

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
« GEOLOGIE APPLIQUEE AUX RESSOURCES MINIERES »

PROCESSUS D'ESTIMATION DES
RESSOURCES MINERALES
PROJET DE LA ZONE DONDO-MOBI,
DISTRICT MINIERE ETEKE. GABON

❖ **Réalisé par :**

Fariji Soukayna

Ouakrim Mohammed

❖ **Encadré par :**

Mr. Jaffal Mohammed (faculté des sciences et techniques)

Mr. Ibrahim Ait Sliman (CMG)

❖ **Devant un jury composé de :**

Mme. Samia BERRADA (faculté des sciences et Techniques)

Mr. Mohammed Jaffal (faculté des sciences et Techniques)

Remerciements

Ce n'est pas parce que la tradition exige que cette page se trouve dans notre rapport, mais parce que les gens à qui nous adressons les méritent vraiment.

Nos vifs remerciements sont destinés plus particulièrement à notre Encadrant **Mr .Ibrahim AIT SLIMAN** d'abord pour son honorable assistance, et pour ces recommandations pertinentes, sans révoquer les efforts remarquables qu'il a déployé pendant notre stage a CMG pour avoir le maximum d'informations possible.

Nous tenons à remercier également notre professeur encadrant **Mr .Mohammed JAFFAL** pour sa disponibilité, son aide, ces conseils précieux ainsi que pour sa gentillesse de lire attentivement et corriger ce travail même si aucun remerciement ne serait à la hauteur.

Nos remerciements s'adressent aussi **Mr. ZERHOUNI** et **Mlle. Aicha HISSOU** pour les efforts qui n'ont cessé de multiplier pour nous faciliter le travail à effectuer, et aussi à tous nos amis et nos collègues pour leur sympathie ainsi leur contribution à la réussite et le meilleur déroulement de ce stage.

Mes chaleureux remerciements vont également à **Mr.Saidi Abdellatif** le responsable de la filière « Géologie Appliquée Aux Ressources Minières » pour son dévouement et sa ténacité pour assurer une formation de qualité.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES	2
LISTE DES TABLEAUX	4
I- INTRODUCTION	5
II- GENERALITES	6
II-1- LOCALISATION ET ENVIRONNEMENT GEOGRAPHIQUE	6
II-2- GEOLOGIE REGIONALE	7
II.3- GEOLOGIE LOCALE	9
II.4- HISTORIQUE ET PRINCIPAUX TRAVAUX REALISES SUR DONDO- MOBI	9
III- LE PROSPECT AURIFERE DE DONDO MOBI	12
III.1- SITUATION GEOGRAPHIQUE	12
III.2- TRAVAUX ANTERIEURS	13
III.3- APERÇU GEOLOGIQUE.....	13
IV- ESTIMATION DES RESSOURCES DU PROSPECT DE DONDO MOBI	18
IV.1- BASE DES DONNEES.....	19
IV.1.1- STRUCTURE DE LA BASE DES DONNEES	19
IV.1.2- IMPORTATION DES DONNEES DANS LE LOGICIEL DATAMINE	21
IV.1-3- DEFINITION DES SECTIONS TRANSVERSALES	23
IV.2- INTERPRETATION DES DONNEES.....	24
IV.3- CREATION DU MODEL PROTOTYPE.....	27
IV.4- ANALYSE GEOSTATISTIQUE.....	28
IV.5- ESTIMATION DE LA TENEUR ET DU TONNAGE :	31
IV.5.1- INTERPOLATION :	31
V- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	38
BIBLIOGRAPHIE	39
ANNEXE	40

Liste des Figures :

Figure 1 : Situation générale de la zone d'étude sur la carte du Gabon.

Figure 2 : Localisation du permis MANAGEM et du district aurifère d'Etéké sur la carte géologique de Mouila à l'échelle 1/200 000.

Figure 3 : Projection frontale du panneau minéralisé de Dondo-Mobi (Midot et Loislard, 1991).

Figure 4 : Plan de situation des zones reconnues par sondages carottés dans le prospect de Dondo-Mobi.

Figure 5 : Feuille « COLLARS » relative à la localisation des collets des sondages.

Figure 6 : Feuille « SURVEYS » renfermant les paramètres de déviations des sondages.

Figure 7 : Feuille « ASSAYS » renfermant les résultats des analyses géochimiques.

Figure 8 : Feuille « LITHO » relative à l'identification des faciès.

Figure 9a : Projection en plan des sondages du prospect de Dondo-Mobi

Figure 9b : Détail de la figure 9a montrant la représentation de la teneur en or le long des traces de sondages.

Figure 10a : Localisation de la section transversale de la figure 10b

Figure 10b : Exemple de section transversale définie par Datamine à travers la zone minéralisée de Dondo-Mobi

Figure 11 : Coupes transversales montrant les enveloppes interprétées des corps minéralisés de Dondo-Mobi

Figure 12 : Représentation en perspective de type « wireframe » des deux structures aurifères de Dondo-Mobi

Figure 13 : Représentation en solides-3D des deux structures aurifères de Dondo-Mobi

Figure 14 : Bloc model de la zone de Dondo –mobi

Figure 15 : statistiques des longueurs d'échantillonnage originale

Figure 16 : Courbe des fréquences cumulées des échantillons bruts.

Figure 17 : Vue en plan de la distribution de la teneur au sein du bloc modèle

Figure 18 : Coupe transversale montrant la relation Teneur composite et teneur bloc modèle

Figure 19 : Vue en plan des trois classes des ressources au sein du bloc model.

Figure 20: *Vue 3D des trois classes des ressources au sein du bloc model.*

Figure 21: *Ellipsoïde utilisé dans le cas du gîte de Dondo-Mobi*

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Principaux résultats des sondages réalisés au niveau du prospect de Dondo-Mobi.

Tableau 2 : Paramètres de discrétisation en blocs utilisés à Dondo-Mobi

Tableau 3 : Métal perdu selon les teneurs d'écrêtage

Tableau 4: Tableau des paramètres de l'ellipsoïde de recherche et les conditions de leur acceptation

Tableau 5 : ressources minérales de la zone Dondo-Mobi

I- INTRODUCTION

Les équipes du groupe MANAGEM opèrent au Gabon depuis quelques temps après l'acquisition d'un permis d'exploration dans le district aurifère d'Etéké. Ce dernier constitue une vaste région où le BRGM s'est beaucoup investi entre 1960 et 1991, soit dans le cadre du Syndicat or Etéké qui l'associait avec l'Etat Gabonais et la Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville (COMUF), soit en tant qu'opérateur de l'Inventaire Minier Transgabonais pour le compte du Ministère des Mines du Gabon. Trente ans d'exploration durant lesquels le BRGM a accumulé une grande quantité d'informations, principalement sous la forme de rapports techniques. Une première compilation a été publiée lors de l'édition de la carte au 1/200 000 Mouila (Prian et al., 1991).

Les minéralisations aurifères d'Etéké sont associées aux ceintures de roches vertes qui jalonnent les zones d'écaillage et de chevauchement du substratum archéen. Dondo-Mobi, Dango et Ouala sont les principaux indices primaires ; ils correspondent à des gîtes d'or orogénique, encaissés par des formations basiques à ultrabasiques hydrothermalisées, qualifiées de « listvénites aurifères ». A Dondo-Mobi, l'or est strictement associé aux roches ultrabasiques dolomitisées (listvénites), il est contenu dans deux structures minéralisées. Les plus fortes teneurs coïncident avec des stockwerks à quartz-carbonates développées au sein des listvénites. L'association minéralogique comprend sulfures et/ou quartz, carbonates et or natif, tellurures rares et fréquent mica vert, de type fuchsite, qui traduit la basicité des roches encaissantes.

La présente étude intervient dans le cadre des travaux menés par MANAGEM sur le district d'Etéké. Elle a plus particulièrement pour objectif l'estimation des ressources de la zone de Dondo-Mobi. En effet, les sondages réalisés dans cette zone font état de plusieurs impacts minéralisés. L'analyse des données fournies par ces sondages à l'aide du logiciel Datamine a permis d'une part, d'établir des cartes en plan, des coupes transversales perpendiculaires aux structures minéralisées et leur représentation sous forme de modèles 3D et d'autre part, le calcul des ressources de cette zone aurifère

II- GENERALITES

II-1- Localisation et environnement géographique

Le district aurifère d'Etéké est situé dans le Centre-Sud du Gabon, au niveau du massif montagneux du Chaillu. Le canton d'Etéké fait partie du département de l'Ogoulou (Préfecture Mimongo), il est rattaché à la province de la Ngounié (Figure 1).



Figure 1 : Situation générale de la zone d'étude sur la carte du Gabon.

Depuis Libreville, on accède à Etéké en passant par Lambaréné, Mouila et Yéno sur 530 km dont 500 km de bonnes pistes, praticables en toute saison et les 30 derniers kilomètres de pistes très dégradés et d'utilisation difficile en saison des pluies. La ville de Mouila, située à 100 km d'Etéké, possède un aéroport qui assure 3 à 4 liaisons hebdomadaires avec Libreville.

Cette région, au relief montagneux, se caractérise par un climat équatorial humide avec une saison des pluies d'octobre à mai et une grande saison sèche de juin à septembre. La pluviométrie moyenne est de 2,4 m par an. Le réseau hydrographique est très dense (3 km de rivière par km²). La région est couverte par une forêt primaire fortement dégradée autour des villages et des zones orpaillées.

II-2- Géologie régionale

Les minéralisations aurifères du district d'Etéké sont encaissées dans les métasédiments et les métavolcanites basiques de la ceinture de roches vertes archéenne d'Etéké, plissée et métamorphisée au Paléoprotérozoïque. Elles sont à rattacher à l'orogène éburnéen.

Très schématiquement, les principaux gîtes primaires connus aujourd'hui sont associés aux ceintures de roches vertes qui jalonnent les zones d'écaillage et de chevauchement du substratum archéen (**Figure 2**).

RÉPUBLIQUE GABONAISE
MINISTÈRE DES MINES ET DES HYDROCARBURES
DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES ET DE LA GÉOLOGIE

Carte géologique du Gabon à 1/200 000

MOUILA

-  Domes granito-gneissiques
-  Série métavolcanique et métasédimentaire du pourtour des domes gneissiques
-  Ceinture de roches vertes de Dondo Mobi, Eteke, Maviko, Ouala (Amphibolites et méta-ultrabasites)
-  Série argilo-silto-gréseuse
-  Série d'alternances de pélites noires plissées
-  Pélites noire a beige, souvent ampéliteuses
-  Série gréseuse conglomératique a la base, localement a bancs de dolomie
-  Granitoides tardi-archéens (2800 a 2600 Ma) du massif du Chaillu
-  Granitoide a composition de tendance monzogranitique

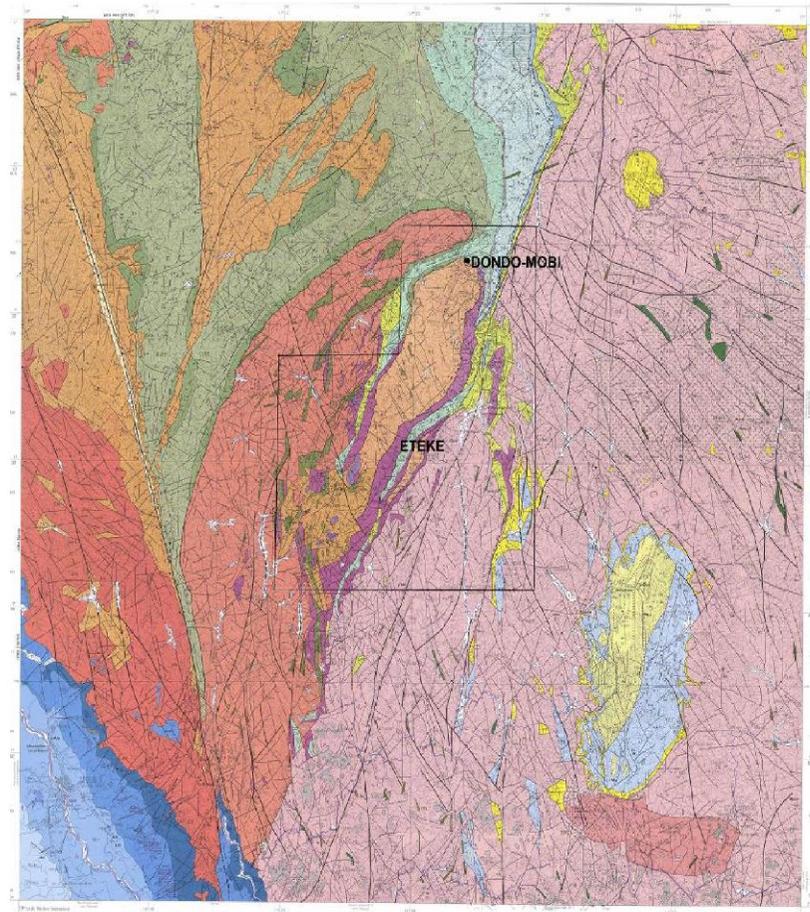


Figure 2 : Localisation du permis MANAGEM et du district aurifère d'Etéké sur la carte géologique de Mouila à l'échelle 1/200 000.

II.3- Géologie locale

Dondo-Mobi est localisé à la terminaison anticlinale du dôme d'orthogneiss de Moukandza, dans une zone où les roches vertes sont fortement poinçonnées et métamorphosées, ces roches vertes sont composées de roches volcaniques basiques à ultrabasiques (komatiites à cumulats et spinifex) et de sédiments. Elles sont affectées par un métamorphisme mésozonal.

L'or est strictement associé aux roches ultrabasiques dolomitisées (listvénites). Les plus fortes teneurs coïncident avec des stockwerks à quartz-carbonates développées au sein des listvénites.

II.4- Historique et principaux travaux réalisés sur Dondo- Mobi

1981-1990 : Exploration dans le cadre du Syndicat or Etéké

En 1981, à la suite de la remontée brutale des cours de l'or, le Syndicat or Etéké a été créé. Il associe l'Etat Gabonais (45%), la COMUF (35%) et le BRGM (20%). Pendant 10 ans, 11 campagnes d'exploration ont été menées. Reconduite annuellement, chaque campagne combinait géochimie sol, sondages à la mototarière, sondages carottés, études structurales, etc. Au total 120 sondages carottés, totalisant plus de 16 000 m, plus de 2 700 mototarières (totalisant près de 20 000 m), 13 000 échantillons de géochimie sol, un nombre incalculable d'analyses pour or ont été réalisés (Tableau 1).

Les recherches se sont focalisées sur une dizaine de prospectes jugés les plus prometteurs tels que Ovala, Dondo-Mobi, Dango, Massima et Mavikou qui ont fait l'objet de travaux tactiques les plus importants. Malheureusement, aucun de ces prospectes n'atteindra véritablement le stade de la préfaisabilité.

Le prospect de Dondo-Mobi est circonscrit à un panneau d'environ 400 m de longueur et 2,8 m d'épaisseur moyenne avec une extension en aval pendage de 150 m, ouvert en profondeur sur des impacts de sondages très intéressantes (Figure 3 et Tableau 1). Un potentiel de 2,3 à 7,2 t d'or est avancé et les ressources en minerai superficiel, oxydé, sont évaluées à 140 kt à 9,3 g/t (1,3 t d'or).

N° Sondage	De	A	Longueur (m)	Teneur Au (g/t) (forte teneur non écrétée)	Teneur Au (g/t) (forte teneur écrétée à 30 g/t)	Type de minerai
CDON02	67.00	74.00	7.00	14.3	8.6	Oxydé
CDON02	114.00	119.00	5.00	19.8	9.5	Non oxydé
CDON03	42.00	44.00	2.00	2.1	2.1	Oxydé
CDON04	14.45	33.00	18.55	12.9	6.4	Oxydé
CDON06	30.00	33.00	3.00	11.4	11.4	Oxydé
CDON08	99.00	102.00	3.00	3.6	3.6	Non oxydé
CDON09	64.00	78.00	14.00	6.9	6.5	Oxydé
CDON09	97.00	121.00	24.00	5.5	5.5	Non oxydé
CDON10	67.00	71.00	4.00	72.2	13.4	Oxydé
CDON11	59.00	73.00	14.00	1.4	1.4	Oxydé
CDON11	104.00	107.00	3.00	16.9	13.9	Non oxydé
CDON12	66.00	68.00	2.00	11.5	11.5	Oxydé
CDON16	136.00	151.00	15.00	1.7	1.7	Non oxydé
CDON17	121.00	126.00	5.00	12.8	11.7	Non oxydé
CDON18	110.00	116.00	6.00	1.1	1.1	Non oxydé
CDON18	135.00	140.00	5.00	1.0	1.0	Non oxydé
CDON19	65.35	67.40	2.05	6.1	6.1	Oxydé
CDON20	113.00	131.00	18.00	5.8	5.1	Non oxydé
CDON21	111.00	113.00	2.00	19.3	17.3	Non oxydé
CDON23	91.00	100.00	9.00	4.8	4.8	Non oxydé
CDON28	129.00	141.00	12.00	22.8	11.2	Non oxydé
CDON29	107.00	109.00	2.00	19.2	16.4	Non oxydé
CDON30	110.00	114.00	4.00	9.7	9.5	Non oxydé
CDON42	73.00	75.00	2.00	18.7	18.7	Non oxydé

Tableau 1 : Principaux résultats des sondages réalisés au niveau du prospect de Dondo-Mobi.

Reference: BRGM/RC-58977-FR – Rapport final

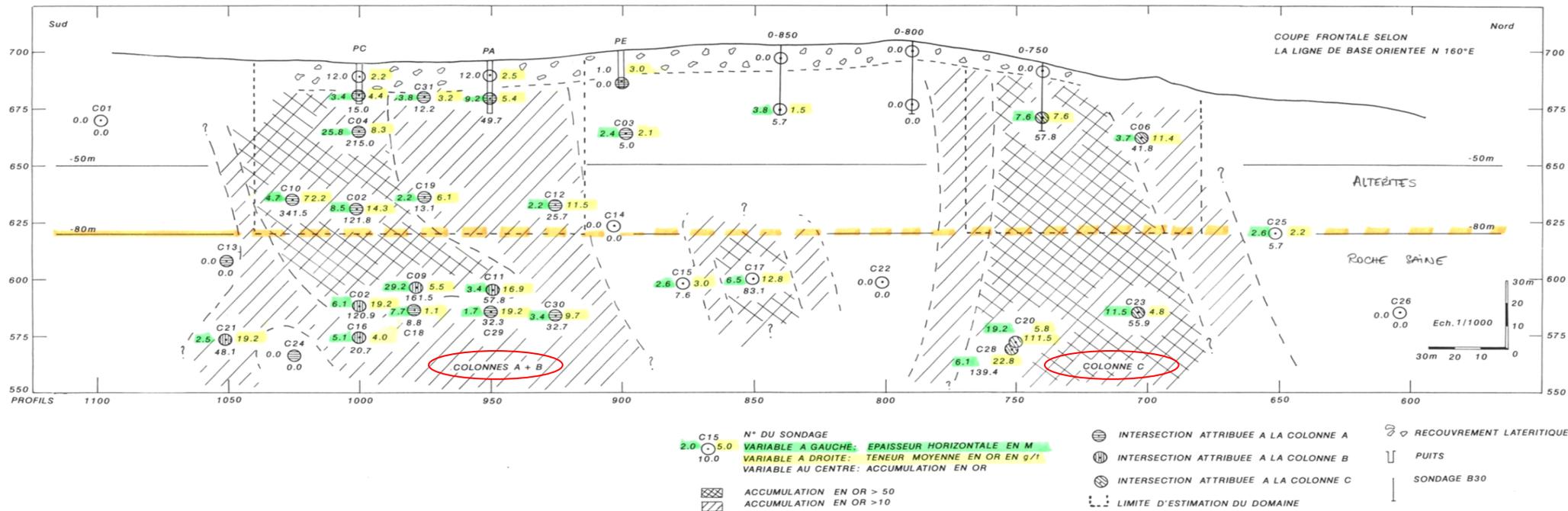


Figure 3 : Projection frontale du panneau minéralisé de Dondo-Mobi (Midot et Loislard, 1991).

Reference: BRGM/RC-58977-FR – Rapport final

1998-2010 : La société Lafayette Mining fait la promotion du patrimoine aurifère d'Etéké

Depuis 1998, les rapports trimestriels de la société Lafayette Mining, aujourd'hui filiale de Voyager Ressources, font état de ressources de qualité « indiquée » et « inférée » sur Dango (1131 kt @ 4,8 g/t Au), Dondo-Mobi (588 kt @ 8,9 g/t Au) et Ovala (147 kt @ 8,6 g/t Au). En décembre 2009, Voyager Ressources renonce à poursuivre son activité au Gabon.

2005-2010 : Projet SYSMIN «Constitution d'une base de données géologiques et minières du Gabon »

Entre 2005 et 2010, le BRGM conduit un projet SYSMIN d'appui au secteur minier gabonais. Ce projet déborde largement le seul district d'Etéké et s'étend à une grande partie du territoire gabonais. Il comporte quatre volets thématiques : la géophysique aéroportée, l'inventaire minier et la prospection stratégique, la cartographie géologique et la valorisation des ressources en minéraux industriels et les matériaux de construction. La géophysique incluait le retraitement des levés de la Compagnie Générale de Géophysique de 1983, près de 345 000 km de levés supplémentaires magnétiques et radiométriques, l'homogénéisation et la synthèse à l'échelle du Gabon de l'ensemble des données.

Pour la région d'Etéké, de nouvelles informations géophysiques sont disponibles. Elles ne sont pas la propriété du BRGM et sont accessibles via la Direction Générale des Mines et de la Géologie du Ministère des Mines (DGMG).

III- LE PROSPECT AURIFERE DE DONDO MOBI

III.1- Situation géographique

Le prospect de Dondo-Mobi est situé à 49 km au NE d'Etéké et à 25 Km au nord de Dango. La piste de Dango à Dondo-Mobi est complètement fermée par les herbes et arbustes. Un débroussaillage et la reconstruction d'au moins trois ponts en bois étaient obligatoires pour pouvoir accéder à Dondo-Mobi.

III.2- Travaux antérieurs

1981 à 1986 : les travaux de prospection ont consisté en des prélèvements de géochimie sol, des sondages mototarières (1981, 1982, 1985 et 1986) et 47 sondages carottés de 1983 à 1986 (figure 6).

La géochimie sol a mis en évidence une structure porteuse, orientée N145° à N160°E, reconnue sur 1700 m d'extension. Les sondages carottés répartis sur toute la longueur de la structure ont permis de mettre en évidence une concentration aurifère limitée à un panneau de 400m d'extension horizontale et correspondant au top de l'anomalie. Le stock d'or reconnu par les sondages a été estimé entre 2,3 et 7,2 t à une teneur de 15 g/t (teneur de coupure égale à 4 g/t).

1990 : Quarante et un sondages mototarières ont été réalisés et ont permis de confirmer que les colonnes B et C sont bien limitées à l'amont par une faille à pendage vers l'ouest. En outre cinq puits (97 m) ont été réalisés sur la colonne A afin de contrôler les accumulations en or dans la tranche 0-20 m.

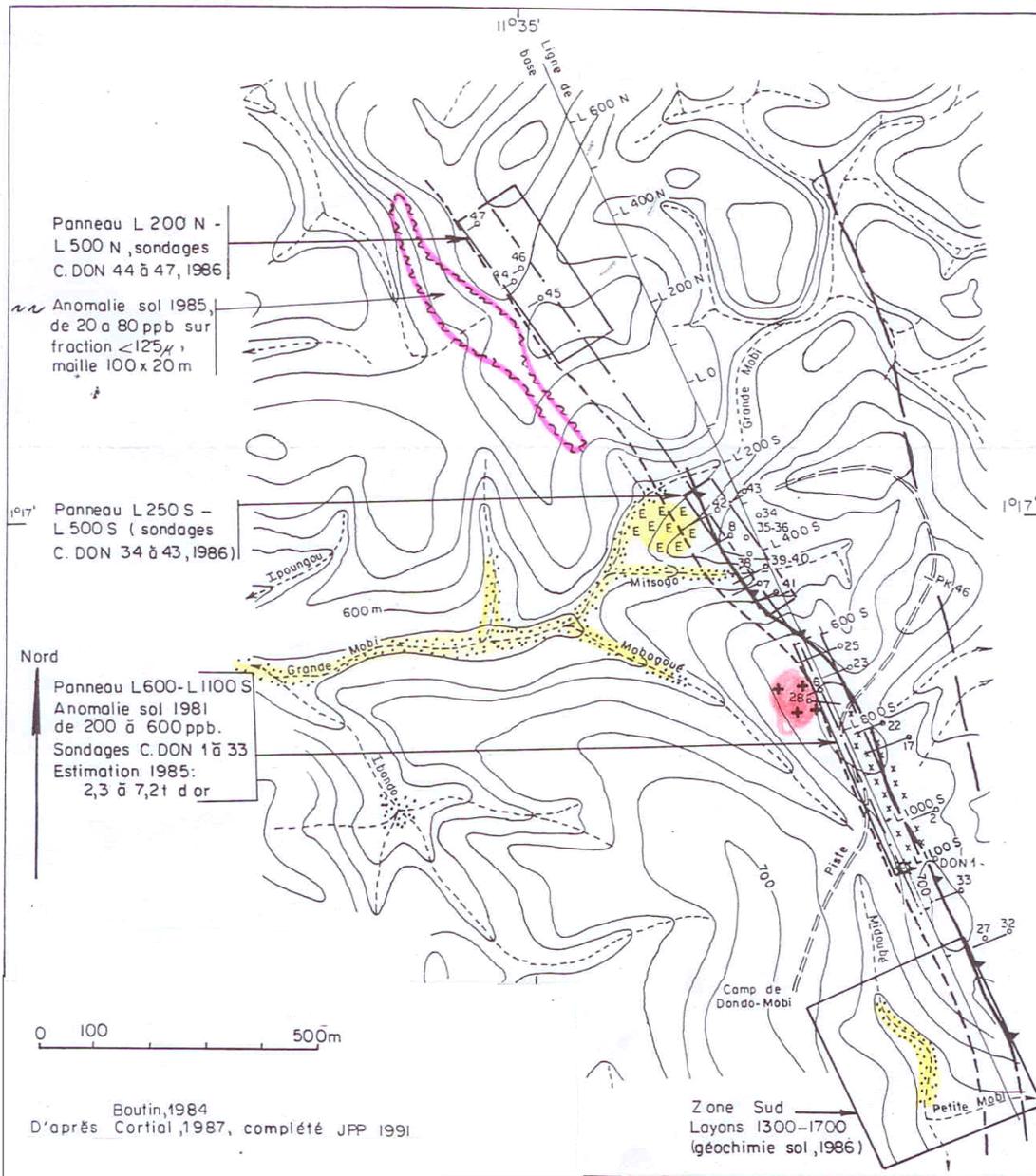
III.3- Aperçu géologique

L'indice minéralisé de **Dondo-Mobi** est localisé au niveau de la terminaison anticlinale du dôme d'orthogneiss de Moukandza, dans une zone où les roches vertes sont fortement poinçonnées et métamorphosées. Il s'agit principalement de roches volcaniques basiques à ultrabasiqes (komatiites à cumulats et spinifex) et de sédiments affectées par un métamorphisme mésozonal. D'un point de vue tectonique, ce gîte se situe dans une zone de discontinuité structurale majeure, fortement hydrothermalisée, séparant la bande des roches vertes francevilliennes de Dondo-Mobi, à l'ouest, des micaschistes à staurotide de la série de l'Ogoué, à l'Est, dans lesquels s'individualisent des bancs de paragneiss micacés.

Les roches vertes comprennent essentiellement des amphibolites et des méta-ultrabasites rétro-morphosées dans les faciès schistes verts.

Les sondages réalisés dans le secteur de Dondo-Mobi ont montré que la minéralisation est essentiellement associée à l'unité de roches vertes. Elle est portée par des fractures d'épaisseurs centimétriques à métriques, à remplissage de quartz saccharoïde contenant parfois des cristaux de tourmaline noire, organisés en gerbes. La paragenèse métallique est constituée d'or natif, de sulfures (pyrite, pyrrotite, molybdénite) et de tellures de bismuth ([Aye et al. 1985](#)). Ces fractures s'organisent en épis dans et aux

épontes de deux lentilles d'amphibolite, dessinant des fuseaux allongés selon la foliation ([Breton et al ; 1985](#)). A l'intérieur de ces lentilles, trois colonnes minéralisées ont été définies (A, B et C). La colonne A a été reconnue par 7 sondages sur 125 m d'extension horizontale et jusqu'à la côte -100 m. Les colonnes B et C ont été reconnues par sondages entre les côtes -90m et -130m. La colonne B a été reconnue par 5 sondages sur 100 m d'extension et la colonne C a été reconnue par 3 sondages sur 100m d'extension. Les colonnes B et C ont semblé être limitées vers l'amont par une faille à pendage ouest.



LÉGENDE

- ☼ Point d'origine des levés des layons (intersection L 1100 S et ligne de base)
- Courbe de niveau (équidistance 20m)
- Localisation des sondages carottés (à compléter avec la figure 25)
- Tracé cartographique de la structure porteuse d'or
- ↗ Contact anormal chevauchant, fortement penté vers le nord-est, entre les micaschistes noirs, à l'est, et le faisceau de roches vertes, à l'ouest.
- ↘ Contact anormal entre le faisceau de roches vertes et les métagranites du dôme de Moukandza
- +++ Sondages n'ayant recoupé que les granites de Dondo-Mobi (C.DON 28, 6 en partie)
- x x x x Zone broyée, ferrugineuse, en surface
- E E Éluvions aurifères exploitées par Orgabon
- Zone d'alluvions aurifères exploitées par Orgabon

Figure 4 : Plan de situation des zones reconnues par sondages carottés dans le prospect de Dondo-Mobi.

Reference: BRGM/RC-58977-FR – Rapport final

La présente étude est principalement basée sur l'analyse de la base de données géologique et géochimique disponible sur la zone minéralisée de Dondo-Mobi. Nous aurions souhaité approfondir l'étude géologique et métallogénique de ce prospect en effectuant, notamment, des observations de lames minces. Cependant aucun échantillon issu de cette zone, que ce soit de la minéralisation ou des roches encaissantes, n'était disponible. Les documents mises à notre disposition font état de l'existence d'or sous forme de grains visibles à l'œil nu, associé à des roches encaissantes de type cornéenne et amphibolite et des structures quartziques (Photo 1, 2 et 3).



Photo 1 : Grains d'or visibles dans un échantillon de cornéenne.



Photo 2 : Amphibolite vert sombre



Photo 3 : Structure quartzique recoupant une cornéenne à amphibole verte

IV- ESTIMATION DES RESSOURCES DU PROSPECT DE DONDO MOBI

L'étape d'estimation des ressources en exploration minière intervient après l'identification de ces ressources par des campagnes de prospection géologique, géochimique ou géophysique qui conduisent à l'implantation de sondages de contrôle des anomalies. Ces travaux de reconnaissance permettent la constitution de bases de données qui englobent toutes les informations disponibles. De nombreux logiciels spécialisés en modélisation géoscientifique permettent d'analyser de telles bases de données et de les visualiser sous forme de modèles en perspective 3D. La modélisation d'objets géologiques en trois dimensions permet d'avoir une vision plus claire de l'environnement géologique étudié. Cependant, la construction de ce type de modèles se heurte à certains problèmes qui découlent de la complexité des données géologiques à savoir :

- Le caractère hétérogène des données qui sont souvent regroupées en secteur, ce qui cause des problèmes de généralisation et de corrélation.
- Elles sont de sources différentes (lithologie ou type de roche, analyses chimiques, teneurs, degré de fracturation, etc.)
- Elles résultent d'observations directes et souvent très ponctuelles.

Par ailleurs, la validité de l'estimation des ressources est étroitement liée à la qualité et des données traitées. Une étape de vérification standardisée devrait obligatoirement précéder la procédure de calcul des ressources. Les contrôles sont effectués selon trois 3 méthodes complémentaires :

- **Standard** : ce contrôle permet la vérification de la précision analytique
- **Double** : concerne la vérification de la constante des résultats
- **Blanc** : les échantillons en blanc serviront à éliminer les possibilités de contamination aux laboratoires

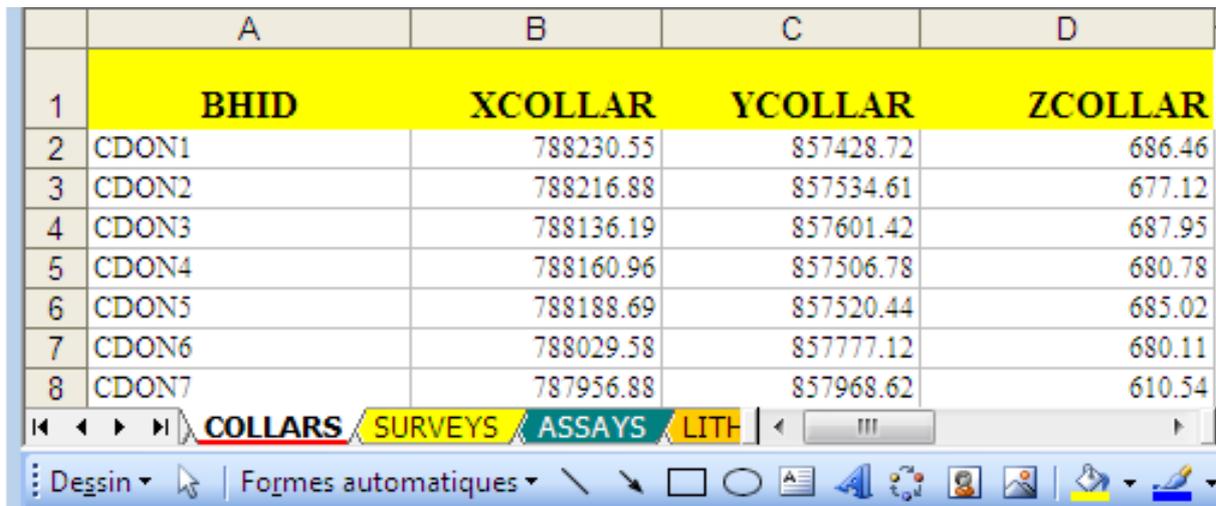
IV.1- Base des données

IV.1.1- Structure de la base des données

La procédure de calcul des ressources commence par une étape importante et indispensable qui correspond à la préparation de la base de données selon un fichier compatible avec le logiciel Datamine, tel que le format Excel. En effet, l'ensemble des données relatives à la localisation des différents sondages, leur déviation, les faciès qu'ils ont recoupé et les résultats des analyses géochimiques réalisées sont introduites dans des feuilles séparées d'un même fichier Excel. Les données de chaque feuille sont disposées selon une organisation précise (Fig. 5 à 8) :

- **Table COLLARS** :

Cette feuille regroupe les informations concernant l'identité des sondages analysés (BHID) ainsi que les coordonnées X, Y et Z de leurs collets.



	A	B	C	D
1	BHID	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
2	CDON1	788230.55	857428.72	686.46
3	CDON2	788216.88	857534.61	677.12
4	CDON3	788136.19	857601.42	687.95
5	CDON4	788160.96	857506.78	680.78
6	CDON5	788188.69	857520.44	685.02
7	CDON6	788029.58	857777.12	680.11
8	CDON7	787956.88	857968.62	610.54

Figure 5 : Feuille « COLLARS » relative à la localisation des collets des sondages.

- **Table SURVEYS** :

Cette feuille contient les informations relatives aux déviations mesurées des sondages, notamment l'azimut, l'inclinaison et la profondeur de mesure.

	A	B	C	D	E
1	BHID	AT	BRG	DIP	DEPTH
2	CDON1	0.00	254.00	60.00	81.05
3	CDON1	10.00	254.00	61.00	81.05
4	CDON1	30.00	254.00	61.00	81.05
5	CDON1	50.00	254.00	61.50	81.05
6	CDON1	76.00	254.00	60.00	81.05
7	CDON2	0.00	250.00	60.00	160.3
8	CDON3	0.00	255.00	60.00	80.05

Figure 6 : Feuille « SURVEYS » renfermant les paramètres de déviations des sondages.

- **Table ASSAYS :**

Dans cette feuille on introduit les analyses géochimiques des échantillons étudiés.

Dans le cas présent, ce sont les valeurs de l'or en ppm qui sont présentées par tranche de profondeur d'un mètre.

	A	B	C	D	E
1	BHID	FROM	TO	LENGTH	Auppm
2	CDON1	0.00	1.00	1.00	0.31
3	CDON1	1.00	2.00	1.00	0.31
4	CDON1	2.00	3.00	1.00	0.23
5	CDON1	3.00	4.00	1.00	0.24
6	CDON1	4.00	5.00	1.00	0.23
7	CDON1	5.00	6.00	1.00	0.19
8	CDON1	10.00	20.00	1.00	0.11

Figure 7 : Feuille « ASSAYS » renfermant les résultats des analyses géochimiques.

- **Table LITHO :**

Cette feuille est consacrée à la saisie des faciès recoupés par les sondages. Pour cela on utilise des codes qu'on définit sous forme d'abréviations de ces faciès et qu'on affecte évidemment à la tranche de profondeur concernée.

	A	B	C	D	E	
1	BHID	FROM	TO	LENGTH	LITHO	DESCRIPTION
2	CDON1	0.00	6.00	6.00	COUV	
3	CDON1	6.00	23.70	17.70	ARG	
4	CDON1	23.70	35.00	11.30	GN	
5	CDON1	35.00	38.00	3.00	MC	
6	CDON1	38.00	40.50	2.50	GN	
7	CDON1	40.50	48.50	8.00	MC	
8	CDON1	48.50	73.50	25.00	GN	
9	CDON1	73.50	81.05	7.55	GRAN	

Figure 8 : Feuille « LITHO » relative à l'identification des faciès.

IV.1.2- Importation des données dans le logiciel Datamine

Une fois la base de données est prête et convenablement mise en forme, on peut l'importer dans le logiciel Datamine qui permet immédiatement la visualisation graphique de l'ensemble des données introduite. La figure 9a présente un exemple de représentation montrant la projection en plan des collets et des traces de l'ensemble des sondages. La figure 9b qui correspond à un agrandissement de la 9a montre que les teneur en or sont également représentées sur cette carte.

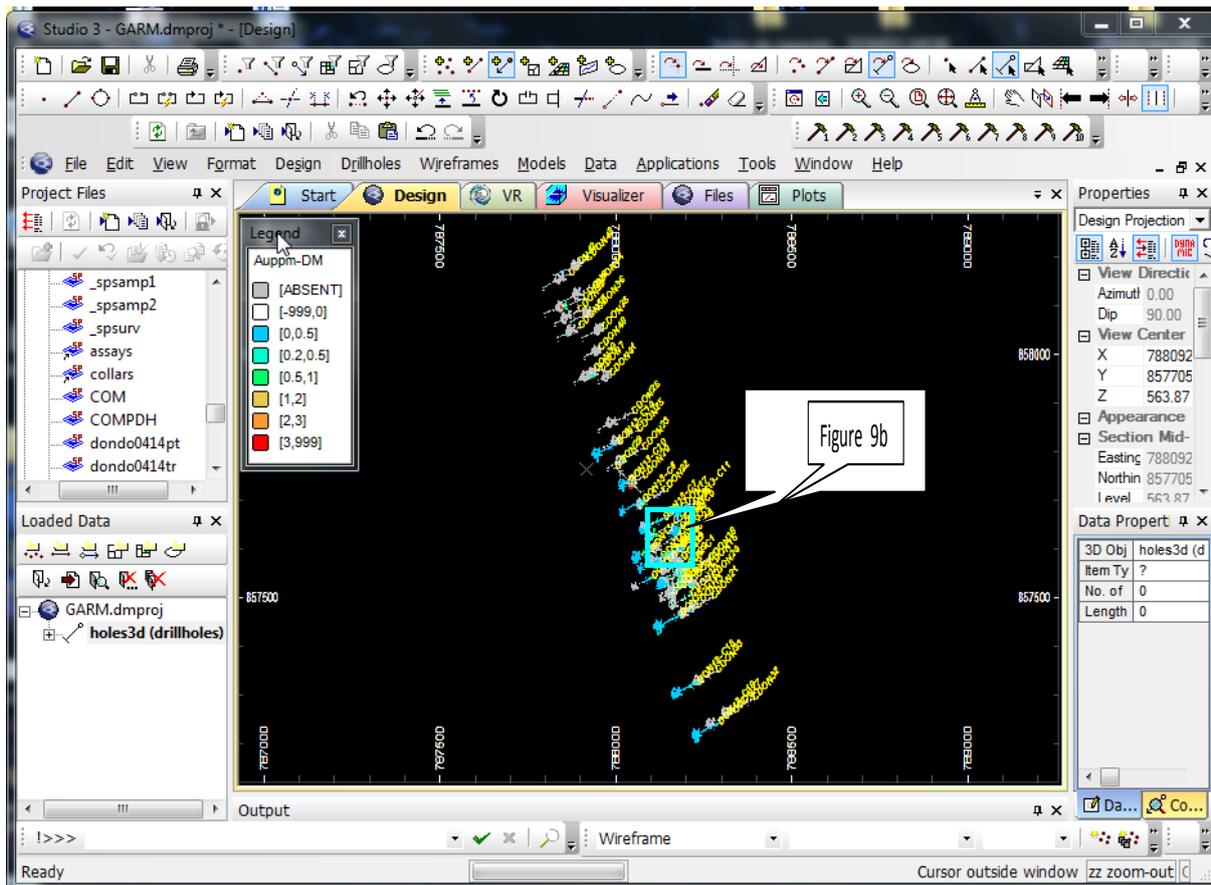


Figure 9a : Projection en plan des sondages du prospect de Dondo-Mobi

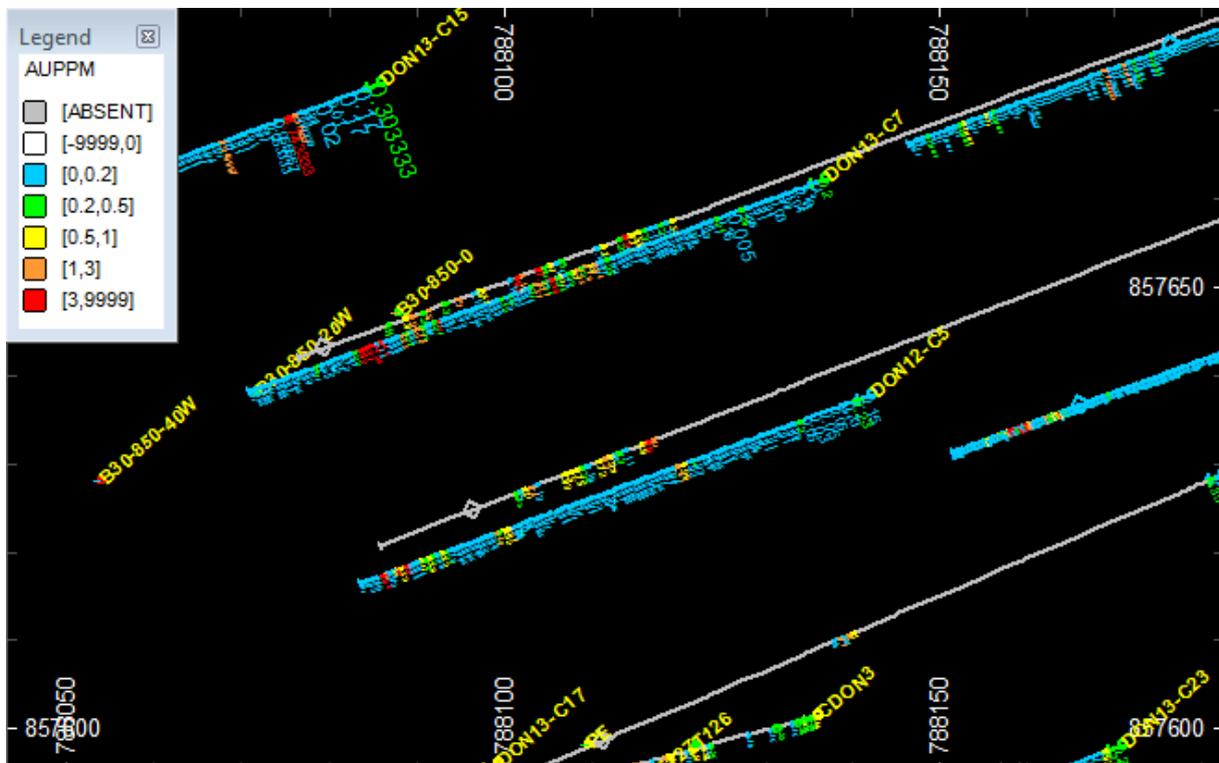


Figure 9b : Détail de la figure 9a montrant la représentation de la teneur en or le long des traces de sondages.

IV.1-3- Définition des sections transversales

Les sections transversales sont des coupes verticales perpendiculaires au corps minéralisé. L'élaboration d'un modèle en trois dimensions de ce corps passe nécessairement par la définition de ces sections qui serviront de plans de coupes sériées sur lesquels sont effectués les interprétations 2D de la minéralisation. L'espacement entre ces sections est dicté par la maille des forages qui est de 25m localement et de 50m en général. La portée latérale d'une coupe transversale est donnée par le paramètre « clipping » qui correspond à la moitié de la distance entre deux coupes transversales adjacentes, soit 12.5m.

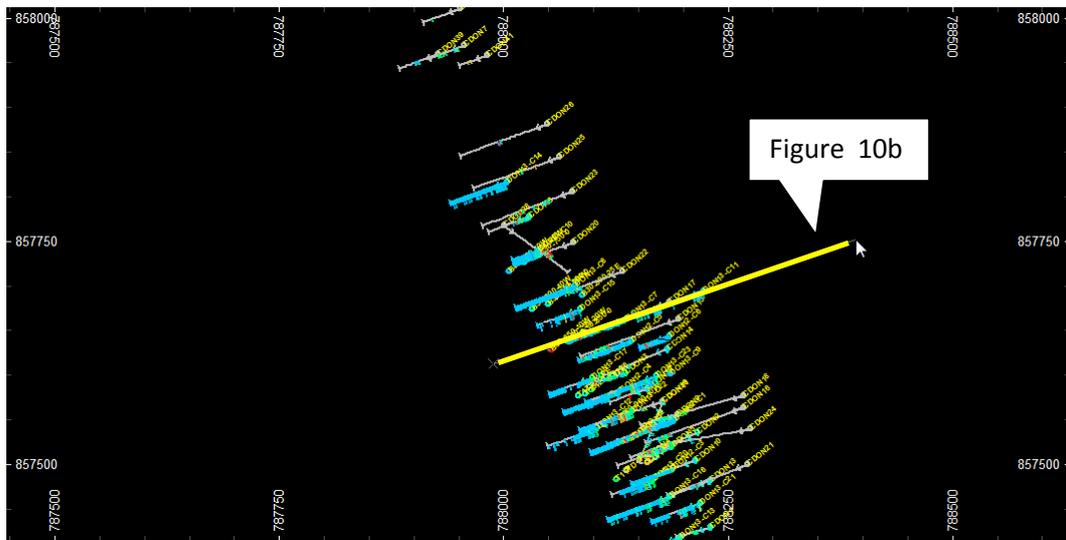


Figure 10a : Localisation de la section transversale de la figure 10b

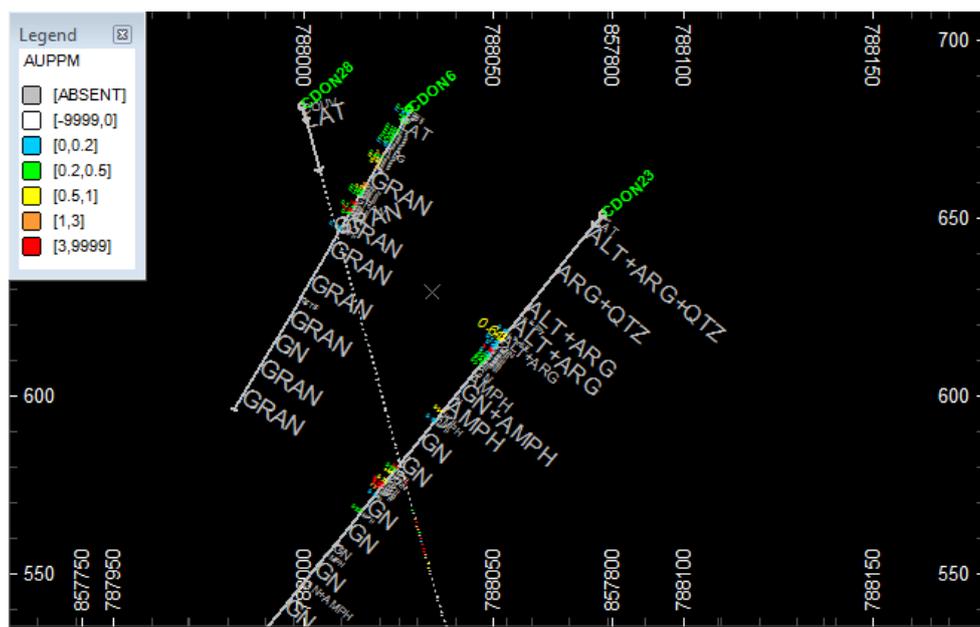


Figure 10b : Exemple de section transversale définie par Datamine à travers la zone minéralisée de Dondo-Mobi

IV.2- Interprétation des données

Une fois les sections transversales définies, elles sont affichées une par une afin d'y reporter les limites du corps minéralisé. Ces limites sont interprétées par l'opérateur par corrélation des passes minéralisées d'un sondage à l'autre en se basant sur une teneur de coupure. Dans le cas du prospect de Dondo-Modi, une teneur de 0.2 g/t d'or a été fixée comme limite entre la minéralisation susceptible de faire l'objet d'exploitation et son encaissant représenté par les faciès d'amphibolite et de cornéenne. Les impacts minéralisées analysées sur les différentes sections font état de l'existence de deux structures aurifères (Fig. 11).

L'interpolation des limites interprétées à travers l'ensemble des sections verticales permet de calculer des modèles 3D des deux corps minéralisés qui sont illustrés sur la figure 12 sous forme d'une représentation de type « wireframe ».

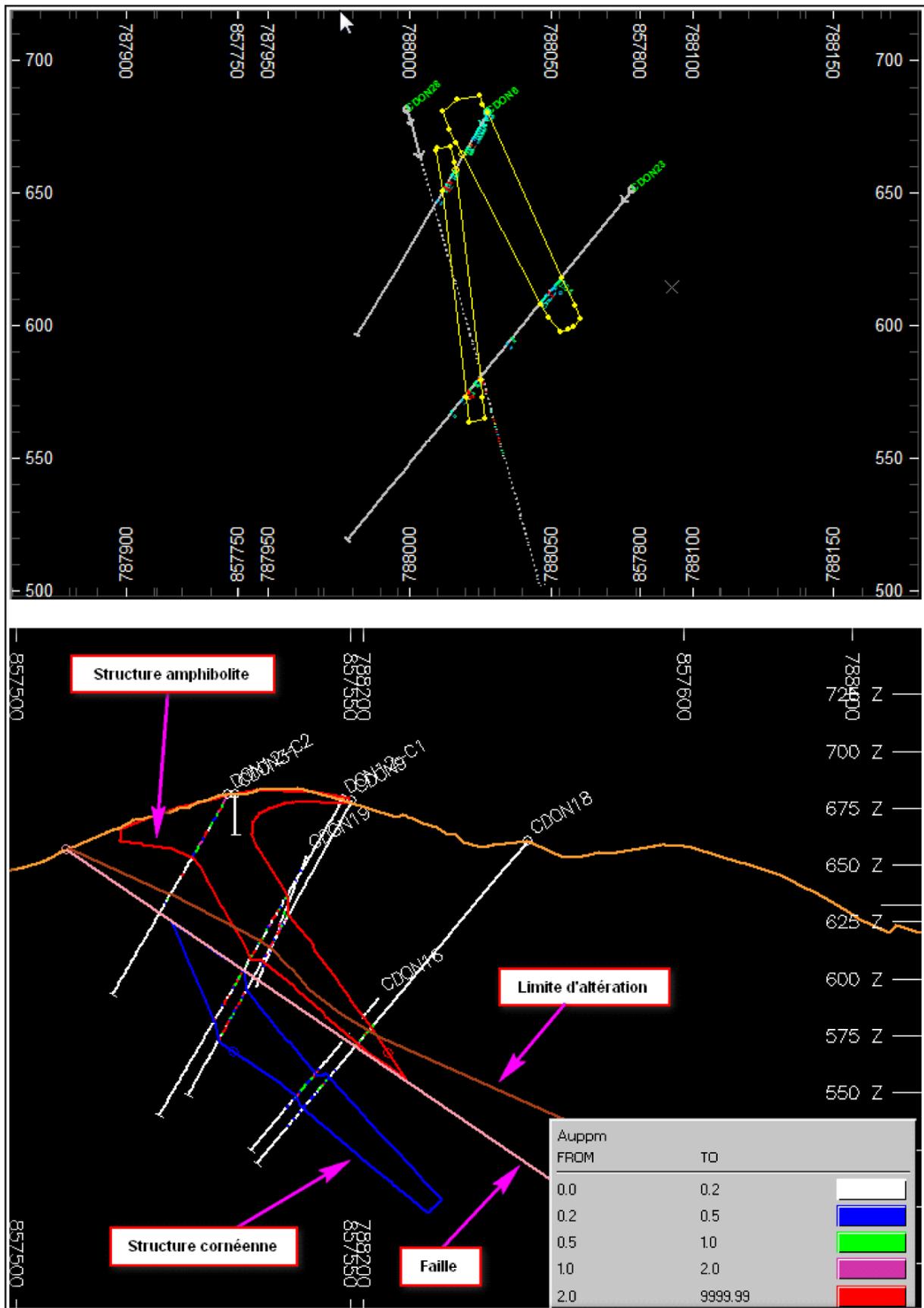


Figure 11 : Coupes transversales montrant les enveloppes interprétées des corps minéralisés de Dondo-Mobi

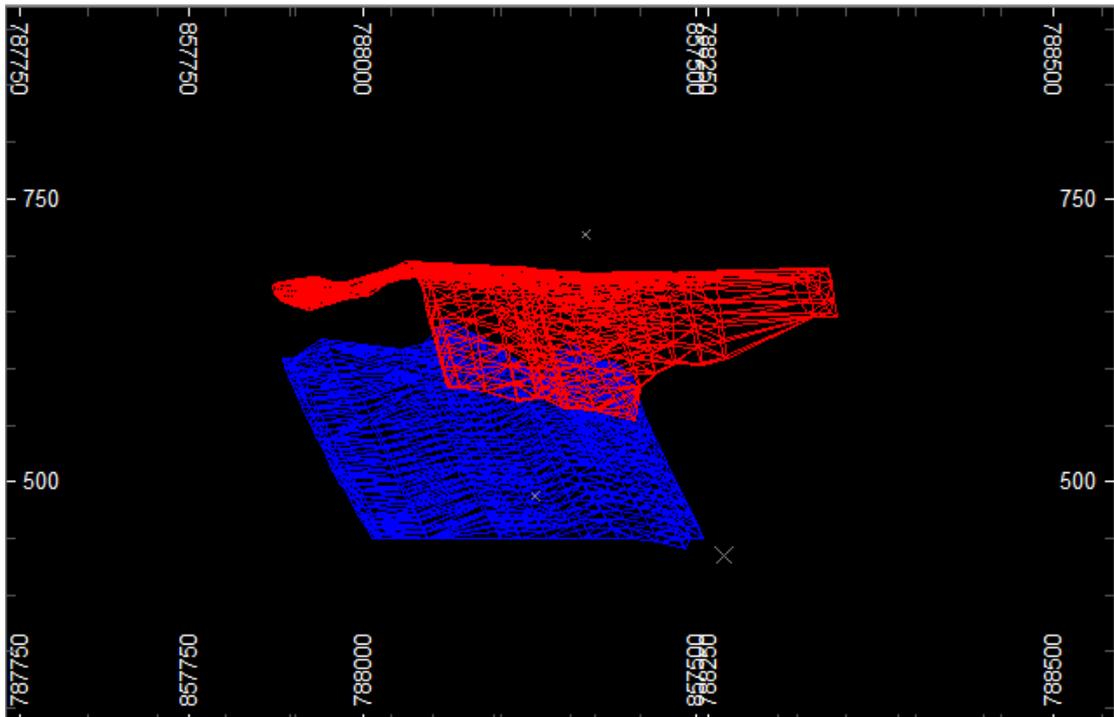


Figure 12 : Représentation en perspective de type « wireframe » des deux structures aurifères de Dondo-Mobi

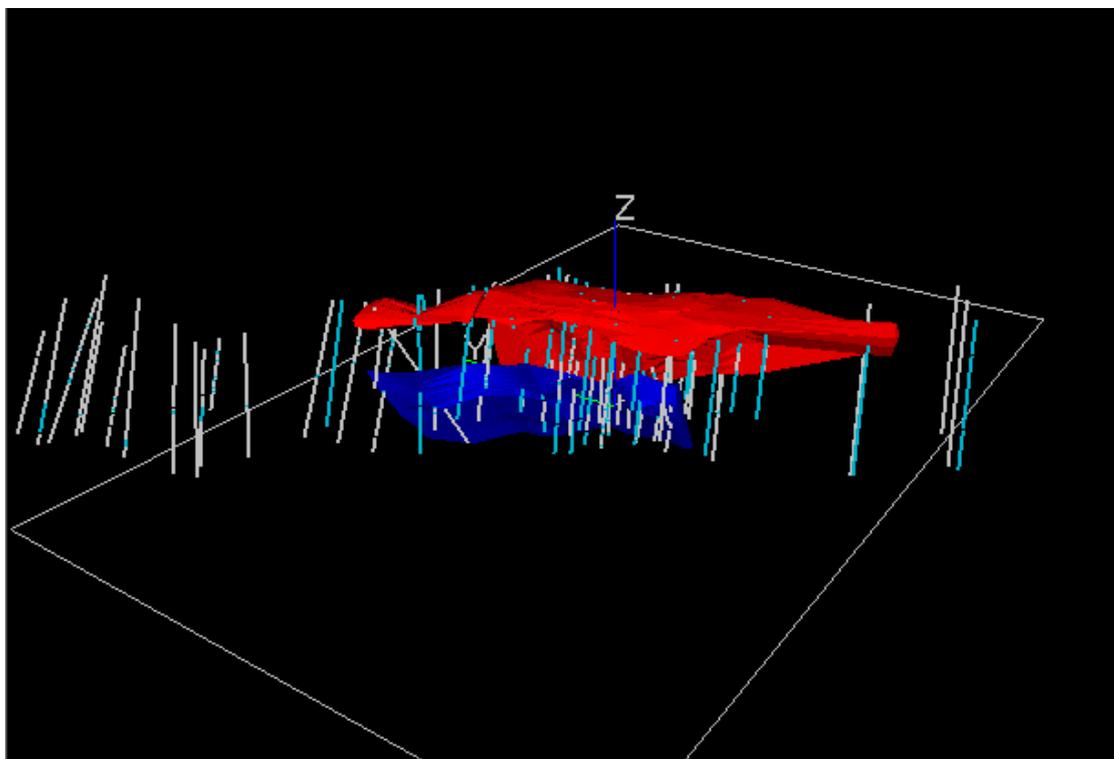


Figure 13: Représentation en solides-3D des deux structures aurifères de Dondo-Mobi

Ainsi, au terme de cette étude, on peut retenir que l'analyse de l'importante base de données relative au prospect aurifère de Dondo-Mobi et les modélisations effectuées à l'aide du logiciel Datamine révèlent l'existence au niveau de ce prospect de deux structures minéralisées :

- La première est encaissée dans un faciès d'amphibolite, elle s'étend sur une longueur 500 m en direction N330 avec un pendage de 65° vers l'Est. Son épaisseur varie de 2 à 14 mètres et son extension verticale est de l'ordre de 120 m
- La seconde est associée à un faciès de cornéenne, elle a une direction globale N334° et un pendage plus faible que la première (45°E).

IV.3- Création du model prototype

On commence par créer un tableau Excel rassemblant toutes les informations nécessaires à la création d'un « protom ». Pour cela, on exécute le processus « STATS » qui fournit les statistiques du modèle 3D préalablement représenté en « wireframe ». Ce dernier est ensuite comblé de blocs dont la taille est définie à l'aide du processus « PROTOM » (Fig. 14). Cette taille dépend essentiellement de la distance entre les coupes de sondages, de la taille du gradin d'exploitation, de la forme des structures minéralisées, du pendage de ces structures ainsi que la géométrie des corps minéralisés.

		coordonées origine	Max-Min	taille des blocs	nombres de blocs dans toute direction
X MAX	788288.1250	788488.1250			
XMIN	787981.5000	787781.00	707.125	10	70.7125
Y MAX	857825.5625	858625.5625			
Y MIN	857295.5625	857095	1530.5625	10	153.05625
Z MAX	693.1400	893.1400			
Z MIN	440.4337	240	653.14	2.5	261.256

Tableau 2 : Paramètres de discrétisation en blocs utilisés à Dondo-Mobi

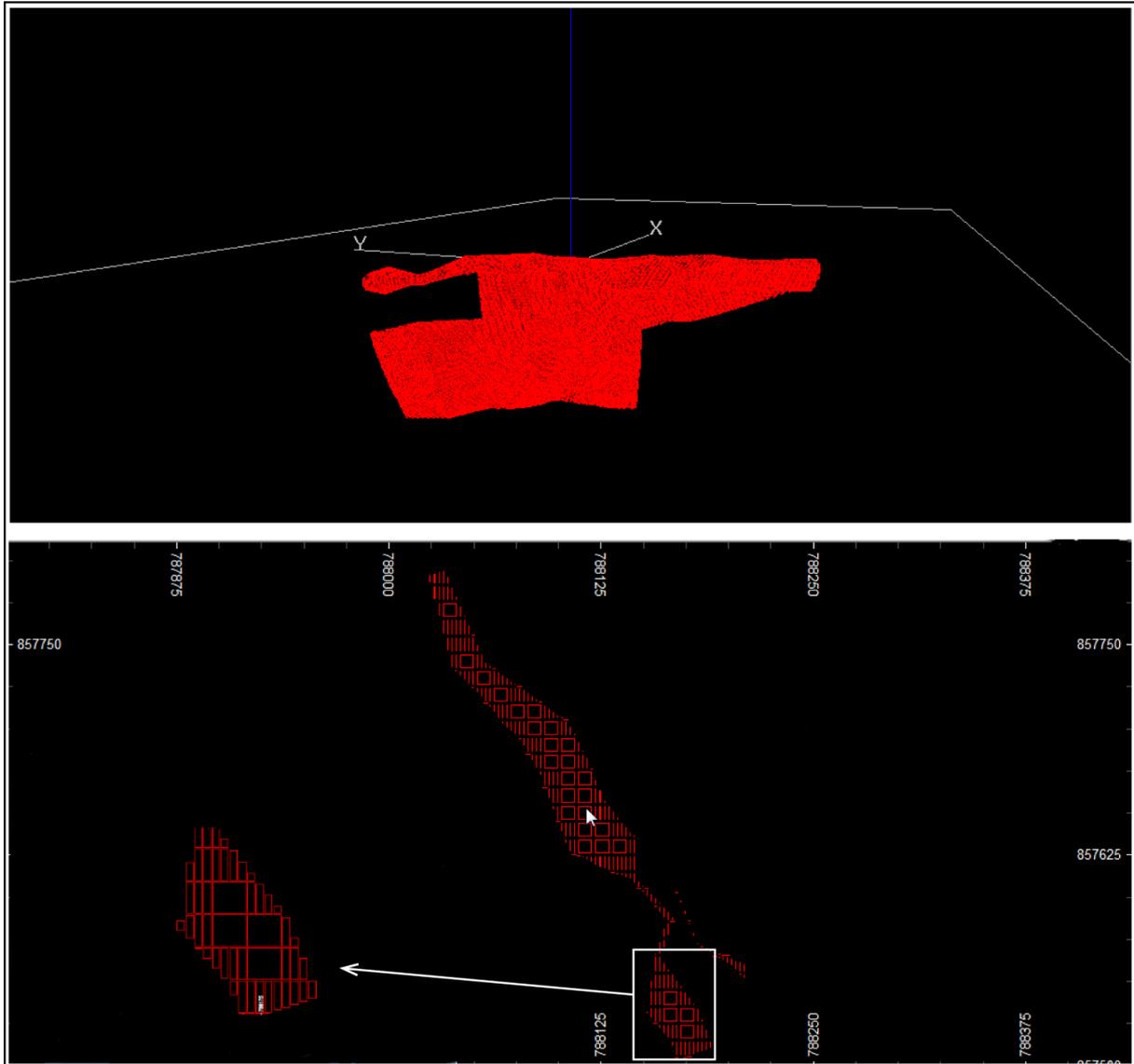


Figure 14 : Bloc model da la zone de Dondo -mobi

IV.4- Analyse géostatistique

Création du composite à l'intérieur du Wireframe

On a utilisé le processus « SELWF » pour sélectionner les échantillons à l'intérieur du Wireframe. Ces échantillons sont appelés des échantillons bruts originaux avec des longueurs d'échantillonnage géologique puis on a exporté le fichier Datamine vers Excel sous format 'CSV', grâce au processus « OUTPUT », après avoir pris le paramètre sur lequel on se base pour tracer l'histogramme, on enregistre notre fichier sous format adaptable au Géostat ('PRN' : séparateur, espace).

Le traitement du fichier exporté, qui contient les échantillons sélectionnés à l'intérieur du wireframe, par le logiciel « Géostat » permet de déterminer la valeur de la plus grande fréquence relative des longueurs. Cette valeur sert à la régularisation de la longueur des composites moyennant la réalisation d'un **histogramme de longueur (Fig. 15)** et d'une **courbe cumulative de la teneur de l'or (Fig. 16)**.

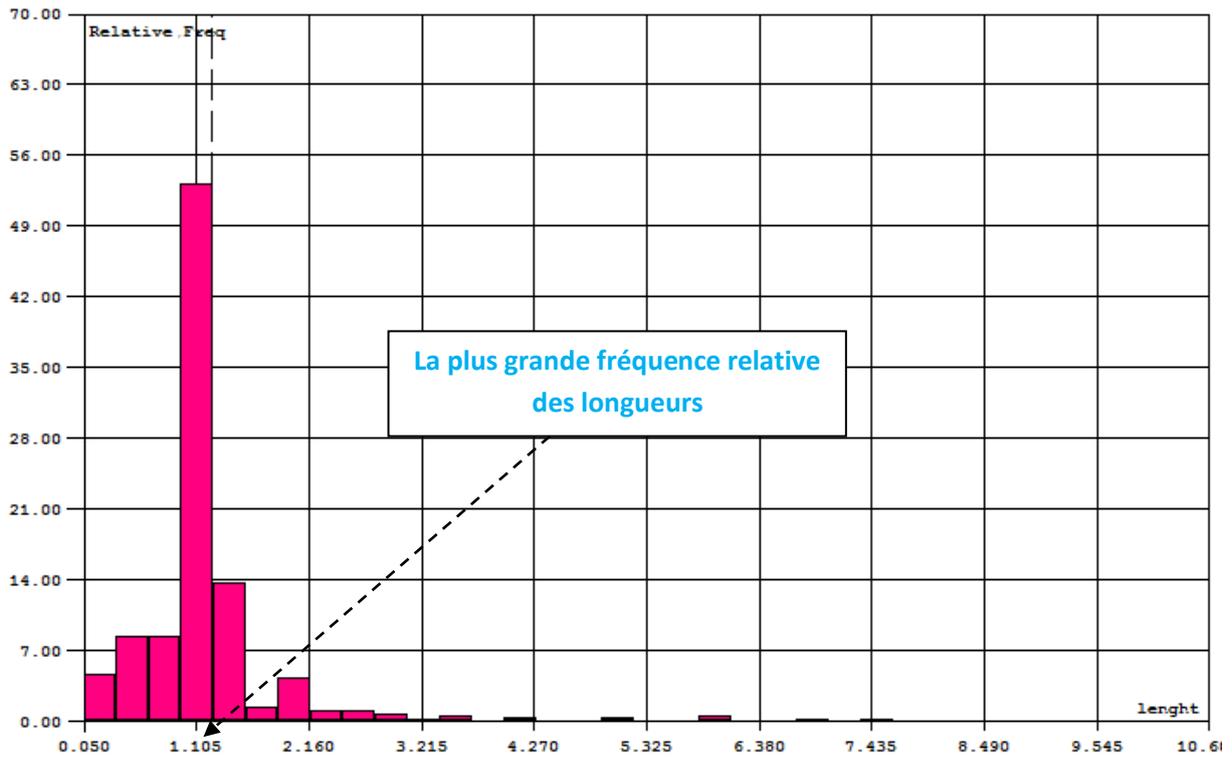


Figure 15 : statistiques des longueurs d'échantillonnage originale

- **Ecrêtage :**

La teneur d'écrtage se détermine à partir des teneurs des échantillons brutes originaux. Elle sert à éliminer l'effet de pépite causé par des valeurs hautes et donc pour assurer une meilleure estimation de la teneur moyenne du gisement .

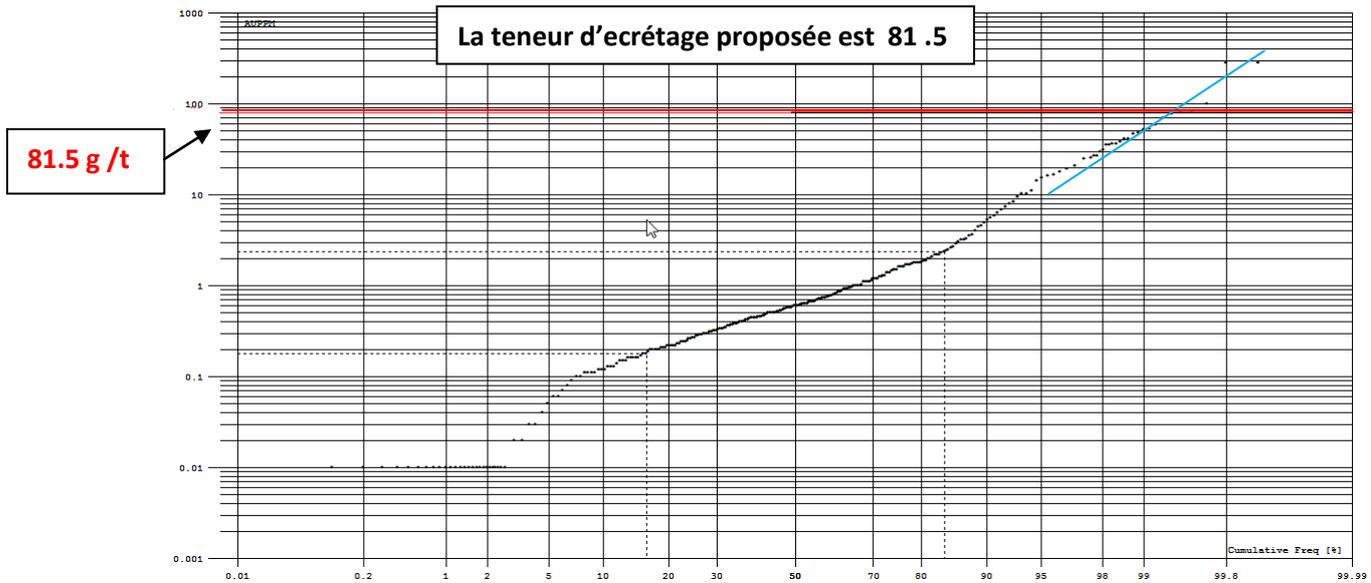


Figure 16 : Courbe des fréquences cumulées des échantillons bruts.

L'analyse de cette courbe permet de noter une variation brusque de la pente au niveau de la valeur 81.5 g/t qui représente le plafonnement ou « capping ». On note aussi une dispersion des échantillons ayant une valeur supérieure à celle du capping, ces échantillons une perte du métal de 9 % dont l'estimation est présentée dans le tableau suivant :

LENGTH	Auppm	metal initial	Auppm 81.5	metal 81.5
0.63	0.01	0.00	0.01	0.00
1.75	0.01	0.01	0.01	0.01
1.00	0.01	0.01	0.01	0.01
.
.
.
.
.
1.00	77.78	77.78	77.78	77.78
0.50	81.50	40.75	81.50	40.75
0.50	81.50	40.75	81.50	40.75
1.00	99.00	99.00	81.50	81.50
0.95	285.00	270.75	81.50	77.42
0.05	285.00	14.25	81.50	4.08
0.35	293.00	102.55	81.50	28.53
Total		2981		2686
Métal perdu		295.03	→	-9.98 %

Tableau 3 : Métal perdu selon la teneur d'écrtage

Avec : **Métal initial** = **Auppm (initial) * Length**

Métal 81.5 (métal écrété) = **Auppm 81.5 * Length**

Métal perdu = **Métal initial – Métal 81.5**

On procède ensuite à la régularisation des longueurs des échantillons brutes à l'aide du module « COMPDH », ce qui revient à transformer les longueurs en même taille : Composites. Le choix de la taille des composites est déterminé à travers les fréquences relatives des longueurs des échantillons, la valeur retenue correspond à la plus grande fréquence relative qui vaut dans le cas présent environ un mètre (Fig. 15).

IV.5- Estimation de la teneur et du tonnage :

IV.5.1- Interpolation :

a- Définition :

L'interpolation sur Datamine se fait à travers des ellipsoïdes de recherche matérialisés par les rayons définis selon les trois directions X, Y, et Z. Elle peut être exécutée en choisissant l'une des trois méthodes suivantes :

- **Méthode « NN »** : c'est une technique d'interpolation très anciennes qui n'est plus utilisé actuellement car elle fournit des résultats moins fiables.
- **Méthode « IPD2 »** (l'inverse au carré des distances) : c'est la plus connue, elle utilise des ellipsoïdes de recherche dont les rayons sont déterminés par la géométrie de la localisation des forages (maille du sondage).
- **Méthode de variogramme** : correspond à la technique de krigeage c'est une méthode d'estimation garantissant le minimum de variance. Elle réalise l'interpolation spatiale d'une variable régionalisée par calcul de l'espérance mathématique d'une variable aléatoire,. C'est le meilleur estimateur linéaire car Il tient compte non seulement de la distance entre les données et le point d'estimation, mais également des distances entre les données deux à deux.

b- Application sur Datamine :

- **Méthode « IPD2 »** :

A l'aide du module « ESTIMATE » on a crée un fichier qui rassemble les composites et le model et qui contient plusieurs informations tel que :

Les rayons de recherche :

- La distance moyenne de recherche selon X : c'est la puissance de la structure minéralisée et donc la distance entre deux sondages en coupe.
- La distance moyenne de recherche selon Y : elle correspond à l'allongement de la structure minéralisée donc c'est la distance entre deux CT.
- La distance maximale de recherche selon Z : distance entre deux sondages le long d'un profil de sondage.

La taille et la direction des ellipsoïdes :

La recherche des composites voisins du même solide autour d'un bloc ou d'un sous bloc à interpoler se fait par l'intermédiaire de trois ellipsoïdes emboîtés dont l'orientation et les rayons sont dictés par celle du plan moyen des structures.

Les tailles des ellipsoïdes utilisés dans l'estimation des ressources de la zone Dondo-Mobi sont résumées sur le tableau suivant :

	Grand axe (GA)	(MA)	(PA)	Angle (GA)	Angle (MA)	Angle (PA)	Nbr min comp	Nbr max comp	Nbr d'écha max par sondage
Ellip 1	55	25	70	0	-35	0	5	20	2
Ellip 2	110	50	140	0	-35	0	3	20	2
Ellip 3	550	250	700	0	-35	0	1	20	2

Tableau 4: Tableau des paramètres de l'ellipsoïde de recherche et les conditions de leur acceptation

Ensuite, après avoir spécifié la méthode d'interpolation (IPD2 dans notre cas), puis défini les conditions qui servent à la classification des ressources (SVOL), nous avons lancé le calcul des ressources. Les résultats de ce calcul sont présentés sur la figure 17 qui montre un modèle en plan avec la répartition spatiale des différentes teneur en or.

Catégorisation des blocs de ressources :

La catégorisation de blocs se fait par les trois ellipsoïdes de recherche en respectant leurs conditions d'acceptation, ce blocs sont répartie en trois catégories ;

- La 1ère catégorie est constituée par les blocs qui sont interpolé avec les conditions de recherche du 1er ellipsoïde ;
- La 2ème catégorie regroupe les blocs interpolés avec les conditions de recherche du 2ème ellipsoïde ;
- La 3ème catégorie englobe les blocs qui sont interpolés avec les conditions de recherche du 3ème ellipsoïde.

La classification des ressources est définie comme suite :

Ressources mesurée (1ère catégorie) : Une ressource minérale « mesurée » est la portion d'un gisement dont la masse (tonnage), la forme, les limites et les teneurs/qualité sont connues Par des levés et une maille d'échantillonnage serrée par rapport aux dimensions du gisement. La maille des sondages et l'échantillonnage minier mesurent la continuité en 3D, permettant l'estimation globale avec une faible marge d'erreur et l'estimation locale, avec une marge d'erreur acceptable pour de blocs d'estimation restreints

Ressources indiquée (2ème catégorie) : Une ressource minérale « indiquée » est la portion d'un gisement dont la masse (tonnage), la forme, les limites et les teneurs/qualité sont connues par des levés et une maille d'échantillonnage large. En pratique, la continuité n'est mesurée que dans l'axe des échantillonnages. En conséquence, l'estimation globale peut être entachée d'une marge d'erreur relativement importante et l'estimation locale (blocs d'estimation restreints) est, la plupart du temps, affectée d'une marge d'erreur excessive

Ressources inférée (3ème catégorie) : Les ressources minérales inférées constituent la partie des ressources minérale dont on peut estimer la quantité et la teneur ou la qualité sur la base de preuves géologiques et d'un échantillonnage restreint et dont on peut raisonnablement présumer, sans toutefois la vérifier, de la continuité la géologie et des teneurs. L'estimation est fondée sur des renseignements et un échantillonnage restreints, recueillis à l'aide de techniques appropriées à partir d'emplacements tels des affleurements, des tranchées, des puits, des chantiers et des sondages. Cette catégorie de ressources ne peut être soumise à aucune étude économique

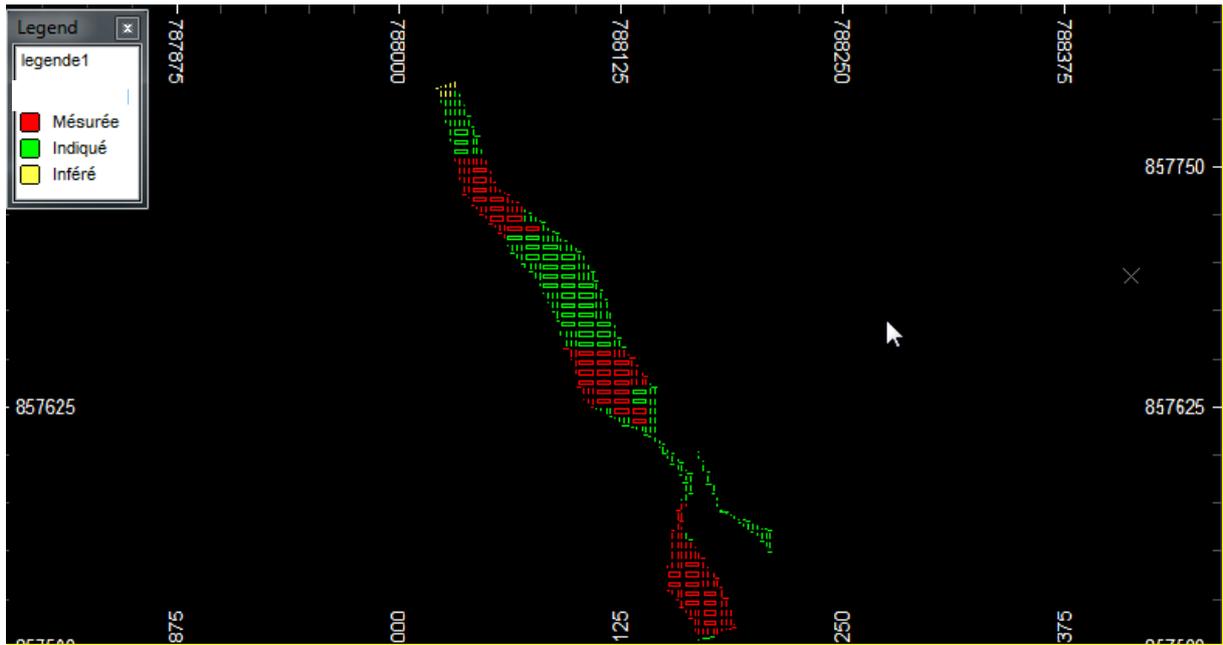


Figure 19 : Vue en plan des trois classes des ressources au sein du bloc model.

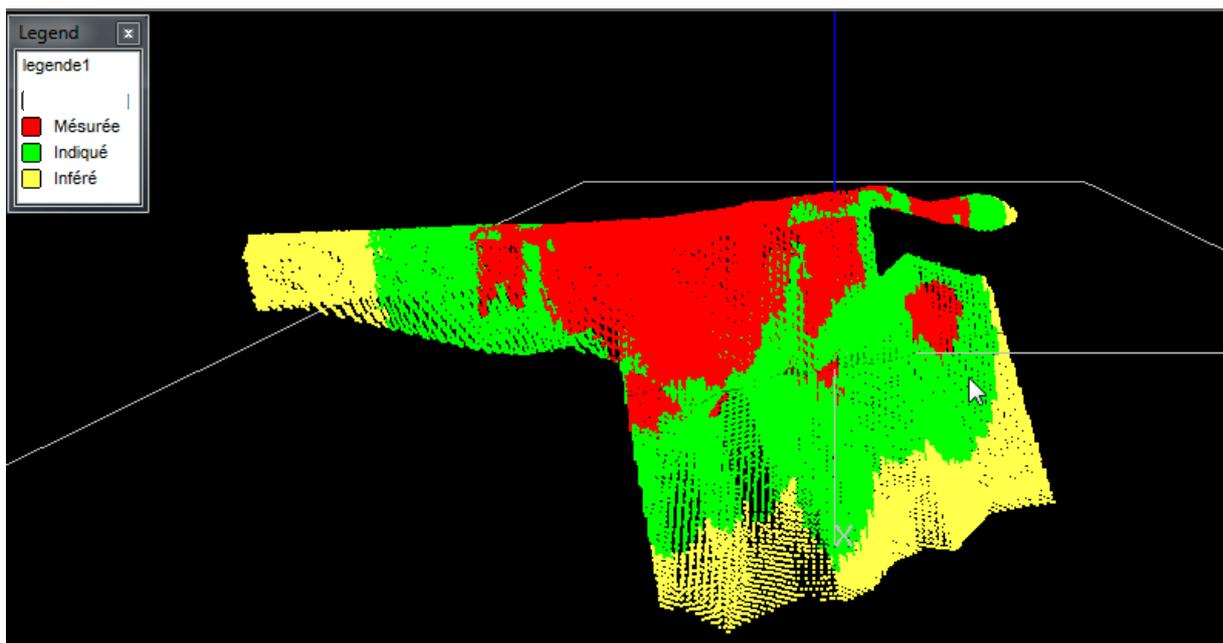


Figure 20: Vue 3D des trois classes des ressources au sein du bloc model.

Création de l'ellipsoïde

La création de l'ellipsoïde est effectuée à l'aide du module « **ELLIPSE** » qui tient compte des coordonnées du centre modèle 3D du corps minéralisé et de l'orientation des structures.

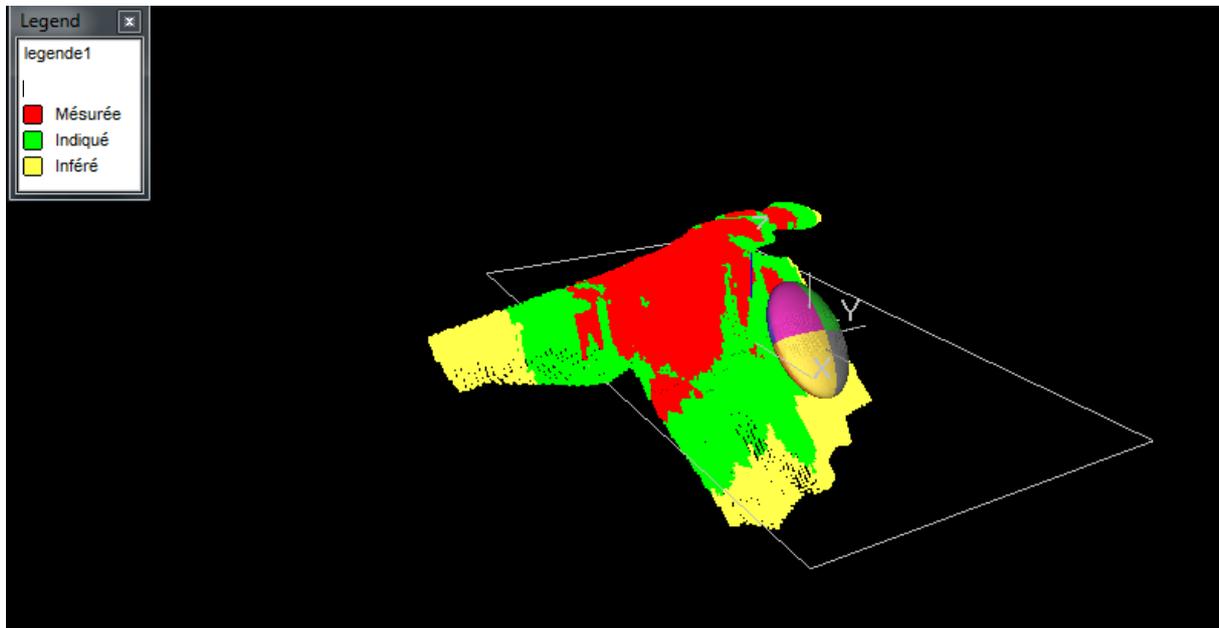


Figure 21: Ellipsoïde utilisé dans le cas du gîte de Dondo-Mobi

Tonnages des ressources

Le tonnage estimé des ressources aurifères de la zone de Dondo-Mobi est présenté dans le tableau suivant :

	Tonnage (t)	Teneur (g/t)	métal (g)
Mesurée	926 816	2.15	1 932 657
Indiquée	863 715	3.63	2 740 338
Inférée	85 455	5.81	502 015
Total	1 875 986	3.86	5 175 010

Tableau 5 : ressources géologique de la zone Dondo-Mobi

Sachant que :

- **Tonnage** = Densité * Volume
- **Métal** = Teneur * Tonnage

Le tableau ci-dessus présent un total de tonnage de 1 875 986 t avec une teneur moyenne de 3.86 g /t et total de métal de 5 175 010 g. La lecture du tableau permet de conclure que la catégorie la plus fréquente est celle du indiquée avec un métal de 1 932 657 g suivie par la catégorie mesurée avec un métal de 2 740 338 g et en fin l'inférée avec un faible métal de 502 015 g .

V- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Au Gabon, le district d'Etéké est connu par ses nombreux gîtes aurifères : Dondo-Mobi, Dango, Ovala, etc., qui ont fait l'objet de nombreux travaux d'exploration menés notamment par le BRGM. Depuis quelques années le groupe MANAGEM s'est intéressé à cette vaste province où elle détient un permis d'exploration. La compilation par le BRGM des anciens travaux a permis de définir quelques zones d'intérêt qui font actuellement l'objet de travaux d'exploration par les équipes de MANAGEM.

La présente étude porte sur l'un de ces gîtes, en l'occurrence, celui de Dondo-Mobi, situé à une cinquantaine de kilomètres au Nord-Est d'Etéké. On s'est particulièrement intéressé à l'importante base de données géologique et géochimique disponible grâce aux nombreux forages réalisés à Dondo-Mobi. L'analyse de ces données à l'aide du logiciel Datamine a permis leur visualisation sous forme d'un modèle en perspective 3D qui fait état de l'existence de deux corps aurifères définis sur la base d'une teneur de coupure de 0.2 g/t.

A l'aide de ce même logiciel, nous avons pu réaliser une estimation des ressources des différentes catégories de ressources de Dondo-Mobi. Celles-ci s'élèvent à **1 932 657 g à 1.64 g/t** (mesurées), **2 740 338 g à 4.35 g/t** (indiquées) et **502 015 g à 7.03 g/t** (inférées).

Ces résultats témoignent d'un potentiel assez important en minéralisation aurifère de la zone de Dondo-Mobi. Considérée dans le cadre plus général du district d'Etéké, cette zone offre des perspectives de développement très prometteuses. Nous recommandons la poursuite du programme d'exploration sur ce site moyennant la réalisation de travaux géophysiques et la mise en œuvre davantage de travaux de sondages, dans l'objectif d'augmenter le volume de ressources en or.

Signalons enfin que le sujet abordé dans le cadre de ce stage de fin d'étude a été pour nous une précieuse occasion pour mettre en pratique nos connaissances théoriques. Il nous a surtout offert l'opportunité d'apprendre à se servir d'un important outil informatique d'exploration minière, à savoir le logiciel Datamine. Ayant pris connaissance de l'utilité de ce logiciel, nous comptons nous perfectionner davantage dans son utilisation afin d'en découvrir les différents modules et utilités en exploration.

Bibliographie

- Aye F.** (1985) : Contribution à l'étude du gîte d'or de Dondo-Mobi (district d'Etéké, Gabon). Rapport (BRGM) 14 p.
- Boutin P., Kassa Mombo C.** (1986) : Géologie et prospection pour or sur le permis Etéké (Gabon). Campagne de sondages 1984-1985. Rapport (BRGM), 99 p.
- Breton J.P., Ledru P.** (1985) : Interprétation structurale du prospect de Dondo-Mobi (Etéké-Gabon). Rapport (BRGM), 18 p.
- Midot D., Loislard M.** (1991) : Géologie et prospection pour or sur le permis Etéké. Reconnaissance de la partie superficielle des gîtes de Dango et Dondo-Mobi, Gabon. Campagne 1990. Rapport (BRGM), 68 p.
- Prian J.P.**, (1991) : Synthèse géologique et géochimique, potentialités minières du degré carré Mouila (Archéen et Protérozoïque du Gabon Central) avec carte géologique à 1/200 000. Synthèse du District Aurifère d'Etéké. Rapport (BRGM), 212 p.

ANNEXE

LA Norme canadienne NI 43-101 :

Signification du NI 43-101 :

NI = National Instruments = norme (règles) émise par les autorités boursières au Canada

- CSC = Canadian Securities Commissions

Régir la diffusion (orale ou écrite) de l'information technique et scientifique concernant les projets miniers de compagnies inscrites à une des bourses canadiennes (Toronto, Vancouver, Calgary, Montréal)

En vigueur depuis le 01-02-2001

- Mise à jour en 2011

Définition :

La norme canadienne NI 43-101 est une copie d'un standard internationale qui est mis en force par certaines bourse pour protéger les investisseurs, elle s'appuie sur quatre principes fondamentaux :

- 1- Tous les renseignements scientifiques et techniques (y compris ceux concernant les Réserves et les ressources) relatifs à un projet minier visant un terrain important d'une société déclarante, doivent être préparés par une personne qualifiée (une *PQ*) ou sous sa supervision ;
- 2- Toute information concernant la quantité et/ou la teneur d'un gîte minéral doit être classée dans une des cinq catégories réglementaires de « réserves minérales » et de « ressources minérales » (soit les réserves prouvées, les réserves probables, les ressources mesurées, les ressources indiquées et les ressources présumées), aux termes de la NC 43-101;
- 3- Un rapport technique (devant parfois être préparé par une *PQ* indépendante), présenté dans la forme décrite à l'Annexe 43-101A1, doit, dans certains cas, être déposé pour étayer les renseignements scientifiques et techniques sur les minéraux dans le cadre d'un projet minier visant un terrain important d'un émetteur;
- 4- D'autres renseignements scientifiques et techniques sont réglementés.