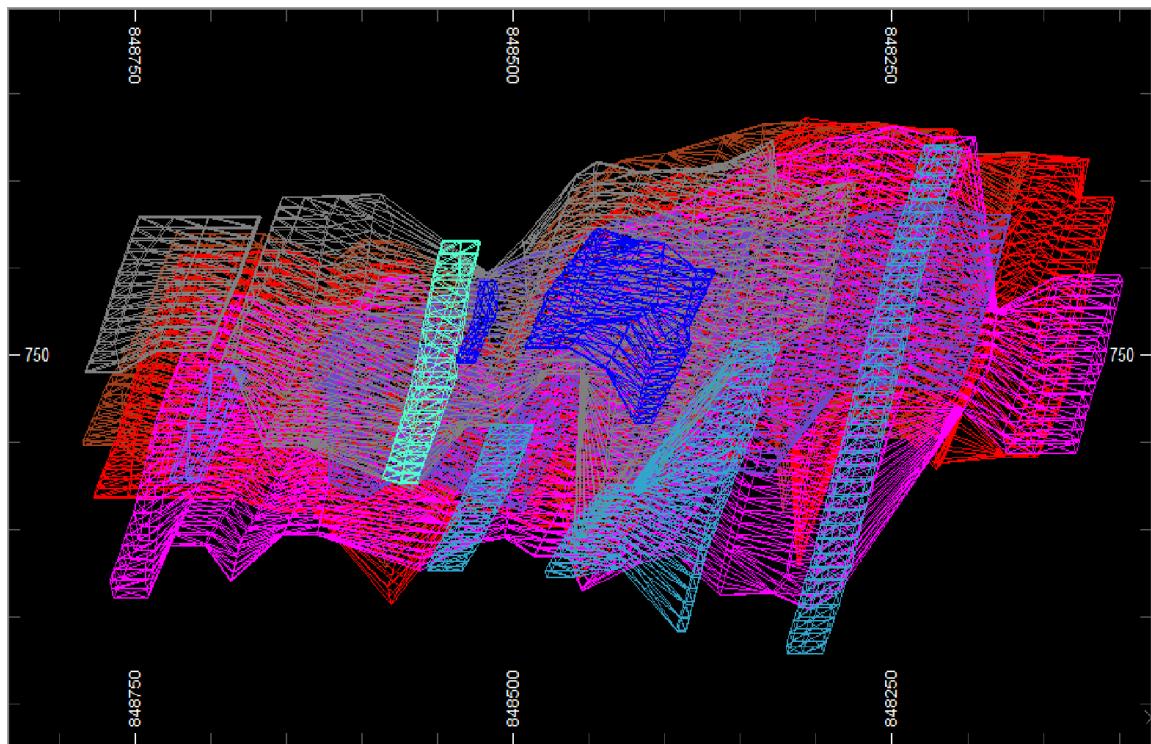


Figure II. 3 : Image de triangulations des différentes structures

b. Solide 3D

Ce solide est construit à partir d'une simple visualisation en 3D des différentes strings ayant été linké auparavant (Fig. II. 4)

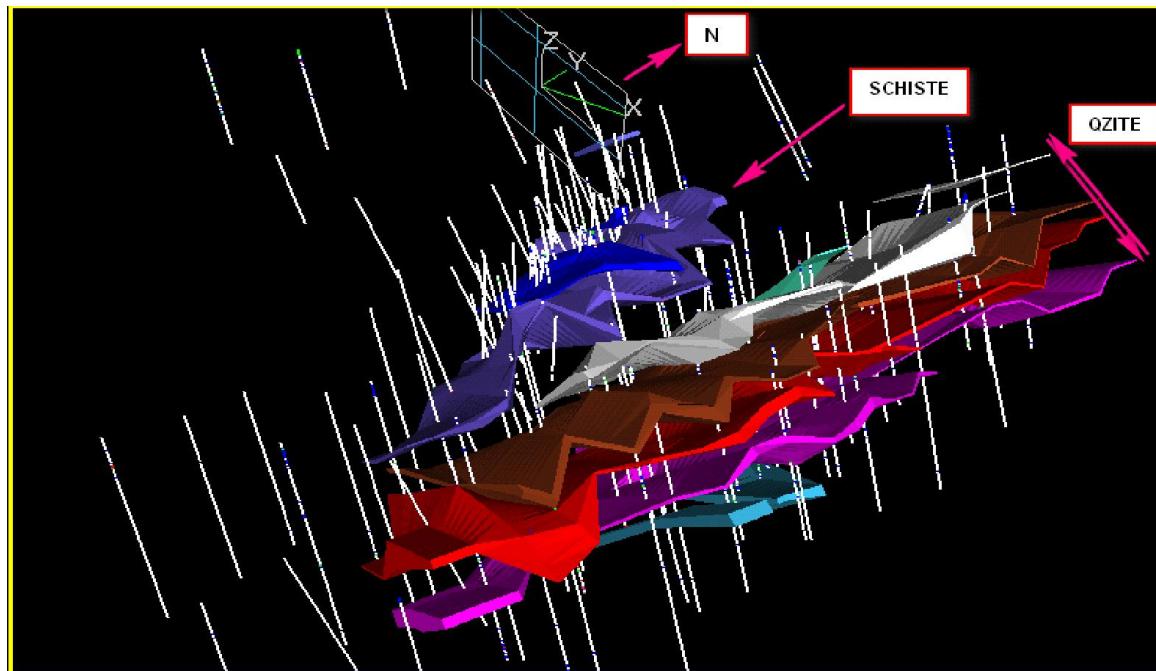


Figure II. 4 : Image des structures minéralisées en 3D

On remarque qu'il a eu lieu l'individualisation de :

- Cinq structures dans le facies quartzitique avec une direction N17 et un pendage de 45° vers l'ouest, une longueur de 600 m selon l'axe Y, 300 m selon l'axe Z, 2 à 15 m selon l'axe X.
- Deux structures dans les schistes de direction globale Nord-Sud et de pendage de 35 à 40° vers l'ouest.

4. création du composite à l'intérieur du Wireframe

Cette étape consiste à régulariser les longueurs des échantillons brutes, c'est-à-dire de les transformer en même taille « composite », le choix de la taille de ces composites dépend des fréquences obtenues dans l'étude statistique.

a. Etude statistique

A partir de cette étude, on peut obtenir deux paramètres essentiels pour la création du bloc modèle, la taille des composites et la teneur d'écrêtage « Capping » qui s'applique pour deux raisons :

- Permet de réduire l'influence des teneurs extrêmes de certains échantillons sur les estimés de teneur des blocs.
- Nature « Pépitique » de certaines minéralisation; l'or par exemple.

L'étude statistique a été effectuée à l'aide du logiciel « Geostat », elle a été faite pour chaque facies séparément en raison de différence de densité des deux corps. Ce dernier paramètre est important pour une bonne estimation de ressources.

A partir de la figure II. 5, on déduit que la longueur dominante « mode » dans cet histogramme est de l'ordre de 1 m. Elle servira donc comme taille des composites.

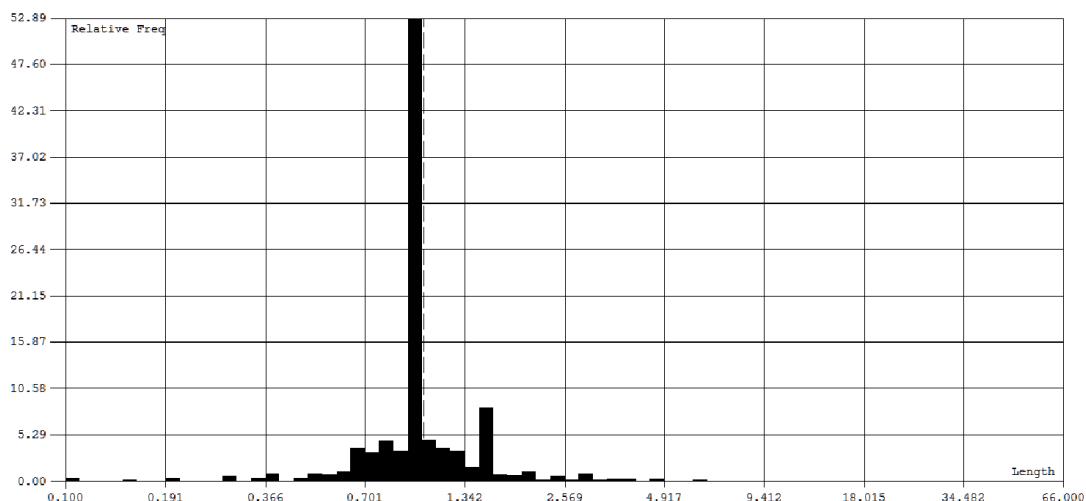


Figure II. 5 : histogramme des fréquences des longueurs

La courbe des fréquences cumulées des analyses originales avec une échelle logarithmique a donné une discontinuité et une variation brusque de la pente au niveau de la valeur 14.4 g/t pour les quartzites et 42.65 g/t pour les schistes, les échantillons supérieurs à ces valeurs sont dispersés dans le gisement (Fig. II. 6).

On note que le capping à 14.4 g/t dans les quartzites et 42.65 g/t dans les schistes ont engendré successivement une perte du métal de 11 % et 7,72 % (Tab. II. 5).

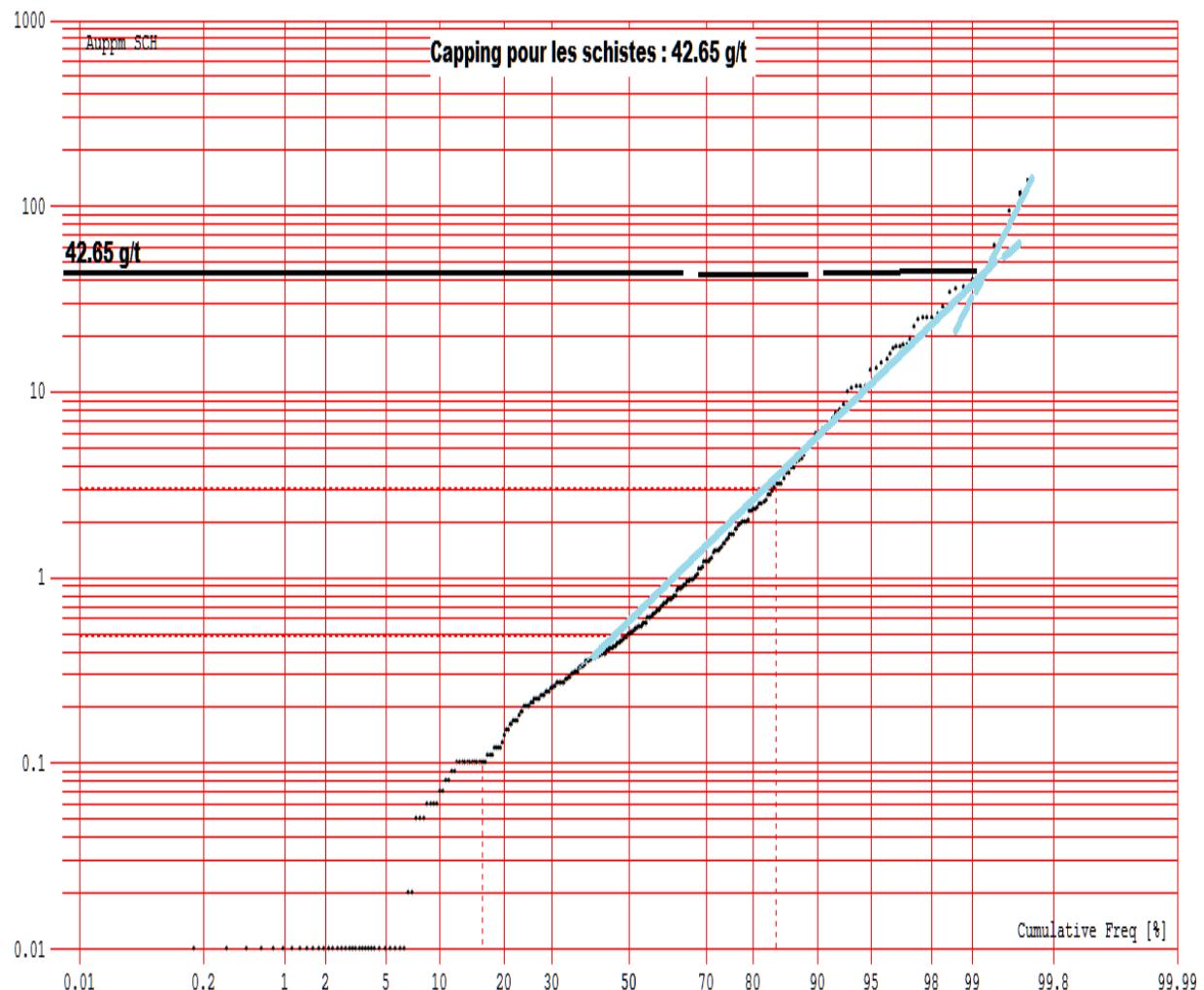


Figure II. 6 : courbe des fréquences cumulées du facies schisteux.

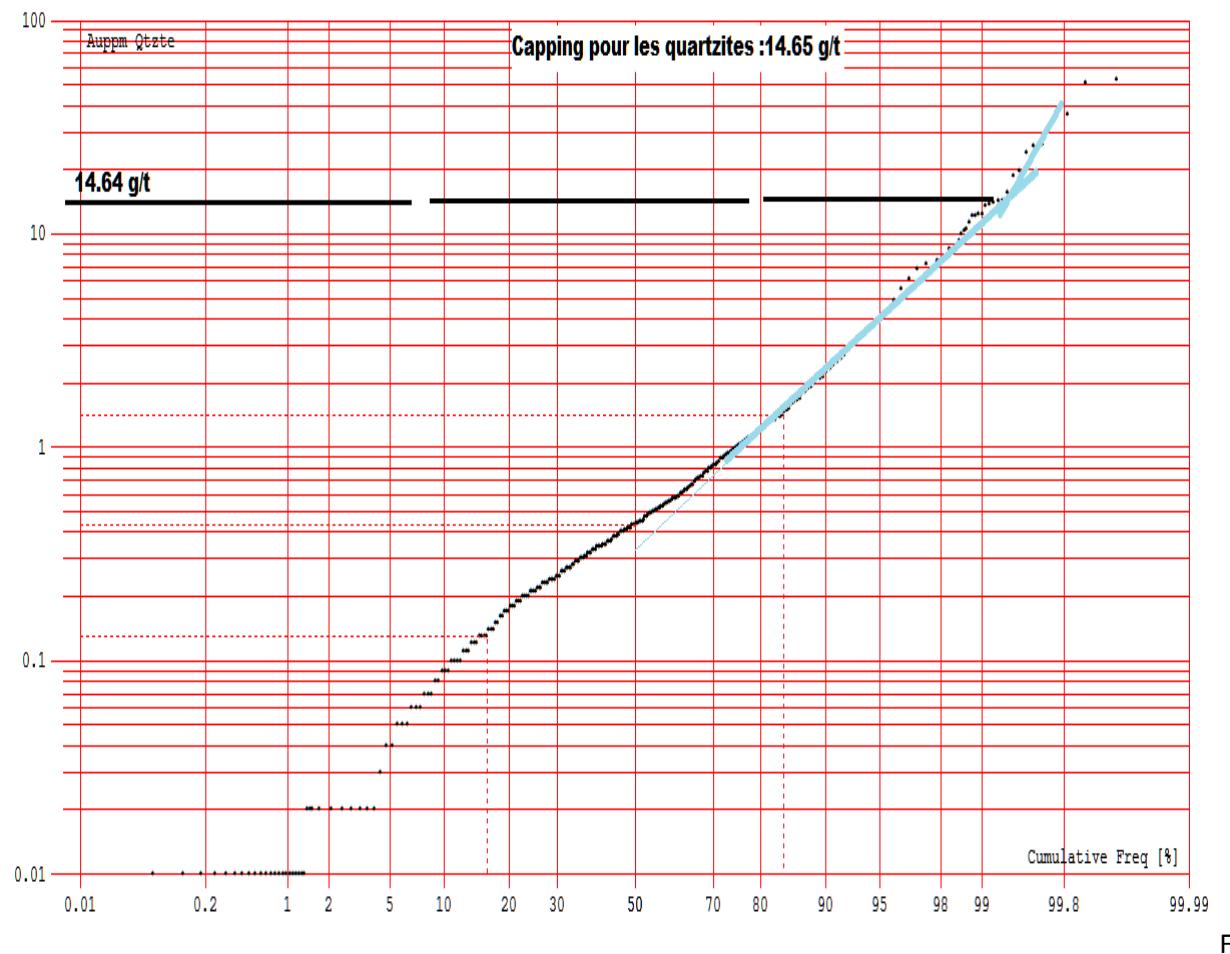


Figure II. 7 : courbe des fréquences cumulées du facies quartzitique.

Metal écrété pour les schistes avec une teneur d'écrêtage de 42.65 g/t

| 1 | LENGTH | Auppm | METAL init | Auppm ecr | METAL ecr |
|-----|----------------------|--------|------------|---------------|-----------|
| 2 | 0,70 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3 | 1,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 4 | 1,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 600 | 0,10 | 25,00 | 2,50 | 25,00 | 2,50 |
| 601 | 0,78 | 26,20 | 20,44 | 26,20 | 20,44 |
| 602 | 1,50 | 28,85 | 43,28 | 28,85 | 43,28 |
| 603 | 1,30 | 34,00 | 44,20 | 34,00 | 44,20 |
| 604 | 0,70 | 36,00 | 25,20 | 36,00 | 25,20 |
| 605 | 1,00 | 36,50 | 36,50 | 36,50 | 36,50 |
| 606 | 13,40 | 39,90 | 534,66 | 39,90 | 534,66 |
| 607 | 0,80 | 42,65 | 34,12 | 42,65 | 34,12 |
| 608 | 1,26 | 61,40 | 77,36 | 42,65 | 53,74 |
| 609 | 1,50 | 94,50 | 141,75 | 42,65 | 63,98 |
| 610 | 0,50 | 113,00 | 56,50 | 42,65 | 21,33 |
| 611 | 0,30 | 113,00 | 33,90 | 42,65 | 12,80 |
| 612 | 0,20 | 113,00 | 22,60 | 42,65 | 8,53 |
| 613 | | | 2224,93 | | 2053,16 |
| 614 | Metal perdu | | | 171,75 | |
| 615 | % Metal perdu | | | 7,72 | |

Metal écrété pour les quartzites avec une teneur d'écrêtage de 14.65 g/t

| 1 | LENGTH | Auppm | METAL INIT | Auppm ecr | METAL ecr |
|------|----------------------|-------|------------|---------------|-----------|
| 2 | 0,80 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3 | 1,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 4 | 1,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1621 | 1,20 | 14,30 | 17,16 | 14,30 | 17,16 |
| 1622 | 1,00 | 14,10 | 14,10 | 14,10 | 14,10 |
| 1623 | 1,42 | 15,77 | 22,39 | 14,40 | 20,45 |
| 1624 | 1,14 | 18,55 | 21,15 | 14,40 | 16,42 |
| 1625 | 1,00 | 19,57 | 19,67 | 14,40 | 14,40 |
| 1626 | 0,40 | 24,00 | 9,60 | 14,40 | 5,76 |
| 1627 | 1,79 | 25,33 | 46,24 | 14,40 | 25,78 |
| 1628 | 1,00 | 26,27 | 26,27 | 14,40 | 14,40 |
| 1629 | 1,00 | 33,47 | 33,47 | 14,40 | 14,40 |
| 1630 | 1,00 | 36,00 | 36,00 | 14,40 | 14,40 |
| 1631 | 1,00 | 51,50 | 51,50 | 14,40 | 14,40 |
| 1632 | 1,00 | 52,50 | 52,50 | 14,40 | 14,40 |
| 1633 | 1,00 | 70,47 | 70,47 | 14,40 | 14,40 |
| 1634 | | | 2010,03 | | 1789,38 |
| 1635 | METAL PERDU | | | 220,05 | |
| 1636 | % METAL PERDU | | | 11 | |

Tableau II. 6 : Métal perdu des deux faciès séparés.

b. Composite

Les calculs statistiques ont permis de déterminer une taille de 1 m pour le compostage (Fig. II. 5), pour appliquer ceci on utilise la commande « COMPDH », et en précisant la longueur on obtient la figure II. 8 ci-dessous.

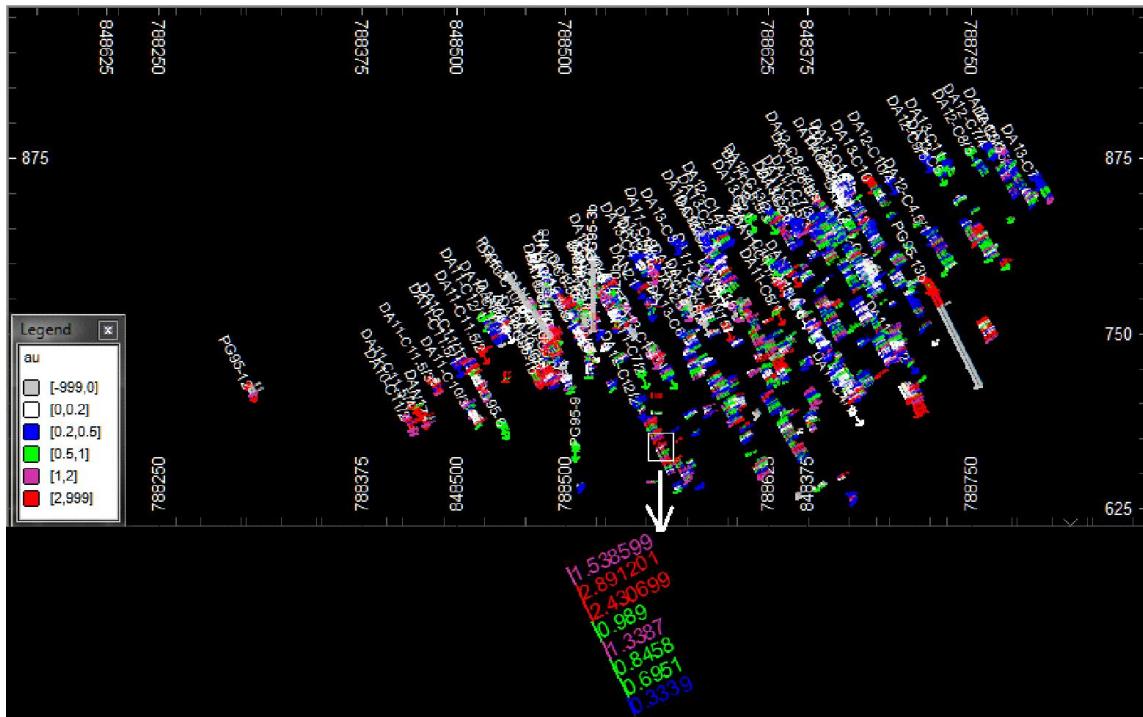


Figure II. 8 : visualisation de la table COMPDH en coupe verticale.

5. Densité

Connaissant la densité et le volume, on pourra obtenir le tonnage de structures minéralisées ($d=m/v$). La densité est donc qualifiée comme paramètre nécessaire pour toute étude d'estimation de ressources. Les mesures de la densité se font à partir des échantillons de chaque facies.

Une mesure du poids humide de l'échantillon est prise, pour essayer de déterminer par la suite le taux d'humidité de l'échantillon.

Après cette pesée, des essais de séchage nous ont permis de déterminer une durée de 1h30min comme temps de séchage pour éliminer l'humidité de l'échantillon. Une fois l'échantillon est sec, on le pèse à l'air libre, cette mesure est notée dans un tableau. Après on l'immerge dans une bassine de paraffine pour fermer les pores et éviter l'entrée d'eau dans les fissures, cette mesure est notée. Dès que la paraffine devient sèche on mesure le poids de l'échantillon dans l'eau, et on reporte aussi cette mesure.

Après avoir noté toutes ces mesures, le calcul de la densité ainsi que d'autres paramètres se font de la manière suivante :

- Volume d'eau déplacé= poids en air avec paraffine – poids en eau avec paraffine =VED

- Volume paraffine = (poids en air avec paraffine – poids en air) / 0,82 = VP ($0,82 = \text{densité de la paraffine}$)
- Volume échantillon = VED – VP = VE
- Densité = Poids en air / VE

Les densités alors retenues pour la zone Dango sont :

| | | |
|---------|---------|-----------|
| Facies | Schiste | Quartzite |
| Densité | 2.06 | 2.55 |

Tableau II. 7 : Tableau de densité des différents facies.

6. Création du Bloc model

Pour estimer la teneur et le tonnage à l'intérieur du corps minéralisé, le corps solide tridimensionnel est divisé en plusieurs blocs. Le choix de la taille de ces blocs se base essentiellement sur la distance entre les coupes de sondages, la taille du gradin d'exploitation, la forme des structures minéralisées, le pendage des structures ainsi que la géométrie des corps minéralisés.

Pour avoir les statistiques du Wireframe on exécute la commande STATS, ces informations seront reportées sur un tableau Excel pour but de créer un « PROTOM », ce dernier permet de situer le corps étudié dans l'espace à partir de ses coordonnées XYZ résumés dans le tableau II. 8

| | | coordonnées origines | Max-Min | taille des blocs | nombre des blocs dans toutes directions |
|--------------|-------------|----------------------|---------|------------------|---|
| X max | 788859.9375 | 788900 | 600 | 5 | 120 |
| X min | 788344.4375 | 788300 | | | |
| Y max | 848784.5000 | 848900 | 900 | 5 | 180 |
| Y min | 848096.8750 | 848000 | | | |
| Z max | 885.2121 | 900 | 350 | 3 | 133 |
| Z min | 578.8229 | 500 | | | |

Tableau II. 8 : Tableau statistique du Wireframe

- **3 m** verticale correspond à une hauteur de gradin reflétant un type d'exploitation ou l'étroitesse de la plupart des structures minéralisées exige une bonne sélectivité.
- **5 m** selon la direction des puissances des structures correspond approximativement à la puissance moyenne traversée des structures minéralisées.
- **5 m** selon l'allongement est un diviseur de la maille qui donne une meilleure résolution de la teneur

La taille 5x5x3 choisie est une taille des blocs d'estimation qui permettra d'avoir une bonne résolution de la teneur au sein du gisement et facilitera la sélectivité par la suite.

On note que malgré la petite taille des blocs choisie, le remplissage avec des blocs entier de (5*5*3) ne représente que 34 % du tonnage total, cela vaut dire que vue l'amincissement des structures et le pendage de $\sim 45^\circ$, la grande partie du volume a connu un remplissage par des sous blocs.

Finalement c'est ce PROTOM créé précédemment qui va nous servir à créer et à remplir le bloc modèle de la minéralisation « prototype », après avoir exécuté plusieurs commandes :

- PROTOM ;
- TRIFIL : sert à remplir le Wireframe avec des blocs de taille bien définie ;
- SORT : permet de trier le bloc selon une donnée IJK.

Les structures sont totalement remplies en utilisant des codes de couleur 1, 9, 28 et 55 pour les structures principales, et le code 6 pour la structure secondaire du faciès quartzeux. On a utilisé aussi le code 7 pour la structure principale et le code 11 pour la structure secondaire du faciès schisteux.

Ces codes de couleurs sont utilisés afin de séparer les structures lors de l'estimation, cette séparation permettra au logiciel d'estimer chaque bloc à partir de la structure à laquelle il appartient, et évitera donc de tomber dans des erreurs pouvant avoir des effets sur le déroulement de l'estimation (Fig. II. 9 et 10).

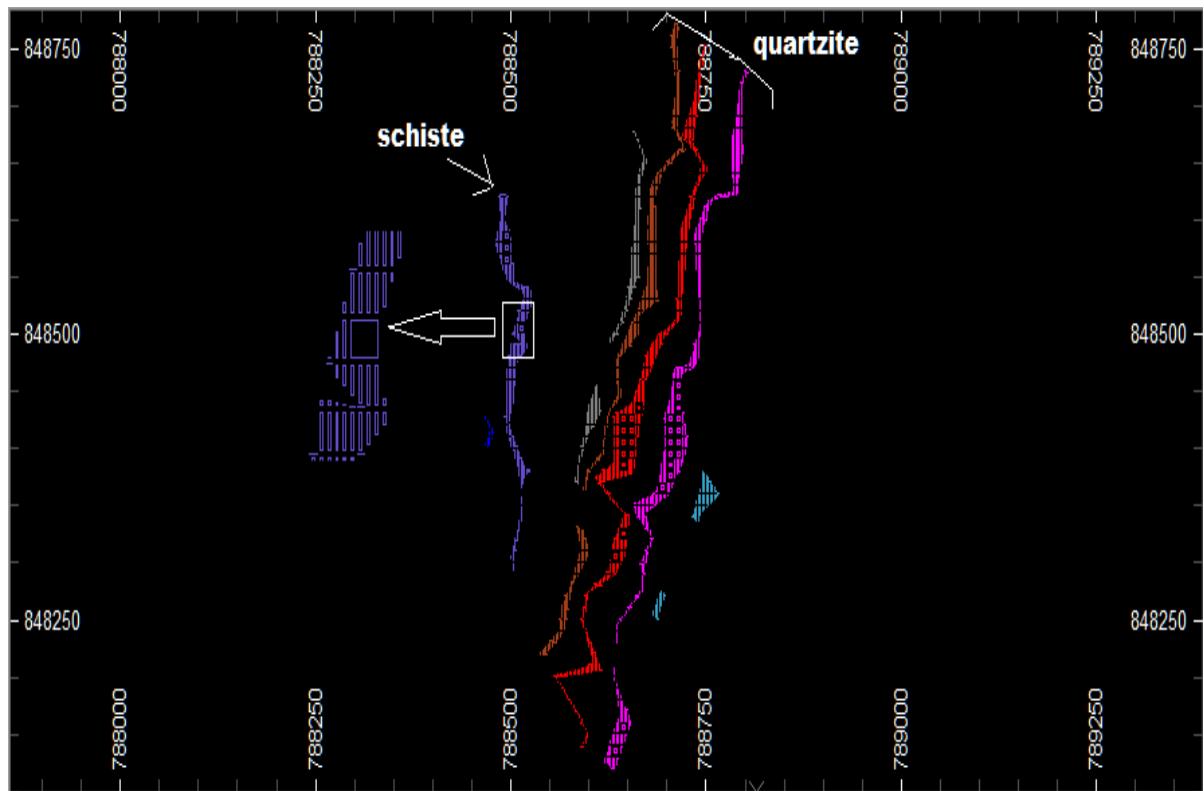


Figure II. 9 : visualisation du bloc modèle en plan

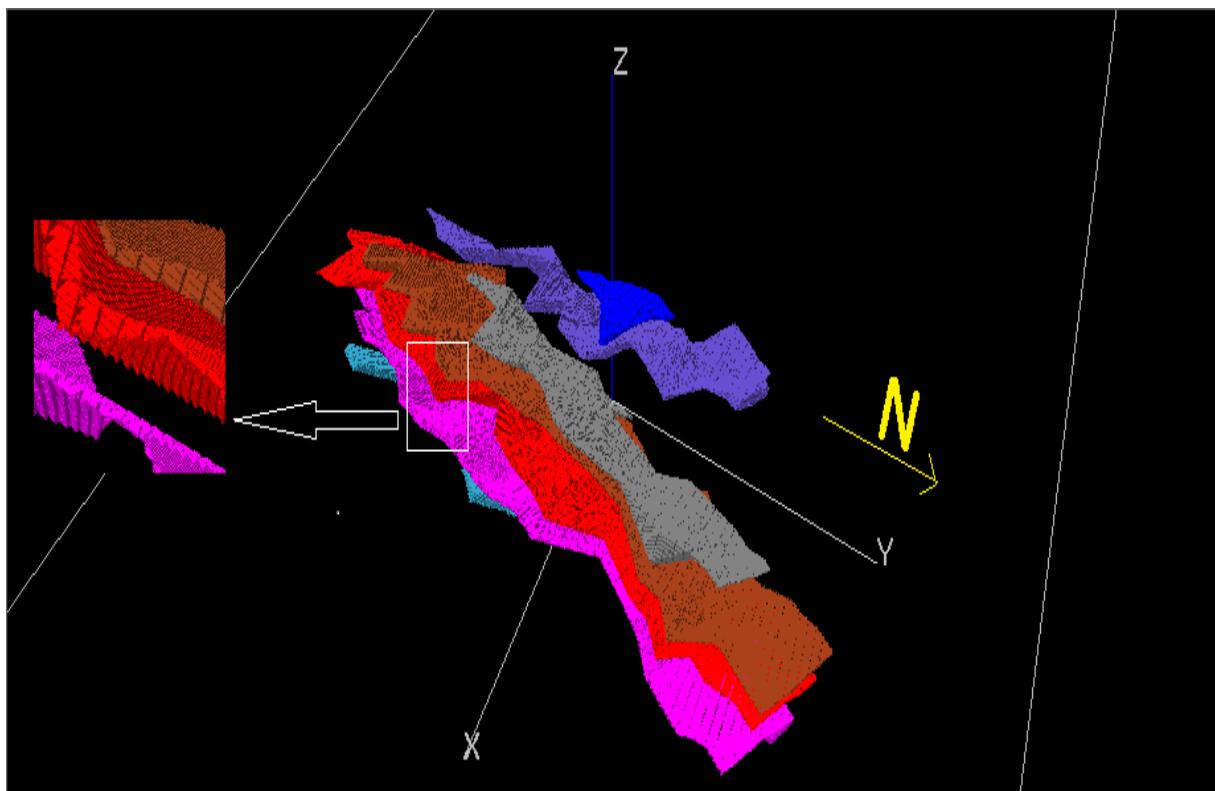


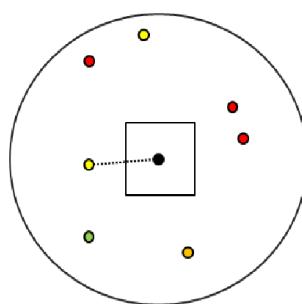
Figure II. 10 : Visualisation du bloc modèle en 3D

7. Interpolation du bloc modèle

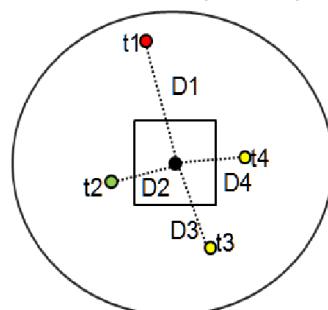
a. Notion d'interpolation du bloc modèle

L'interpolation est le fait de donner une valeur (selon le paramètre choisi) à chaque blocs du modèle créé. Cette valeur est une moyenne pondérée des teneurs entourant le bloc en question à l'intérieur de la fenêtre de recherche. La pondération de cette moyenne se fait à base de distance qui sépare le centre du bloc à estimer du centre du bloc d'information. Il existe trois méthodes pour interpoler :

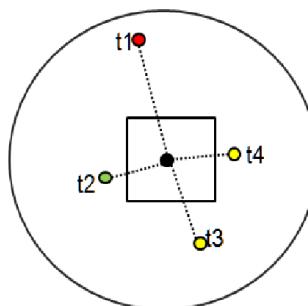
- Nearest-Neighbor : la méthode la plus simple où le bloc prend la valeur du bloc le plus proche de son centre



- La méthode d'Inverse de la distance au carré « IPD² » : le bloc prend la valeur moyenne des teneurs à l'intérieur de la fenêtre de recherche en tenant compte de la distance.



- La méthode de Krigeage : le bloc prend la valeur moyenne des teneurs à l'intérieur de la fenêtre de recherche en tenant compte de la distance et de la variance du bloc d'information (à base de modèles mathématiques).



b. Ellipsoïdes de recherche

La recherche des composites voisines du même corps autour d'un bloc ou sous bloc, à interpoler, est faite en se basant sur trois ellipsoïdes emboîtées dont les orientations et les rayons (selon X, Y et Z) sont dictés par l'orientation des structures ainsi que par des variogrammes (appliquée pour la méthode d'interpolation de Krigeage).

Les tailles des ellipsoïdes choisis dans la zone de Dango, en utilisant la méthode IPD² sont résumées dans le tableau II. 9.

| | | Grand Axe | Moyen Axe | Petit Axe | | Angle GA | Angle MA | Angle PA |
|-----------|--------------|-------------------|-----------|-----------|--|----------|----------|----------|
| Quartzite | Ellipsoïde 1 | 50 | 35 | 20 | | 20 | -45 | 0 |
| | Ellipsoïde 2 | 100 | 70 | 40 | | 20 | -45 | 0 |
| | Ellipsoïde 3 | reste du gisement | | | | 20 | -45 | 0 |
| Schiste | Ellipsoïde 1 | 60 | 40 | 20 | | 15 | -55 | 0 |
| | Ellipsoïde 2 | 140 | 80 | 40 | | 15 | -55 | 0 |
| | Ellipsoïde 3 | reste du gisement | | | | 15 | -55 | 0 |

Tableau II. 9 : Tableau de paramètres des ellipsoïdes de recherche

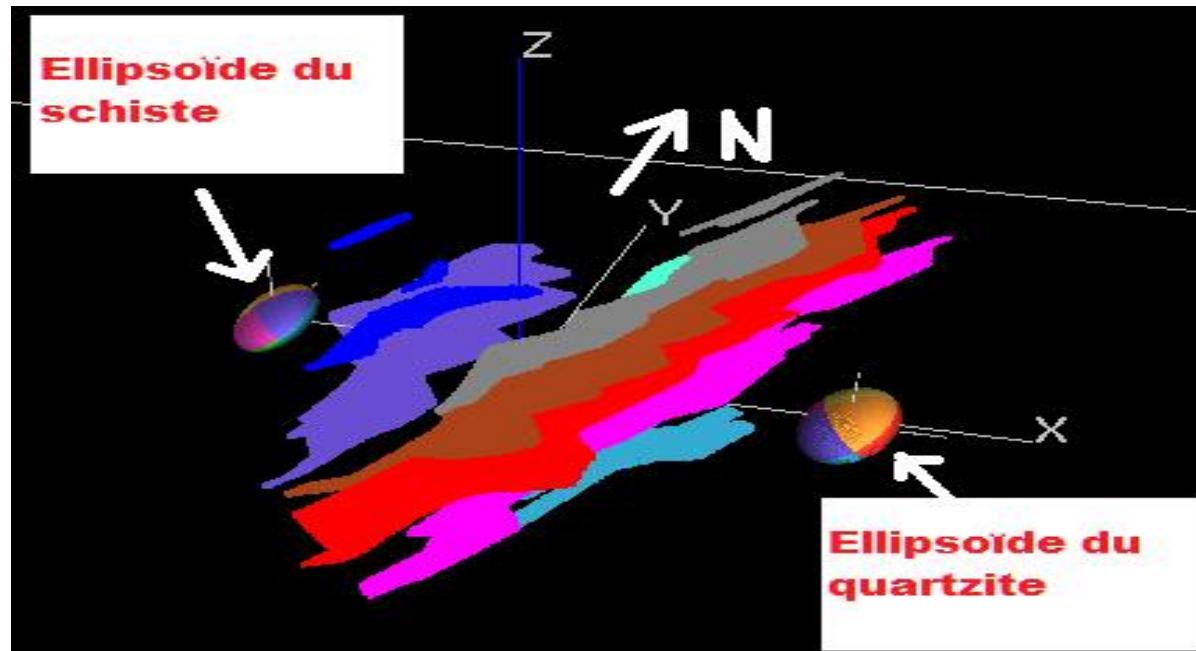


Figure II 11 : Image des deux ellipsoïdes de recherche

c. Conditions d'acceptation

Ce système, de recherche des composites, présente des conditions d'acceptation pour chaque ellipsoïde. Ces conditions d'acceptation se résument comme suit :

- nombre minimum de composites
- nombre maximum de composites
- nombre maximal des composites par sondage

| | Nbr min comp | Nbr max comp | Nbre d'éch MAX par sondages |
|-------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| Ellepsoid 1 | 5 | 20 | 2 |
| Ellepsoid 2 | 3 | 20 | 2 |
| Ellepsoid 3 | 10 | 20 | 2 |

Tableau II. 10 : tableau de conditions d'acceptation d'ellipsoïde

Le bloc utilisant le premier et deuxième ellipsoïde est bien informé, il doit être estimé à partir de 2 à 3 sondages différents au minimum. Le bloc dans le troisième ellipsoïde est faiblement informé et il doit être estimé à partir d'un seul sondage de deux échantillons au minimum.

d. Catégorisation des blocs

Les ellipsoïdes utilisés dans l'estimation de la teneur d'un bloc ou sous bloc servent également pour catégoriser ces blocs. Cela se fait tout en respectant les conditions d'acceptation de chaque ellipsoïde.

Les blocs qui peuvent être interpolés avec les conditions de recherche du premier ellipsoïde constituent les ressources de 1ère catégorie « Mesurée », ceux qui sont interpolés après par le deuxième ellipsoïde de recherche sont placés dans les ressources de 2ème catégorie « Indiquée » et tous les autres constituent les ressources de la catégorie non informée « Inférée ». La marge d'erreur d'estimation augmente en allant de la catégorie mesurée à celle inférée (Fig. II. 12).

L'application de ce processus aide bien à la classification des ressources mais il a plusieurs incertitudes notamment :

- La difficulté pour les orientations des ellipsoïdes de recherches le long du gisement vu le changement brusque du pendage et de la direction des structures minéralisées.
- variation des puissances minéralisées.
- Irrégularité de la maille des sondages latérale et en profondeur ;

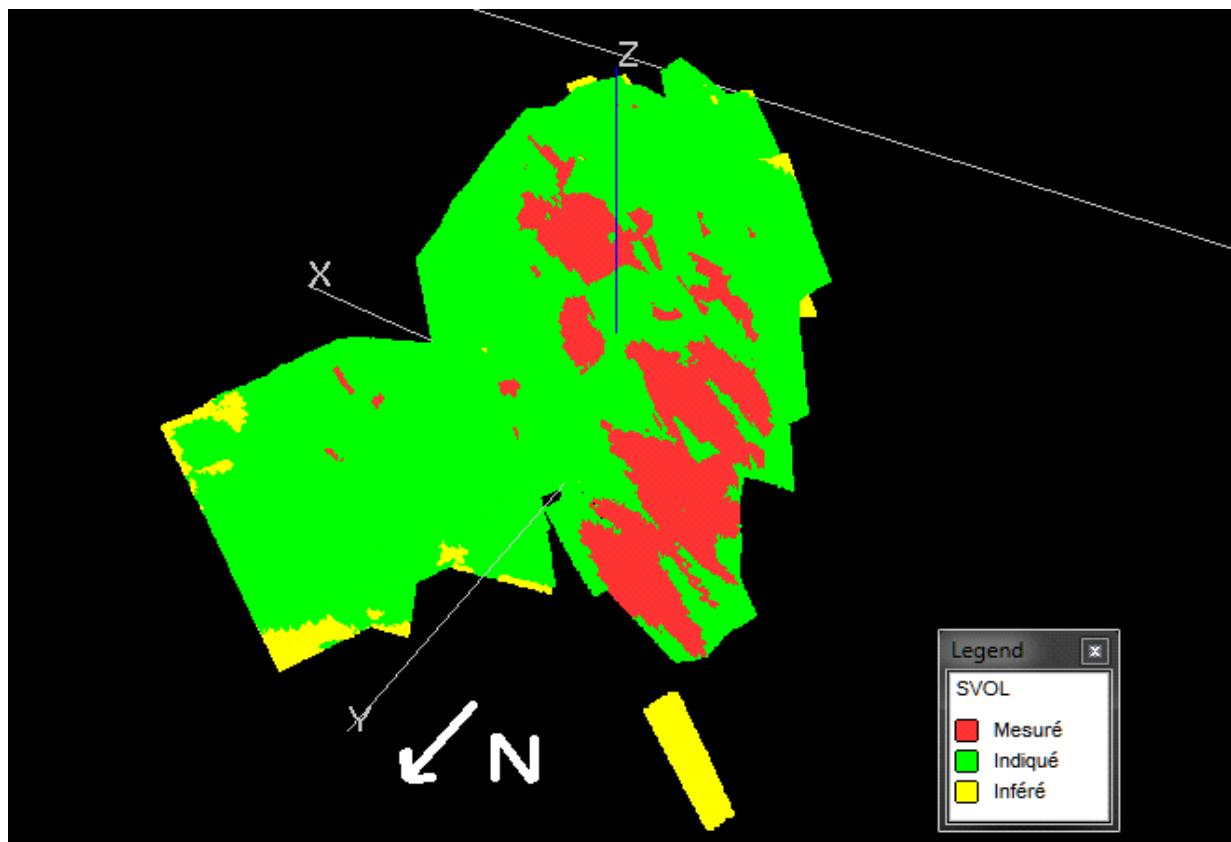


Figure II. 12 : Visualisation en 3D du bloc modèle en fonction des différentes catégories

e. Processus de validation du bloc modèle

Avant de donner les résultats d'estimation une vérification du bloc modèle est nécessaire. Cette validation se fait visuellement ou par vérification de la teneur par autre méthode (Krigage, vu la complexité de cette méthode, notre durée de stage est insuffisante pour la réaliser).

e. 1. Validation visuelle

Cette étape consiste à superposer les teneurs des blocs modèles avec les teneurs des composites pour voir le degré de concordance des teneurs. (Fig. II. 13 et 14).

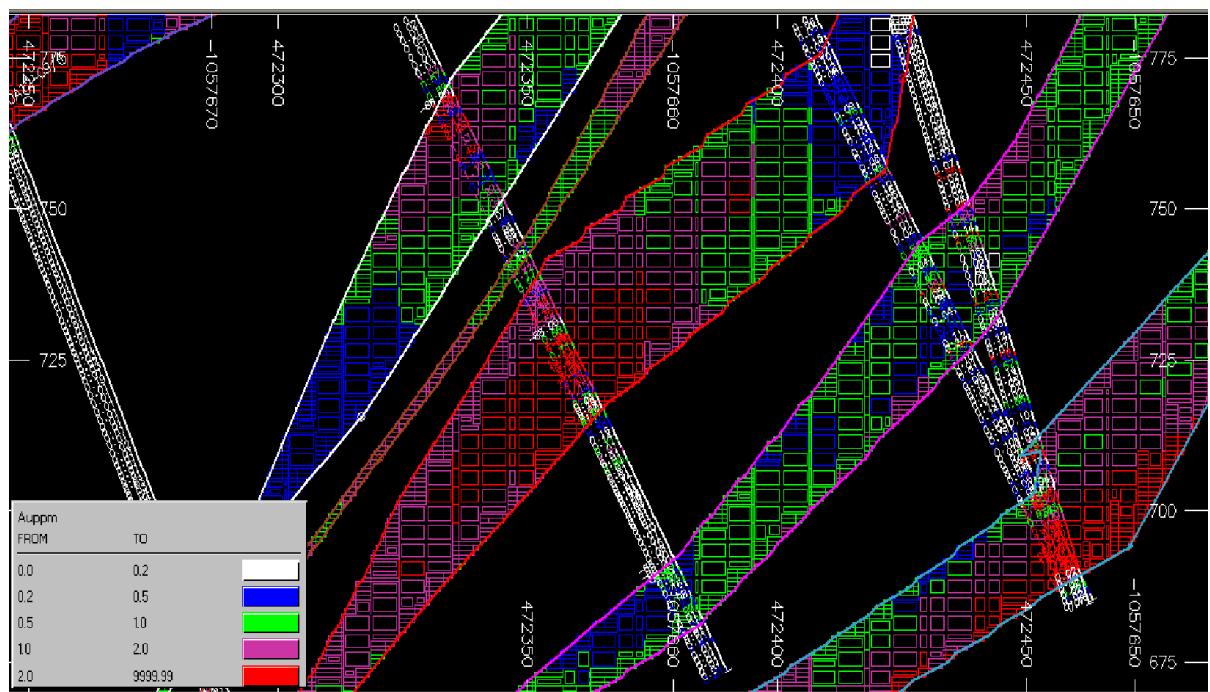


Figure II. 13 : Coupe transversale montrant la relation teneur composite – teneur BM

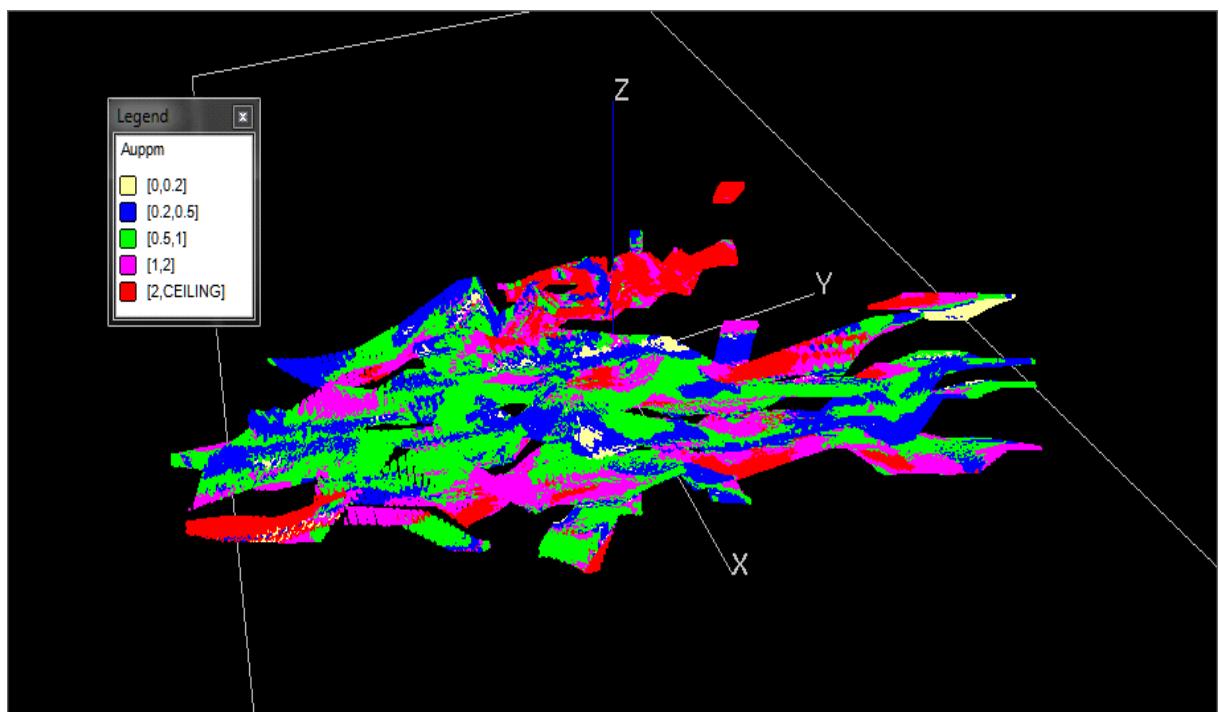


Figure II 14 : Vue en 3D de la distribution des teneurs à l'intérieur du bloc modèle

e. 2. Résultats Statistiques

Les résultats statistiques de cette étude d'estimation de ressources dans la zone de Dango et pour chaque faciès séparément et pour les deux faciès associés (en tenant compte de la densité) sont résumés dans les tableaux suivants :

| Schiste | | |
|--------------|------------------|--------------|
| Category | Tonnage | teneur |
| Mesuré | 663557.1 | 3.776 |
| Indiqué | 613757.9 | 2.264 |
| Inféré | 24744.1 | 2.459 |
| TOTAL | 1302059.2 | 3.038 |

Tableau II. 11 : Tableau d'estimation dans le faciès schisteux

| Quartzite | | |
|--------------|------------------|--------------|
| Category | Tonnage | Teneur |
| Mesuré | 1606079.0 | 1.000 |
| Indiqué | 7339022.7 | 1.103 |
| Inféré | 419580.5 | 1.734 |
| TOTAL | 9364682.2 | 1.114 |

Tableau II. 12 : Tableau d'estimation dans le faciès quartzitique

| TOTAL | | |
|--------------|-------------------|--------------|
| Category | Tonnage | teneur |
| Mesuré | 2269602.9 | 1.812 |
| Indiqué | 7975868.7 | 1.190 |
| Inféré | 445343.0 | 1.771 |
| TOTAL | 1.0691E+07 | 1.346 |

Tableau II. 13 : tableau d'estimation de structures minéralisées dans la zone de Dango.

On remarque d'après ces tableaux que les teneurs sont plus élevés dans le faciès schisteux que dans le faciès quartzitique. Ceci est confirmé par les études géologiques et par les résultats des sondages, vu que les structures des schistes sont portés par l'axe D et qui est qualifié comme plus riche par rapport aux axes A, B et C portés par les quartzites.

Cette étude ne sera considérée complète qu'après avoir précisé la notion du passage depuis l'estimation de ressources à des réserves ; ce qui nécessite la connaissance de la teneur de coupure pour savoir si le gisement paiera pour son extraction ou non.

Remarque : la teneur de coupure varie selon les coûts opératoires, méthode d'exploitation... chose qu'on n'a malheureusement pas pu faire vu la courte durée du stage.

III. Conclusion

L'étude d'estimation de ressources est une étape indispensable pour la réussite de tout projet minier.

Pour le projet Dango, les résultats de notre étude sont révélés intéressantes de point de vue tonnage et teneur pour les deux faciès. En effet, pour le faciès schisteux on a obtenu un tonnage de 1302059 t et une teneur de 3.038 alors que pour le faciès quartzitique le tonnage est plus élevé : il est de 9364682.2 avec une teneur relativement plus faible, et de l'ordre de 1.346 g/t.

Cette étude a nécessité une bonne compréhension du logiciel ainsi que de la géologie de la région concernée.

Pour bien réussir cette étude, il est nécessaire de :

- faire une validation des données brutes qui constituent la base de l'estimation.
- Lors de la création des solides, il est très important de respecter les limites des minéralisations.
- La notion de densité doit être traitée par prudence vu qu'elle est très souvent négligée malgré son importance pour le calcul de tonnage.
- Les paramètres des ellipsoïdes de recherches doivent être bien maîtrisé et bien étudié avant d'entamer l'estimation.
- Le choix de méthode d'estimation doit être choisi par délicat et il est favorable d'éviter d'appliquer des méthodes complexes au cas d'incertitude.
- Une validation visuelle est une étape essentielle du processus.

Liste des abréviations :

- BHID : Nom du sondage ;
- XCOLLARS : cordonnée du sondage selon X ;
- YCOLLARS : Cordonnée du sondage selon Y ;
- ZCOLLARS : Cordonnée du sondage selon Z ;
- DEPTH : Profondeur du sondage ;
- AT : Le niveau du début de sondage ;
- BRG : Déviation du sondage ;
- DIP : Pendage du sondage ;
- From : le point de commencement d'un faciès ;
- TO : le point de fin ;
- Litho : Lithologie ;
- LENGTH : Longueur du sondage ;
- Labo : Laboratoire d'analyse.

Bibliographie

Documents

J. Monthel -- Octobre 2010 -- District aurifère d'Etéké (Gabon). Inventaire et analyse des explorations menées par le BRGM entre 1960 et 1991 -- BRGM/RC-58977-FR.

N. Zerhouni – Janvier 2014 – Rapport d'actualisation des ressources Dango – Direction exploration, Branche Metaux précieux -- MANAGEM.

B. Hafiane – Mars 2009 – Synthèse des travaux, Etéké -- Direction exploration, Branche Metaux précieux – MANAGEM.

Guy Desharnais – Mars 2013 – NI 43-101 : Concepts et applications – SGS.

Guy Desharnais – Mars 2013 – Modélisation de gisements et estimation de ressources – SGS.

Sites Web

<http://minesgabon.org/>

http://en.wikipedia.org/wiki/CAE_Inc.#Mining

<http://www.cae.com/mining/>