

ÉVALUATION DES RÉSERVES D'UN GISEMENT MÉTALLIFÈRE PAR LA MÉTHODE DES SECTIONS PARALLÈLES, CAS DU GISEMENT AURIFÈRE DE MONGBWALU, SITE ADIDI

KAKULE MIRIKO Benjamin *
MUSANDE KWIRATUWE Benjamin **

Résumé

Dans le souci de contribuer à l'établissement des méthodes simples à utiliser dans les calculs des réserves minérales, nous avons voulu développer la méthode des sections parallèles pour le gisement de Adidi, à Mungbwalu, qui est filonien, car ayant accès aux données dudit site. Pour y arriver, il a fallu qu'il y ait une campagne de sondage suivant des lignes parallèles pour nous permettre de calculer les différentes sections le long de ces dernières, et arriver à dégager le volume total du gisement, la teneur moyenne pour chuter aux tonnages et à l'évaluation économique de ce gisement. Ce dernier a été prouvé par 1.55g/t de teneur moyenne, 8747609.85 tonnes de minerai et 3.6 tonnes d'Or qui équivaut à 437380.5 Onces \equiv 908439283.09\$

Mots clés : *Evaluation, Section, minerai, Teneur, Tonnage.*

EVALUATION OF THE RESERVES OF A METALLIFEROUS FIELD BY THE PARALLEL SECTION METHOD; CASE OF MONGBWALU AURIFEROUS FIELD, ADIDI SITE

Abstract

Wanting to contribute in establishing of easy methods to be used in mineral reserves evaluation, we found better to develop the sections method for the Adidi's deposit, at Mongbwalu, as it's controlled by a shear structure, and because we've got access to the data of the area in question. So, it needed to be done in drillings lines so that we may properly calculate the different sections or surfaces, following those lines. Therefore, being able to estimate the volume, the grade, the weight, and even the economic value. The Adidi's deposit has been confirmed by 1.55g/t of medium grade, 8747609.85 tones of ore and 3.6 tons of gold which is equal to 437,380.5 Onces \equiv 908,439,283.09\$.

Keywords: *Evaluation, Surface, Ore, Grade, Weight.*

* Explorateur et Géologue miniers, Assistant 2 à l'Institut du Bâtiment et des Travaux Publics de Butembo (IBTP-Butembo), Mention Géomètres-topographes (GT), Secrétaire de la Mention Bâtiment et Travaux Publics (BTP). Tel : +243995589693, +243815444347, +243858189228. E-mail : benjamin.miriko@gmail.com

** Explorateur et Géologue miniers. Assistant 2 à l'Institut du Bâtiment et des Travaux Publics de Butembo (IBTP-Butembo), Mention Bâtiment et Travaux Publics (BTP). Tel : +243990900419, +243825007017. E-mail : musandebenjamin10@gmail.com

0. INTRODUCTION

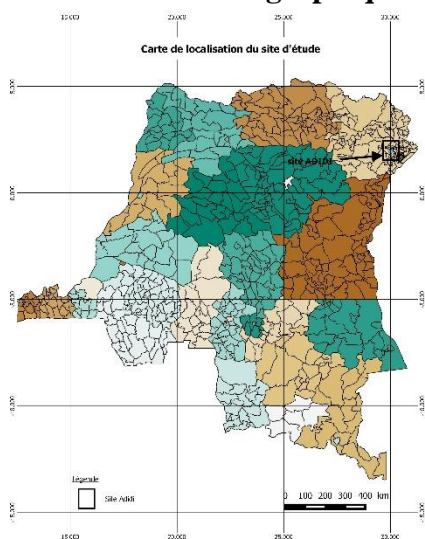
Après la mise en évidence d'un gisement par les travaux de prospection et son étude détaillée (exploration), on peut préparer le projet de son exploitation. Le géologue l'ayant étudié et le connaissant tant soi peu doit donc transmettre tous les renseignements en sa possession aux mineurs, métallurgistes et aux financiers pour l'établissement du projet d'exploitation. Pour ce, il procède à l'estimation des réserves (= quantités des substances minérales ou éléments chimiques utiles se trouvant dans le gisement exploré). Les calculs sont effectués grâce aux données géologiques obtenues lors de la prospection et de l'exploration. Les résultats de ces calculs constituent une base sur laquelle on peut décider de continuer ou d'arrêter la recherche du gisement. C'est dans ce même ordre d'idées que les données de prospection récoltées sur le site de Adidi nous ont permis de démontrer comment on peut appliquer la méthode des section (surfaces) parallèles dans les calculs d'évaluation.

Cette méthode consiste à tracer une suite de sections (habituellement parallèles) à travers un gisement, à déterminer les zones de minerais dans chaque section et à compiler le volume total en utilisant les distances entre chaque section. Les sections parallèles sont habituellement orthogonales au corps minéralisé. Nous notons que pour ces types de calculs, des logiciels ont été développés. Néanmoins, étant donné que nous n'avons pas eu accès à ces logiciels, nous avons trouvé intérêt à démontrer ces calculs manuellement.

1. MILIEU, MÉTHODES ET MATÉRIEL

1.1. DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

1.1.1. Contexte Géographique du secteur



Le Site de 'Adidi' se trouve dans la commune rurale de Mongbwalu, province de l'Ituri, au nord-est de la République Démocratique du Congo.

Les coordonnées géographiques des lieux montrent suffisamment que nous sommes dans une zone équatoriale classique caractérisée par une pluviométrie abondante étalée sur 12 mois et la moyenne retenue pour cette zone est de 1200 mm par an (données tenues par la SOKIMO qui est la Société des Mines d'or de Kilo Moto)

Figure 1. Carte de localisation du site d'étude (shape file de la RDC)

Le sol est essentiellement constitué d'argile sablonneuse issue de l'altération des roches sous-jacentes essentiellement schisteuses et dioritiques (Lavro ,1976). La végétation primaire est une forêt équatoriale classique, partiellement déprimée par l'activité humaine. Le relief est celui d'une cuvette centrale aplanie. Le site est situé dans le bassin versant de la rivière Ituri.

1.1.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET LITHOLOGIQUE DU SECTEUR

En se basant sur les notions de Gîtologie et Métallogénie du Congo, l'ex-province Orientale ainsi que celle de l'Equateur sont regroupées suite à leur soubassement géologique qui se présente de la manière suivante (woodli R, 1961) :

- L'UELIEN qui représente l'Archéen. Il débute par le groupe de BOMU surmonté de GANGU qui est métamorphisé et plissé ;
- Le KIBALIEN représentant le Protérozoïque inférieur. Il est constitué des quartzites, des Itabirites (quartzites ferrugineux), et les roches magmatiques ;
- Le KIBEMBIEN qui représente le Protérozoïque moyen. Il est constitué des phyllades et des quartzophyllades, et en fin,
- Le LINDIEN qui représente le Protérozoïque supérieur, panafricain). Il est sédimentaire, constitué des grès, shales, quartzites, calcaires, dolomies et des conglomérats.

Du pont de vue structural et minéralisations, le site d'étude a été affecté par un métamorphisme régional qui a imprimé dans la région une déformation qui se caractérise par des foliations et des boudinages qui sont des cataclases responsables de la structure mylonitique observée dans la région. C'est ces microstructures qui ont piégé les fluides minéralisateurs sous forme des filons hydrothermaux de quartz par rapport à la foliation. La paragenèse minérale est constituée de l'Or-pyrite-chlorite-quartz-sphalérite.

1.2. MÉTHODES ET MATÉRIEL

Pour arriver à obtenir les estimés approximatifs, on a procédé de la manière suivante :

- La documentation nous a permis de cerner la localisation, l'histoire géologique du milieu d'étude, et de pouvoir aborder notre étude en appliquant toutes les notions et techniques apprises concernant l'évaluation des réserves.
- Nous avons participé à la campagne de sondages dont l'analyse géochimique des échantillons récoltés sur les carottes nous a permis d'avoir les données que nous avons manipulées dans ce document pour le fait de notre étude. 42 sondages ont été effectués dans notre zone d'étude, comme nous le montre la figure n°2;

Comme le corps minéralisé a des épaisseurs variables, ce qui est le cas le plus fréquent, l'échantillon provenant des minéralisations les plus épaisses représente un plus grand tonnage que les autres échantillons. Nous allons donc effectuer des moyennes pondérées (SAPORTA, 2006). Nous allons ainsi procéder de la sorte : $\bar{X}_{pondérée} = \frac{\sum e*t}{\sum e}$, avec \sum = somme, e = épaisseur et t = teneur (ANNELS, 1991). Sur ce, il va falloir d'abord calculer le paramètre 'e * t' pour chaque passe minéralisée de chaque sondage. On va aussi sommer les épaisseurs des passes minéralisées de chacun de sondages. Comme l'exprime la formule donnée ci-haut, c'est en divisant la somme des 'teneurs * épaisseurs' par la somme des épaisseurs qu'on obtiendra la teneur moyenne pondérée pour chacun de sondages (cfr le tableau 2). Nous devons signaler que les données brutes nous ont consommé plus de 10 pages, étant donné que nous avons eu accès un ensemble de résultats d'analyse de plus de 278 échantillons récoltés sur les carottes de ces 42 sondages qui soient concernés par notre étude. C'est ainsi que pour garder le caractère synthétique d'un travail scientifique, nous avons jugé mieux de ne pas présenter ces données ici, mais de présenter uniquement le résultat des calculs. Néanmoins, pour faire comprendre ce qui vient d'être dit, nous représentons les données brutes des sondages se retrouvant sur la ligne n°2 dont B110, B147 et B 146 (cfr figure 3), et montrons comment nous avons procédé pour calculer la teneur moyenne (Cfr. Tableau 1).

- Calcul de la teneur moyenne sur chaque section en délimitant la zone minéralisée pour chaque forage puis en joignant ces zones entre elles. Pour cela, nous avons établi la carte de (ligne) de sondages de notre site d'étude (figure 3) ; nous avons dressé le tableau n°3 contenant les teneurs de chacun de sondage suivant les différentes passes minéralisées, les épaisseurs du corps minéralisé, et celles des stériles. Ces données nous ont amené à calculer la teneur moyenne pondérée de chaque section, connaissant celle de chaque sondage, en faisant :

$$L = \frac{\sum(\text{teneur sondage} * \text{épaisseur corps minéralisé})}{\sum(\text{épaisseur corps minéralisé} + \text{épaisseur stérils})} \quad (\text{GERARD BAILLARGEON, 1981}),$$

'L' étant la ligne sur laquelle nous calculons la teneur de la section.

- Des coupes parallèles orientées SW-NE ont été établies le long de chaque ligne de sondage afin de matérialiser le corps minéralisé par un polygone dont le calcul de la section (surface) nous a amené à la découper à plusieurs figures géométriques courantes dont le calcul des surfaces est facile à effectuer :

- ✓ le rectangle : $S = L * l$;
- ✓ le carré : $S = C * C$;
- ✓ le trapèze : $S = \frac{B+b}{2} * H$;
- ✓ le triangle : $S = \frac{B*H}{2}$

Ainsi, la section totale d'une ligne de sondage a-t-elle été obtenue en sommant les différentes surfaces calculées à partir du polygone de la minéralisation.

- Nous avons étendu la teneur moyenne de la section au volume entourant cette dernière. Ceci est faisable de deux façons différentes, on a soit :
 - ✓ *un changement graduel de la section* : dans ce cas, on utilise deux sections consécutives pour définir le volume et la teneur devant être affectée à ce dernier ;
 - ✓ *un changement brusque* : dans ce cas le volume est simplement la surface de la section multiplié par la distance (L) entre les sections.

Ce dernier cas est celui que nous avons utilisé. Nous avons donc été amenés à dégager la surface moyenne de deux sections entre lesquelles nous calculons le volume et la teneur de la manière suivante :

- méthode pour les volumes : $V = \frac{S1+S2}{2} * L$;
- méthode pour la teneur moyenne entre deux sections S1 et 2 :

$$\bar{t} = \frac{S1*t1+S2*t2}{S1+S2}$$

Cette opération va être répétée pour trouver les volumes et les teneurs entre différentes lignes de sondage. Ainsi, la sommation de ces différents volumes nous a donné la valeur du volume total (m³) du corps minéralisé ; et la moyenne arithmétique des teneurs moyennes de chaque volume nous donne la teneur moyenne à l'excavé du réserve : $Vt = \sum_{i=1}^n Vi$ et $\bar{t}_m = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{t}_i}{n}$

- Influence de la densité sur le calcul des ressources : dans ces calculs conventionnels de ressources, les résultats d'analyse reçoivent d'abord une pondération linéaire (ex trous de forage), de surface (sections), et enfin de volumes. Ces volumes sont traduits en tonnes de minerai en utilisant un estimé de la densité. Cependant, la densité peut varier d'un bloc de minerai à l'autre et d'un type de gangue à l'autre.

Étant donné que le sol est composé en général d'oxydes dont la silice (SiO₂) et l'alumine (Al₂O₃) qui constituent plus de 70%, les éléments silicium et aluminium ayant des masses atomiques voisines, le poids volumique de grains solides varie donc dans les limites assez faibles : 26 KN/m³ < γ_s < 28 KN/m³. La moyenne de ces valeurs nous donne un point volumique de 27KN/m³. En divisant cette dernière valeur par le poids volumiques de l'eau qui est égal à 10KN/m³, on trouve la densité moyenne de 2,7 que nous avons utilisée. (Clément D et Philippe R, 2015)

- Le calcul du tonnage de l'or a été faite en multipliant le volume total par la teneur à l'excavé (PETER, 1978).
- En fin, en voulant répondre à la question de savoir combien de temps vont durer les travaux de mine, si on voudrait lancer l'exploitation de ce gisement en visant une production de 5 Kg/jour, il a suffi de diviser la quantité de l'or que contient le gisement par la quantité de la production journalière. D'où, pour avoir l'idée sur le minerai (tout venant) à extraire par jour et par heure, nous avons précédé par la règle de trois simples, comme suit : Si X Kg d'Or sont extraits de Y tonnes de minerai, 5 Kg d'Or seront extraits de $\frac{Y}{X} * 5 = Z$ tonnes de minerai qu'on doit extraire par jour. E divisant cela par 24 heures, nous trouvons que XX tonnes doivent être extraites par heure. Si nous divisons cela par la densité, nous avons $\frac{YX}{d} = XY$ m³ à extraire par heure.

C'est ainsi que nous nous sommes servis des papier millimétrés pour élaborer les coupes ; de l'ordinateur pour la saisie de ce travail ; de quelques logiciels comme QGIS pour élaboration de nos différentes cartes ; Golden Surfer pour élaborer la carte à 3 dimensions et digitaliser les coupes ; Excel pour le traitement de la plupart de nos données, machine calculatrice...

2. RÉSULTATS

Les tableaux 1 et 2 nous informent sur l'estimation des teneurs :

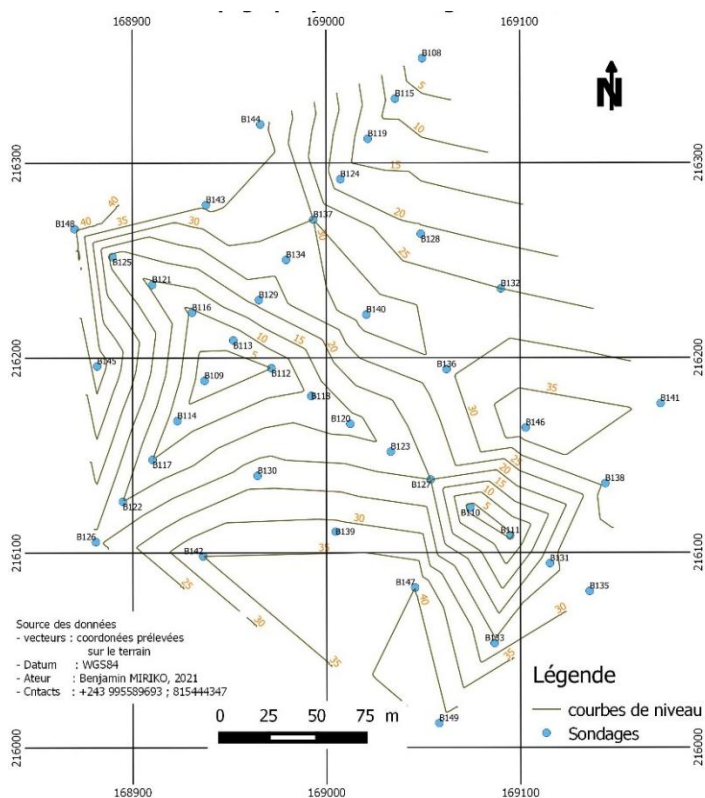
Tableau 1. Données brutes des sondages se retrouvant sur la ligne n°2

Modèle de Donnée brutes (Sondage B110, B146 et B147)							Modèle de Calculs					
Code	Début de passe minéralisée	Fin de passe minéralisée	Longueur minéralisation	Longitude	Latitude	Profondeur (en mètre)	Teneur mesurée au labo(g/t)	Somme des épaisseurs minéralisées, 'connecteur @' et 'Teneurs moyennes	épaisseurs minéralisées = t	(teneurs épaisseurs minéralisées) = *	Somme des épaisseurs minéralisées = somme 'e'	Teneurs moyennes pondérées somme (txe)/somme 'e'
B110	106,84	108,34	1,5	169074,2	216123,1	189,5	7,87	1.5m @ 7.87 g/t	11,805	12,9825	3,25	3,99461538
B110	109,41	109,91	0,5	169074,2	216123,1		0,71	0.5m @ 0.71 g/t	0,355			
B110	112,31	112,56	0,25	169074,2	216123,1		1,25	0.3m @ 1.25 g/t	0,3125			
B110	113,06	113,56	0,5	169074,2	216123,1		0,5	0.5m @ 0.50 g/t	0,25			
B110	154,11	154,61	0,5	169074,2	216123,1		0,52	0.5m @ 0.52 g/t	0,26			
B146	132,32	134,82	2,5	169102,8	216164,1	172	9,52	2.5m @ 9.52 g/t	23,8	33,9135	7,7	4,40435065
B146	135,32	136,32	1	169102,8	216164,1		1,58	1.0m @ 1.58 g/t	1,58			
B146	136,82	137,82	1	169102,8	216164,1		1,44	1.0m @ 1.44 g/t	1,44			
B146	138,32	140,17	1,85	169102,8	216164,1		1,47	1.8m @ 1.47 g/t	2,7195			
B146	167,6	168,95	1,35	169102,8	216164,1		3,24	1.3m @ 3.24 g/t	4,374			
B147	87,1	89,1	2	169045,6	216082,1	163	11,84	2.0m @ 11.84 g/t	23,68	46,28	9	5,14222222
B147	92,6	93,6	1	169045,6	216082,1		3,45	1.0m @ 3.45 g/t	3,45			
B147	94,85	95,35	0,5	169045,6	216082,1		0,93	0.5m @ 0.93 g/t	0,465			
B147	96,75	97,25	0,5	169045,6	216082,1		0,67	0.5m @ 0.67 g/t	0,335			
B147	147,1	152,1	5	169045,6	216082,1		3,67	5.0m @ 3.67 g/t	18,35			

Tableau 2. Résultats simplifiés des calculs à partir des données brutes du laboratoire

Id	Code	Profondeur sondage	Début passe minéralisée	Fin passe minéralisée	Epaisseur tout venant minéralisée	Longitude	Latitude	Altitude	Teneur mesurée au labo (g/t)	Étiquette (= 'Somme des épaisseurs minéralisées', 'connecteur @' et 'Teneurs moyennes pondérées')	Somation des teneurs * épaisseurs minéralisées	Somme des épaisseurs minéralisées	Teneurs moyennes pondérées	Epaisseur stériles = tout venant - somme épaisseurs pondérées
1	B108	239.25	164,39	226,1	61,71	169049,6	216353,7	1249	9,14	5,55m @ 6,7 g/t	37,2045	5,55	6,70351351	56,16
2	B109	180	100,92	147,43	46,51	168937,1	216188,3	1208	2,75	5,26m @ 2,95 g/t	15,543	5,26	2,95494297	41,25
3	B110	189.5	106,84	154,61	47,77	169074,2	216123,1	1203	7,87	3,25m @ 3,99 g/t	12,9825	3,25	3,99461538	44,52
4	B111	182.1	79,4	158,95	79,55	169094,7	216108,8	1203	1,36	3m @ 5,59 g/t	16,77	3	5,59	76,55
5	B112	165.15	109,55	157,9	48,35	168971,7	216194,7	1207	2,81	7,55m @ 1,98 g/t	14,9715	7,55	1,98298013	40,8
6	B113	181.93	107,25	128,87	21,62	168952	216209	1207	3,14	8,2m @ 2,39 g/t	19,5935	8,2	2,38945122	13,42
7	B114	164	93,5	140,27	46,77	168923,1	216167,7	1209	33,13	8,75m @ 12,5 g/t	109,6585	8,75	12,5324	38,02
8	B115	227.6	157,35	188,15	30,8	169035,6	216333	1241	10,4	2,3m @ 3,47 g/t	7,981	2,3	3,47	28,5
9	B116	169.1	65,35	124,08	58,73	168930,7	216223,3	1208	4,4	5,1m @ 5,19 g/t	26,502	5,1	5,19647059	53,63
10	B117	160	85,8	135,62	49,82	168910,2	216147,8	1210	18,68	17,44m @ 8,4 g/t	147,1917	17,44	8,43989106	32,38
11	B118	170.25	109,46	152	42,54	168992,2	216180,4	1206	19,37	11,89m @ 9,4 g/t	112,0623	11,89	9,4249201	30,65
12	B119	210.95	150,58	172,75	22,17	169021,5	216312,4	1234	0,65	2m @ 1,33g/t	2,675	2	1,3375	20,17
13	B120	177.4	64	150,31	86,31	169012,3	216166,1	1205	0,5	12,6m @ 7,76 g/t	97,455	12,55	7,76533865	73,76
14	B121	165.2	105,97	154,35	48,38	168910,2	216237,6	1209	0,77	2,95m @ 2,85 g/t	8,4365	2,95	2,85983051	45,43
15	B122	152.25	71,56	137,24	65,68	168894,9	216126,3	1213	0,57	8,91m @ 5,88 g/t	52,4027	8,91	5,88133558	56,77
16	B123	163	108,5	153,75	45,25	169033,2	216151,8	1204	8,65	10,1m @ 3,32 g/t	33,6155	10,1	3,32826733	35,15
17	B124	200.14	141,75	185,85	44,1	169007,4	216291,7	1224	1,76	4,75m @ 2 g/t	9,656	4,75	2,03284211	39,35

18	B125	162.88	110,22	123,67	13,45	168889,7	216251,9	1211	1,11	5,5m @ 8,57 g/t	47,18	5,5	8,57818182	7,95
19	B126	151.64	77,56	143,54	65,98	168880,9	216105,6	1217	0,65	8,95m @ 7,86 g/t	70,372	8,95	7,8627933	57,03
20	B127	164.44	109,61	153,3	43,69	169053,7	216137,5	1204	8,99	9,21m @ 3,34 g/t	30,8309	9,21	3,34754615	34,48
21	B128	178.45	158,53	169,73	11,2	169048,8	216263,6	1231	20,53	7,15m @ 9,67g/t	69,1275	7,15	9,66818182	4,05
22	B129	172.15	113,7	165,87	52,17	168965,2	216229,7	1209	2,67	13,08m @ 11 g/t	144,4513	13,08	11,0436774	39,09
23	B130	164.04	91,14	141,36	50,22	168964,4	216139,5	1207	0,58	10,82m @ 5,52 g/t	59,7949	10,82	5,52633087	39,4
24	B131	181.82	105,79	162,08	56,29	169115,2	216094,5	1204	4,27	1,9m @ 2,36 g/t	4,493	1,9	2,36473684	54,39
25	B132	201.68	171	188,65	17,65	169090,1	216235,5	1237	2,15	7,82m @ 2,72 g/t	21,322	7,82	2,72659847	9,83
26	B133	177.48	86,47	156,44	69,97	169086,6	216053,5	1201	3,25	4m @ 2,38 g/t	9,5235	4	2,380875	65,97
27	B134	183.12	130	176,59	46,59	168979,3	216250,3	1216	5,4	8,46m @ 6,98 g/t	59,095	8,46	6,98522459	38,13
28	B135	182.35	101,75	104,45	2,7	169135,7	216080,2	1204	3,05	2.7m @ 3.05 g/t	8,235	2,7	3,05	0
29	B136	183.8	141,7	164,39	22,69	169062	216194,1	1220	5,86	5,6m @ 3,65 g/t	20,464	5,6	3,65428571	17,09
30	B137	195.55	137,13	177,74	40,61	168993,4	216271	1217	5,77	7,8m @ 4,23 g/t	32,961	7,8	4,22576923	32,81
31	B138	191.85	132,25	184,1	51,85	169143,8	216135,5	1216	9,79	21m @ 1,9 g/t	40,26	21	1,91714286	30,85
32	B139	153.6	88,1	147,15	59,05	169004,6	216110,8	1205	1,29	4m @ 3,24 g/t	12,955	4	3,23875	55,05
33	B140	164.2	132,5	143,25	10,75	169020,7	216222,2	1216	12,17	7,25m @ 8,13 g/t	58,97	7,25	8,1337931	3,5
34	B141	210.85	158,56	186,79	28,23	169172,4	216176,5	1222	5,58	8m @ 2,88 g/t	23,07	8	2,88375	20,23
35	B142	166.7	80,88	143,78	62,9	168936,3	216098,2	1211	17,38	6,23m @ 5,56 g/t	34,6547	6,23	5,56255217	56,67
36	B143	195.3	132,2	183,88	51,68	168938	216278,5	1228	5,01	8,33m @ 4,55g/t	37,9443	8,33	4,55513806	43,35
37	B144	197.45	139,72	193,88	54,16	168966,1	216319,8	1235	3,09	6,92m @ 17,49 g/t	17,4926	6,92	2,52783237	47,24
38	B145	156.19	94,8	124,98	30,18	168881,7	216195,8	1211	18,79	9,5m @ 10,25 g/t	97,405	9,5	10,2531579	20,68
39	B146	172	132,32	168,95	36,63	169102,8	216164,1	1213	9,52	7,7m @ 4,4 g/t	33,9135	7,7	4,40435065	28,93
40	B147	163	87,1	152,1	65	169045,6	216082,1	1203	11,84	9m @ 5,14g/t	46,28	9	5,14222222	56
41	B148	160.84	109,25	149,95	40,7	168870,2	216266,2	1213	1,43	7,38m @ 6,9 g/t	51,404	7,38	6,96531165	33,32
42	B149	171	75,2	153,2	78	169058	216012,5	1203	1,35	2,57m @ 2,83 g/t	7,2945	2,57	2,83832685	75,43



Les résultats du tableau 3 nous ont permis de réaliser la carte topographique des sondages (fig.2) afin de permettre de tracer les différents profils de lignes de sondages.

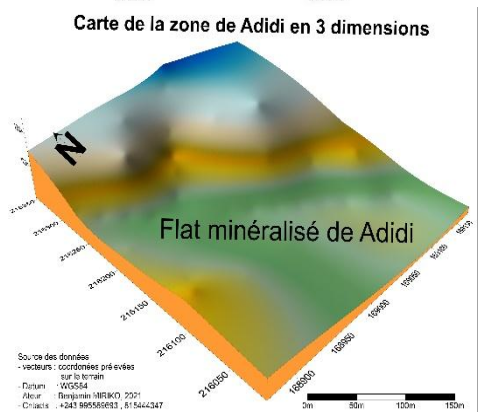
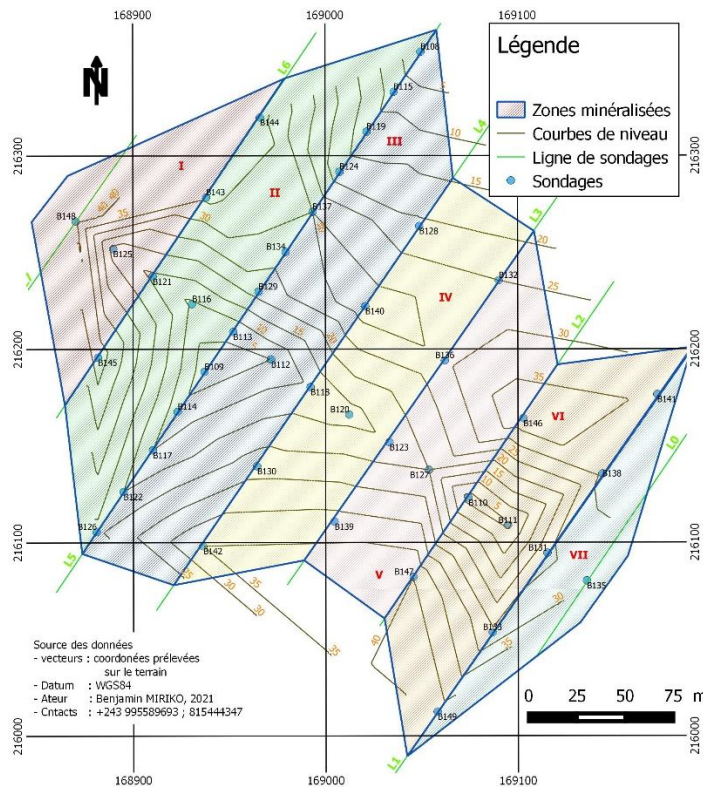


Figure 2. Carte topographique des sondages à gauche (2D), et à trois dimensions à droite (traitement de nos coordonnées récoltées sur le terrain)
Ainsi, la figure 3 nous matérialise-t-elle les différentes lignes de sondage.



Notre flat s'étend entre les lignes 0 et 7, et est considéré comme la zone minéralisée (fig. 3). Les lignes de sondages sont distantes de 50 m les unes des autres et les sondages considérés sont aussi distants de 50 m sauf sur la ligne 5 où ils sont distants de 25 m. La teneur limite d'exploitabilité a été fixée à 0.5 g/t excavée. Il nous faut déterminer le tonnage de ce gisement.

Figure 3. Carte de lignes parallèles de sondages (traitement de nos données récoltées sur le terrain)

Ayant établi les lignes de sondage, nous calculons les teneurs moyennes à partir des données synthétisées dans le tableau 3 :

Tableau 3. Données pour calcul des teneur de chacune de sections

N° ligne	Teneur (en g/t) de sondages	Epaisseur du corps minéralisé	Epaisseur stériles (Es)	N° ligne	Teneur (en g/t) de sondages	Epaisseur du corps minéralisé	Epaisseur stériles (Es)	N° ligne	Teneur (en g/t) de sondages	Epaisseur du corps minéralisé (Ecm)	Epaisseur stériles (Es)
L ₀	3.05	2.7	0	L ₃	2.72	7.82	9.83	L ₆	2.53	6.92	47.24
					3.65	5.6	17.1		4.56	8.33	43.35
					3.33	10.1	35.15		2.86	2.95	45.43
					3.24	4	55.05		10.25	9.5	20.68
L ₁	2.88	8	23	L ₄	9.66	7.15	4.05	L ₅	6.7	5.55	56.16
	1.9	21	30.85		8.13	7.25	3.5		3.47	2.3	28.5
	2.36	1.9	54.39		9.42	11.49	30.65		1.34	2	20.37
	2.38	4	65.97		5.52	10.82	39.4		2.03	4.75	39.35
	2.57	7.29	75.43		5.56	6.63	56.67		4.22	7.8	32.8
								6.98	8.46	38.13	

										11	13.1	39.1
										2.39	8.2	13.42
										2.95	5.26	41.25
										12.5	8.75	38.02
										8.44	17.44	32.38
										5.88	8.91	56.77
										7.86	9.21	34.48
L ₂	7.7	33.9	28.93						L ₇	6.97	7.38	33.32
	3.99	3.25	44.52									
	5.14	9	56									

A partir de ces données, le calcul des teneurs moyennes pondérées de chaque ligne s'effectue de la manière suivante :

- $L_0 = \frac{3.05 (2.7)}{2.7+0} = \frac{8.235}{2.7} = 3.05 \text{ g/t} > 0.5 \text{ g/t} ;$
- $L_1 = \frac{2.88 (8) + 1.9 (21) + 2.36 (1.9) + 2.38 (4) + 2.5 (7.29)}{(8+23) + (21+30.85) + (1.9+54.39) + (4+65.97) + (7.29+75.43)} = \frac{95.169}{291.83} = 03 \text{ g/t} ;$
- $L_2 = \frac{7.7 (33.9) + 3.99 (3.25) + 5.14 (9)}{(33.9+28.93) + (3.25+44.52) + (9+56)} = \frac{320.76}{175.6} = 1.8 \text{ g/t}$
- $L_3 = \frac{2.72 (7.82) + 3.65 (5.6) + 3.33 (10.1) + 3.24 (4+55.05)}{(7.82+9.83) + (5.6+17.1) + (10.1+35.15) + (4+55.05)} = \frac{83.3}{144.65} = 06 \text{ g/t}$
- $L_4 = \frac{9.66 (7.15) + 8.13 (7.25) + 9.42 (11.49) + 5.52 (10.82) + 5.56 (6.63)}{(7.15+4.05) + (7.25+3.5) + (11.49+30.65) + (10.82+39.4) + (6.63+56.67)} = \frac{332.8}{178.06} = 1.87 \text{ g/t}$
- $L_5 = \frac{6.7 (5.55) + 3.47 (2.3) + 1.34 (2) + 2.03 (4.75) + 6.98 (8.46) + 11 (13.1) + 2.39 (8.2) + 2.95 (5.26) + 12.5 (8.75) + 8.44 (17.44) + 5.88 (8.91) + 7.86 (9.21)}{(5.55+56.16) + (2.3+28.5) + (2+20.37) + (4.75+39.35) + (7.8+32.8) + (8.46+38.13) + (13.1+39.1) + (8.2+13.42) + (5.26+41.25) + (8.75+38.02) + (17.44+32.38) + (8.91+56.77) + (9.21+34.48)} = \frac{667.1}{572.47} = 1.18/t$
- $L_6 = \frac{2.53 (6.92+47.24) + 4.56 (8.33+43.35) + 2.86 (2.95+45.43) + 10.25 (9.5+20.68)}{(6.92+47.24) + (8.33+43.35) + (2.95+45.43) + (9.5+20.68)} = \frac{161.3}{40.6} = 3.97 \text{ g/t}$
- $L_7 = \frac{6.97 (7.38+33.32)}{(7.38+33.32)} = \frac{51.44}{40.6} = 1.27 \text{ g/t}$

Les huit coupes réalisées sur la figure 3 sont les suivantes :

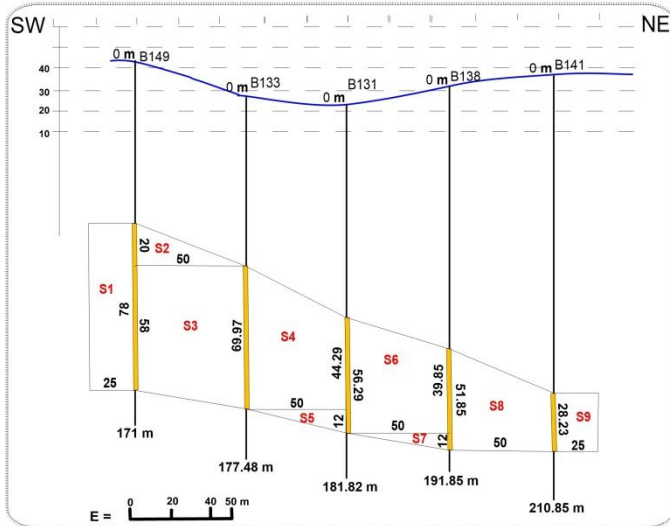
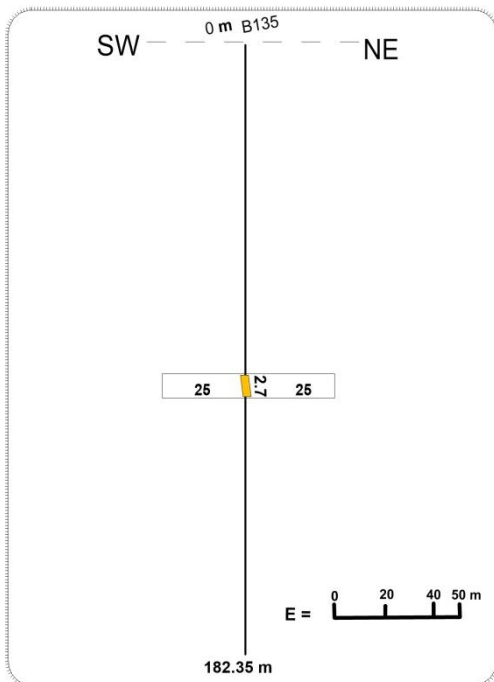


Figure 4. Section de sondage suivant la ligne L0

Figure 5. Section de sondage suivant la ligne L0

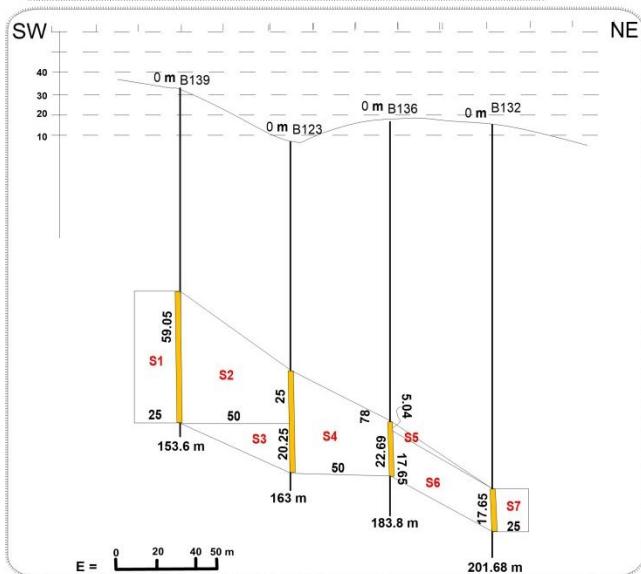
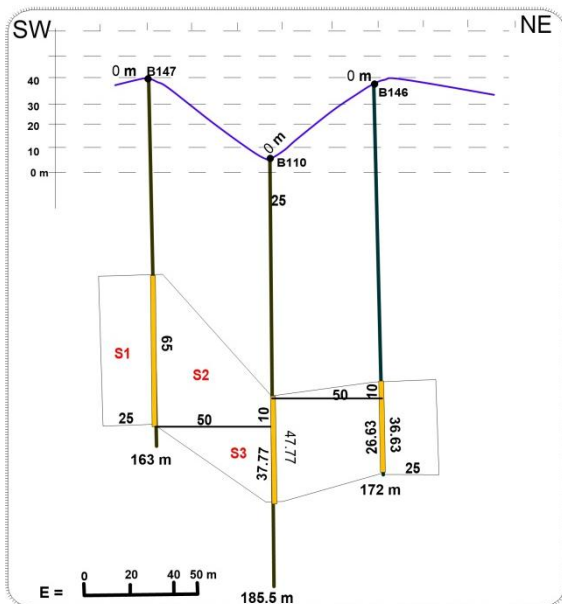


Figure 6. Section de sondage suivant la ligne L2

Figure 7. Section de sondage suivant la ligne L3

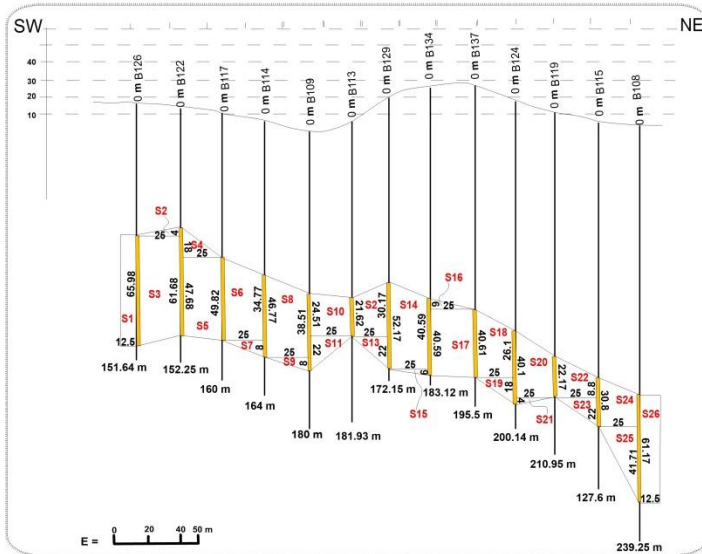
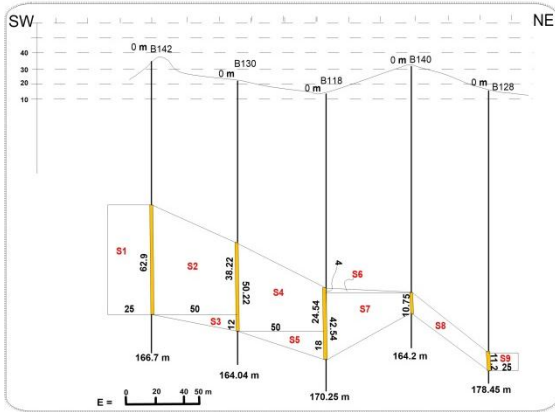


Figure 8. Section de sondage suivant la ligne L4

Figure 9. Section de sondage suivant la ligne L5

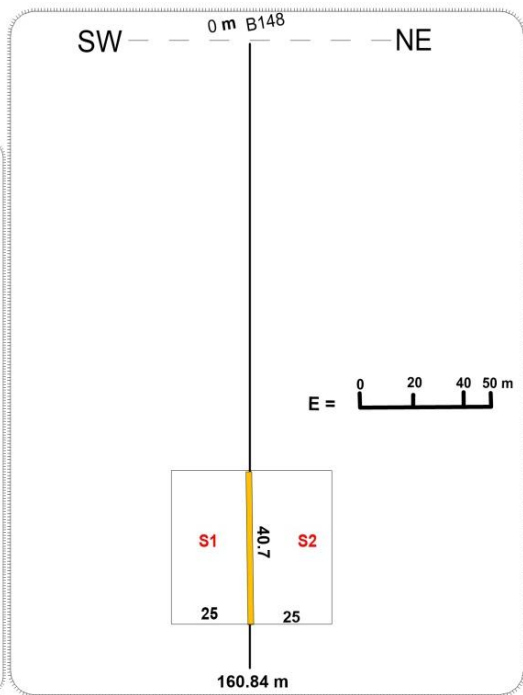
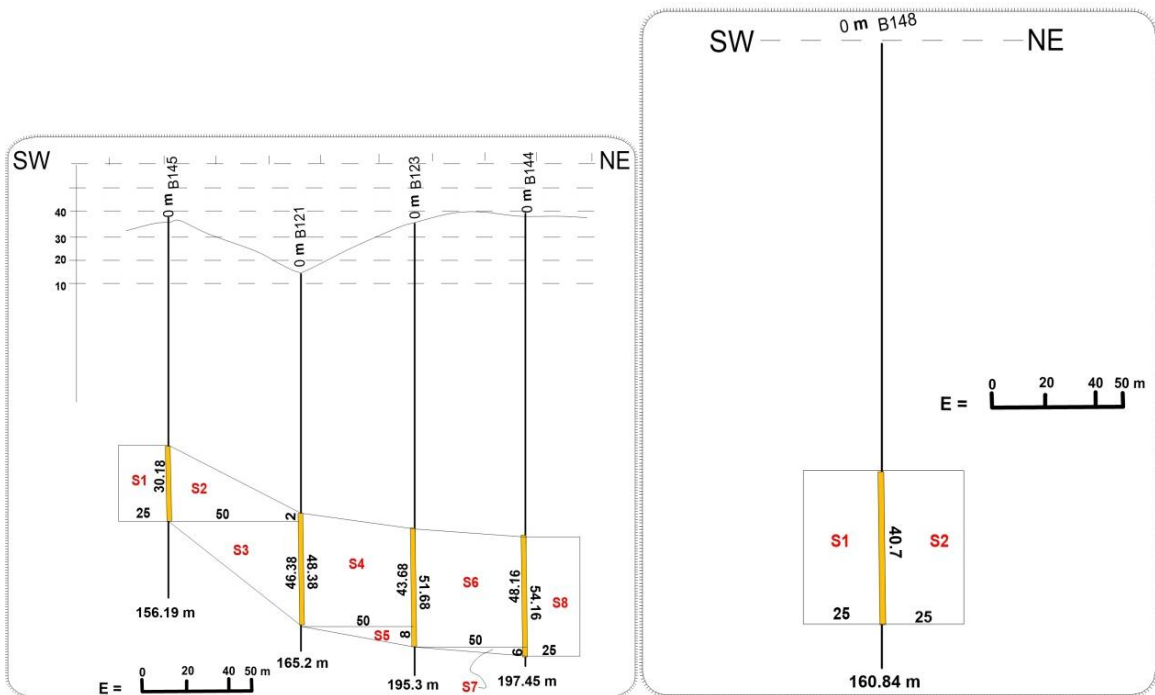


Figure 10. Section de sondage suivant la ligne L6

Figure 11. Section de sondage suivant la ligne L7

À partir de ces différentes coupes, le calcul des sections a été dégagé de la manière suivante :

❖ **Figure 4 : ligne 0**

$$- St = 50 * 2.7 = 135 \text{ m}^2$$

❖ **Figure 5 : ligne 1**

$$- S1 = 25 * 78 = 1950 \text{ m}^2$$

$$- S2 = \frac{20*50}{2} = 500 \text{ m}^2$$

$$- S3 = \frac{69.97+58}{2} * 50 = 3199.25 \text{ m}^2$$

$$- S4 = \frac{69.97+44.29}{2} * 50 = 2856.5 \text{ m}^2$$

$$- S5 = \frac{12*50}{2} = 300 \text{ m}^2$$

$$- S6 = \frac{56.29+39.85}{2} * 50 = 2403.5 \text{ m}^2$$

$$- S7 = \frac{12*50}{2} = 300 \text{ m}^2$$

$$- S8 = \frac{51.85+28.23}{2} * 50 = 2002 \text{ m}^2$$

$$- S9 = 25 * 28.23 = 705.75 \text{ m}^2$$

$$- ST = 1950 + 500 + 3199.25 + 2856.5 + 300 + 2403.5 + 300 + 2002 + 705.75 = \mathbf{14217 \text{ m}^2}$$

❖ **Figure 6 : ligne 2**

$$- S1 = 25 * 60 = 1625 \text{ m}^2$$

$$- S2 = \frac{65+10}{2} * 50 = 1875 \text{ m}^2$$

$$- S3 = 37.77 * 50 = 1888.5 \text{ m}^2$$

$$- S4 = 10 * 50 = 500 \text{ m}^2$$

$$- S5 = \frac{47.77+26.63}{2} * 50 = 1860 \text{ m}^2$$

$$- S6 = 36.63 * 25 = 915.75 \text{ m}^2$$

$$- ST = 1625 + 1875 + 1875 + 1888.5 + 500 + 1860 + 915.75 = \mathbf{8664.25 \text{ m}^2}$$

❖ **Figure 7 : ligne 3**

$$- S1 = 25 * 59.05 = 1476.25 \text{ m}^2$$

$$- S2 = \frac{59.05+25}{2} * 50 = 2101.25 \text{ m}^2$$

$$- S3 = \frac{50*20.25}{2} = 506.25 \text{ m}^2$$

$$- S4 = \frac{45.25+17.65}{2} * 50 = 157.5 \text{ m}^2$$

$$- S5 = \frac{5.04*54}{2} = 136.08 \text{ m}^2$$

$$- S6 = 54 * 17.65 = 953.1 \text{ m}^2$$

$$- S7 = 25 * 17.65 = 441.25 \text{ m}^2$$

$$- ST = 1476.25 + 2101.25 + 506.25 + 157.5 + 136.08 + 953.1 + 441.25 = \mathbf{5779.61 \text{ m}^2}$$

❖ **Figure 8 : ligne 4**

$$- S1 = 25 * 62.9 = 1572.5 \text{ m}^2$$

$$- S2 = \frac{62.9+38.22}{2} * 50 = 2528 \text{ m}^2$$

$$- S3 = 12 * 50 = 600 \text{ m}^2$$

$$- S4 = \frac{50.22+24.54}{2} * 50 = 1869 \text{ m}^2$$

$$- S5 = 18 * 50 = 900 \text{ m}^2$$

$$- S6 = 4 * 50 = 200 \text{ m}^2$$

$$- S7 = \frac{38.54+11.2}{2} * 60 = 1232.25 \text{ m}^2$$

$$- S8 = \frac{10.75+11.2}{2} * 50 = 548.75 \text{ m}^2$$

$$- S9 = 11.2 * 25 = 280 \text{ m}^2$$

$$- ST = 1572.5 + 2528 + 600 + 1869 + 900 + 200 + 1232.25 + 548.75 + 280 = \mathbf{10686 \text{ m}^2}$$

❖ **Figure 9 : ligne 5**

- $S1 = 65.98 * 12.5 = 824.75 \text{ m}^2$
- $S2 = \frac{4*25}{2} = 50 \text{ m}^2$
- $S3 = \frac{65.98+61.68}{2} * 25 = 1595.75 \text{ m}^2$
- $S4 = \frac{18*25}{2} = 225 \text{ m}^2$
- $S5 = \frac{47.68+49.82}{2} * 25 = 1218.75 \text{ m}^2$
- $S6 = \frac{49.82+34.77}{2} * 25 = 1057.375 \text{ m}^2$
- $S7 = \frac{12*25}{2} = 150 \text{ m}^2$
- $S8 = \frac{46.77+31.51}{2} * 25 = 978.375 \text{ m}^2$
- $S9 = \frac{8*25}{2} = 100 \text{ m}^2$
- $S10 = \frac{21.51+21.63}{2} * 25 = 576.75 \text{ m}^2$
- $S11 = \frac{22*25}{2} = 275 \text{ m}^2$
- $S12 = \frac{21.63+30.17}{2} * 25 = 647.5 \text{ m}^2$
- $S13 = \frac{22*25}{2} = 275 \text{ m}^2$
- $S14 = \frac{52.17+40.59}{2} * 25 = 1159.5 \text{ m}^2$
- $S15 = \frac{6*25}{2} = 75 \text{ m}^2$
- $S16 = \frac{6*25}{2} = 75 \text{ m}^2$

❖ **Figure 10 : ligne 6**

- $S1 = 25 * 30.18 = 750 \text{ m}^2$
- $S2 = \frac{30.18+2}{2} * 50 = 804.5 \text{ m}^2$
- $S3 = \frac{50*46.38}{2} = 1159.5 \text{ m}^2$
- $S4 = \frac{48.38+43.68}{2} * 50 = 2301.5 \text{ m}^2$
- $S5 = \frac{8*50}{2} = 200 \text{ m}^2$
- $S6 = \frac{51.68+48.16}{2} * 50 = 2496 \text{ m}^2$
- $S7 = \frac{6*50}{2} = 150 \text{ m}^2$
- $S8 = 25 * 54.16 = 1354 \text{ m}^2$
- $ST = 750 + 804.5 + 1159.5 + 2301.5 + 200 + 2496 + 150 + 1354 = 59215.5 \text{ m}^2$

- $S17 = \frac{40.59+40.61}{2} * 25 = 1015 \text{ m}^2$
- $S18 = \frac{40.61+26.1}{2} * 25 = 833.875 \text{ m}^2$
- $S19 = \frac{18*25}{2} = 225 \text{ m}^2$
- $S20 = \frac{40.1+22.17}{2} * 25 = 778.375 \text{ m}^2$
- $S21 = \frac{4*25}{2} = 50 \text{ m}^2$
- $S22 = \frac{22.17+8.8}{2} * 25 = 3878.125 \text{ m}^2$
- $S23 = \frac{22*25}{2} = 275 \text{ m}^2$
- $S24 = \frac{30.8+20}{2} * 25 = 635 \text{ m}^2$
- $S25 = \frac{25*41.71}{2} = 521.375 \text{ m}^2$
- $S26 = 12.5 * 61.71 = 771.375 \text{ m}^2$
- $ST = 824.75 + 50 + 1595.75 + 225 + 1218.75 + 1057.375 + 150 + 978.375 + 100 + 576.75 + 275 + 647.5 + 275 + 647.5 + 275 + 1159.5 + 75 + 75 + 1015 + 833.875 + 225 + 778.375 + 50 + 3878.125 + 275 + 635 + 521.375 + 771.375 = 15149.75 \text{ m}^2$

❖ **Figure 11 : ligne 7**

- $ST = 40.5 * 50 = 2025 \text{ m}^2$

C'est ainsi qu'en étendant la teneur moyenne de la section au volume entourant cette dernière, on a entre :

➤ L0 et L1 :

$$\circ V1 = \frac{135+14217}{2} * 50 = 358800 \text{ m}^3$$

$$\circ \bar{t}_1 = \frac{135*3.05+14217*0.3}{135+14217} = \frac{4676.85}{14352} = 0.33 \text{ g/t}$$

➤ L1 et L2 :

$$\circ V2 = \frac{14217+8664.25}{2} * 50 = 572031.25 \text{ m}^3$$

$$\circ \bar{t}_2 = \frac{14217*0.3+8664.25*1.8}{14217+8664.25} = \frac{19860.75}{22881.25} = 0.87 \text{ g/t}$$

➤ L2 et L3 :

$$\circ V3 = \frac{8664.25+5779.61}{2} * 50 = 361096.5 \text{ m}^3$$

$$\circ \bar{t}_3 = \frac{8664.25*1.8+5779.61*0.6}{8664.25+5779.61} = \frac{19063.416}{14443.81} = 1.32 \text{ g/t}$$

➤ L3 et L4 :

$$\circ V4 = \frac{5779.61+10686}{2} * 50 = 411640.25 \text{ m}^3$$

$$\circ \bar{t}_4 = \frac{5779.61*0.6+10686*1.87}{5779.61+10686} = \frac{23450.586}{16465.61} = 1.42 \text{ g/t}$$

➤ L4 et L5 :

$$\circ V5 = \frac{10686+15149.75}{2} * 50 = 645893.75 \text{ m}^3$$

$$\circ \bar{t}_5 = \frac{10686*1.87+15149.75*1.18}{10686+15149.75} = \frac{19907.525}{25835.75} = 0.77 \text{ g/t}$$

➤ L5 et L6 :

$$\circ V6 = \frac{15149.75+9215.5}{2} * 50 = 609131.25 \text{ m}^3$$

$$\circ \bar{t}_6 = \frac{15149.75*1.18+9215.5*3.97}{15149.75+9215.5} = \frac{54462.24}{24365.25} = 2.23 \text{ g/t}$$

➤ L6 et L7 :

$$\circ V7 = \frac{9215.5+2035}{2} * 50 = 281262.5 \text{ m}^3$$

$$\circ \bar{t}_7 = \frac{9215.5*3.97+2035*1.27}{9215.5+2035} = \frac{36843.98}{9419} = 3.97 \text{ g/t}$$

D'où, toutes ces données nous conduisent aux calculs suivants :

- ✓ le **volume total** (m³) du corps minéralisé devient : $ST = 14217 + 8664.25 + 59215.5 + 5779.61 + 10686 + 15149.75 + 59215.5 + 235 = 3239855.5 \text{ m}^3$;
- ✓ la **teneur moyenne à l'excavé** du réserve : $\bar{t}_m = \frac{0.33+0.87+1.32+1.42+0.77+2.23+3.91}{7} = \frac{10.85}{7} = 1.55 \text{ g/t}$;
- ✓ le **tonnage du minerai** : $3239855.5 * 2.7 = 8747609.85 \text{ tonnes}$;
- ✓ le **tonnage de l'Or** : $8747609.85 \text{ t} * 1.55 \text{ g/t} = 13558795.27 \text{ g} = 13558.8 \text{ kg} = 13.6 \text{ tonnes}$
- ✓ Nous avons estimé que si on voulait lancer l'exploitation de ce gisement en visant une production de 5 Kg/jour, on a :

$$\frac{13558.8 \text{ Kg}}{5 \text{ Kg/j}} = \frac{13558.8 \text{ Kg} \left(\frac{j}{\text{Kg}}\right)}{5} = 2711.8 \text{ jours} \equiv 7.5 \text{ ans d'exploitation.}$$

Pour cela, les cubages à extraire par jour et par heure sont calculés comme suit : si 13558.8 Kg d'Or est à extraire de 8747609.85 tonnes de minerai, 5 Kg d'or seront extraits de $\frac{8747609.85}{13558.8 \text{ Kg}} * 5 = 3225.8 \text{ tonnes}$ de minerai par jour \equiv 134.4 tonnes de minerai par heure. En divisant cette valeur par la densité, ça nous donne $\frac{134.4}{2.7} = 49,8 \text{ m}^3$ de minerai à extraire/heure \equiv 2 bennes de 25 m³ chacune, qui devront être rechargées pour déposer le minerai à l'usine dans une heure.

3. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

À l'issue de l'évaluation du gisement de Adidi nous comprenons ce qui suit :

- ✧ la teneur de coupure a été fixée par l'entreprise à 0.5 g/t, en tenant compte du coût de l'exploitation dont les facteurs sont :
 - les engins à utiliser ;
 - la distance de l'usine à la mine ;
 - les intrants : fuel, huile, ... ;
 - la main d'œuvre ;
 - le coût d'amortissement, etc.
- ✧ le gisement a une teneur moyenne de 1.55 g/t et un tonnage de 8747609.85 ;
- ✧ ce gisement est donc exploitable au vue des cours mondiaux actuels de l'Or :
 - 1gramme d'Or coûte 67\$
 - 1 Once = 31gramme coûtent 67*31 = 2077\$;
- ✧ notre gisement est donc prouvé pour un tonnage de l'Or de 13558795.27g $\equiv 13558795.27 \frac{1}{31} = 437380.5 \text{ Onces} \equiv 908439283.09\$$ (neuf cent-huit millions, quatre-cent trente-neuf milles, deux-cent quatre-vingt-trois point zéro neuf dollars). D'où, en divisant cette somme par 2711.8 jours, l'entreprise pourra travailler pour 334995\$ (trois-cent trente-quatre mille quatre-cent nonante-cinq dollars) par jours.
- ✧ pendant l'exploitation, des prospections devront se poursuivre pour obtenir des gisements satellites afin de garantir la durée de vie de la mine ;
- ✧ de ce qui précède, dans les conditions actuelles, ce gisement est économiquement rentable.

4. CONCLUSION

En somme, nous venons de voir que la minéralisation de notre site d'étude est filonienne. Cela nous a poussés de vouloir démontrer comment utiliser la méthode de sections parallèles dans le calcul des réserves d'un gisement. Les sections parallèles étant des surfaces des étames minéralisés, il a donc fallu procéder par une campagne de sondage auquel nous avons à prendre part en parti. Cela nous a permis d'avoir accès aux données d'analyse géochimique de 42 sondages. Soucieux de participer à la recherche scientifique, nous avons eu à utiliser ces résultats d'analyse pour apporter une pierre sur la manière d'appliquer la méthode de sections parallèles dans l'évaluation des gisements métallifères. Les sondages ont été espacés de 25m afin de circonscrire au mieux les sections de la minéralisation en procédant par lignes. Ces sections (surfaces) étant des polygones, ont été découpés en plusieurs figures géométriques facilement calculables. Tenant compte de la distance entre les sections, le volume total du minerai a été dégagé, ainsi la teneur moyenne du gisement. La teneur moyenne calculé sur chaque section. En fin l'objectif étant de dégager le tonnage et l'estimer économiquement, nous avons retrouvé 8747609.85tonnes de minerai regorgeant 13.6tonnes d'Or qui équivaut, au vue des cours mondiaux actuels de l'Or, à 908439283.09\$. D'où, la méthode utilisée vient de nous donner des résultats satisfaisant. Nous souhaiterions que d'autres chercheurs refassent la même étude en utilisant des logiciels appropriés afin de dégager les écarts pouvant exister entre deux procédures.

4. BIBLIOGRAPHIE

1. Annels, A.E.(1991), *Mineral Deposit Evaluation*, Chapman & Hall, London.
2. Badetty L. &cie. (2001), *Maitriser les Maths 5*, Edition Loyola, Kinshasa.
3. Batodisa Vuma G. et al. (2008), *Maitriser les statistiques de la 1^{ère} en 5^e années secondaires*, Ed. CEMM, Kinshasa
4. Clement D. et Philippe R (2015), *Géotechnique : Exercices et problèmes corrigés de mécanique des sols, avec rappels de cour*. Dunod éd., Paris, 246 p.
5. Diatchkov, S.A. (1994), *Principles of classification of reserves and resources in C.I.S. Countries*. Mining Engineering, N°214, March.
6. Foucault A. Raoult F. (1975), *Coupes et cartes géologiques*, édition Doin
7. GerardBaillargeon (1981), *Introduction à la Statistique*, Ed SMG, Paris
8. Goossens, P.J. (2002), *Exploration minière : Télédétection, géochimie, géophysique, métallogénie, échantillonnage, réserves et ressources, préféabilité*. Ed., Université de Liège.
9. Guigues J., Devismes P. (1969), *La prospection minière à la batée dans le massif Armoricaïn*. Mém. BRGM Fr., 172p

10. Lane, K.F. (1998), *The economic definition of ore*. Mining Journal Book, Ltd, London.
11. Lulzac Y. (1968), *Les filons à wolfram et Or natif de la région de Locarn*, Dunault (Côte-du-nord). Rapport BRGM, inédit 31p
12. Morer, J. (1981), *Manuel du prospecteur minier*, Ed. BRGM
13. Peter, W.C. (1978), *Exploration and Mining Geology*. John Wiley & Sons, New York.
14. Routier, P. (1963), *Les gisements métallifères : géologie et principes de recherche*. Masson, Paris, 2 volumes.
15. Saporta G. (2006), *Probabilités, analyse des données et statistique*, éd. Technique, Paris.
16. Welmer, F.W. (1986), *Economic Evaluation in Exploration*. Springer Verlaged.
17. Woodli R. (1961) : *Relationships of general structures of gold mineralization in the Kilo area (Central Africa)*, Economic geologie ed., vol 6, 1961.