

---

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>A</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>B</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>C</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>E</b>
<b>LISTE DES ORGANIGRAMMES.....</b>	<b>E</b>
<b>LISTE DES GRAPHES .....</b>	<b>F</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>PARTIE I : GENERALITES</b>	
<b>CHAPITRE I- CARACTERISTIQUES DE L'OR .....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE II- LE SITE D'ETUDE.....</b>	<b>16</b>
<b>PARTIE II : TRAVAUX REALISES</b>	
<b>CHAPITRE III- TRAVAUX SUR TERRAIN .....</b>	<b>29</b>
<b>PARTIE III : TRAITEMENT &amp; INTERPRETATIONS DES RESULTATS</b>	
<b>CHAPITRE IV- TRAITEMENT DES RESULTATS DE LA METHODE DE PROSPECTION PAR CHEMINEMENT ou PIT GEOLOGY .....</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>86</b>

# LISTE DES FIGURES

Figure 1: Propriété atomique de l'or .....	3
Figure 2: Disposition des électrons qui tournent en orbite autour du noyau de l'or.....	3
Figure 3: Type du gisement d'or orogénique.....	9
Figure 4: Carte des régions aurifère de Madagascar .....	14
Figure 5: Esquisse de localisation de la feuille L55 .....	16
Figure 6: Localisation de la région Ihorombe .....	17
Figure 7: Carte de localisation de la zone d'étude (Vatovorona- Vatovaky) .....	18
Figure 8: Reconstitution paléogéographique de la bordure du Rodinia .....	20
Figure 9: Carte de la partie centrale du Gondwana .....	21
Figure 10: Carte des unités tectono-métamorphiques du socle cristallin de Madagascar .....	23
Figure 11: Carte des zones de cisaillement et de faille principale du Sud de Madagascar .....	27
Figure 12: Image satellite du site de prospection.....	32
Figure 13: Coupe A-B .....	33
Figure 14: Carte topographique de la zone d'étude et esquisse géomorphologique du carreau minier .....	34
Figure 15: Carte de la magnétométrie de la zone d'étude. ....	35
Figure 16: Carte géologique de la zone d'étude.....	36
Figure 17: Superposition de plis en champignons. ....	37
Figure 18: Carte structurale de la feuille L55 et de la zone d'étude .....	38
Figure 19: Esquisse de la carte d'occupation du sol sur le chantier .....	39
Figure 20: La tranchée vue d'en haut.....	40
Figure 21: Vue en perspective de la tranchée .....	40
Figure 22: Disposition en 3D des points d'échantillonnage dans la tranchée .....	43
Figure 23: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau 2m .....	53
Figure 24: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de l'OMNIS au niveau 2m .....	54
Figure 25: Carte représentative des contours des couches géologiques (niveau 2m) .....	55
Figure 26: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau 0m .....	57
Figure 27: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de l'OMNIS au niveau 0m .....	58
Figure 28: Carte représentative des contours de couleur et des couches géologiques (niveau 0m).....	59
Figure 29: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau -2m.....	60

---

Figure 30: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de l'OMNIS au niveau -2m .....	62
Figure 31: Carte représentative des contours de couleur des couches géologiques (niveau -2m) .....	64
Figure 32: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau -4m.....	65
Figure 33: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de l'OMNIS au niveau -4m .....	66
Figure 34: Carte représentative des contours de couleur des couches géologiques (niveau -4m) .....	67
Figure 35: Répartition des couleurs en fonction de la teneur en or.....	80
Figure 36: Bloc diagramme des couches prélevées.....	81
Figure 37: Schématisation du phénomène hydrothermal .....	83
Figure 38: Carte de la magnétométrie de la feuille L55 et de la zone d'étude .....	II
Figure 39: Carte géologique de la feuille L55 et de la région Vatovaky-Vatovorona .....	II
Figure 40: Carte représentative des fractures et des lignes de crête dans L55 avec les rosaces respectives.....	III
Figure 41: Carte géologique simplifiée de Madagascar .....	XXVI
Figure 42: Carte géologique du socle cristallin de Madagascar .....	XXVII
Figure 43: Carte de répartition des zones d'orpaillage à Madagascar .....	XXVIII

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Les différents minéraux d'or .....	4
Tableau 2: Classification de l'alliage de l'or .....	5
Tableau 3: Les pays producteurs d'or dans le monde .....	8
Tableau 4: Type de minéralisations d'or connus à Madagascar .....	10
Tableau 5: Production d'or à Madagascar en kg d'après .....	12
Tableau 6: Coordonnées des coins du carreau minier de la zone d'étude .....	19
Tableau 7: Tableau comparatif des subdivisions des unités tectono-métamorphiques .....	22
Tableau 8: Tableau récapitulatif des datations et des classifications des évènements du socle précambrien à Madagascar .....	24
Tableau 9: Tableau de répartition des tâches sur le chantier .....	31
Tableau 10: Conversion des coordonnées UTM 38 sud en coordonnées Laborde .....	34
Tableau 11: Recensement de nombre de fracture sur l'image panchromatique .....	37
Tableau 12: Recensement de nombre ligne de crête sur l'image 4-3-2 .....	37
Tableau 13: Représentation des pics de résultats ligne par ligne .....	80
Tableau 14: Représentation du degré d'altération .....	82
Tableau 15 : Cours de pièce en or .....	I
Tableau 16: Les principales caractéristiques des canaux ETM7+ .....	III
Tableau 17: Classification des échantillons (niveau 2m) .....	IV
Tableau 18: Classification des échantillons (niveau 0m) .....	IX
Tableau 19: Classification des échantillons (niveau -2m) .....	XVI
Tableau 20: Classification des échantillons (niveau -4m) .....	XXII
Tableau 21: Réserves et Production mondiale d'or en 1983 .....	XXV

## **LISTE DES ORGANIGRAMMES**

Organigramme 1: Méthodologie du travail .....	30
Organigramme 2: Mode d'échantillonnage .....	41

---

# LISTE DES GRAPHES

Graphe 1: Diagramme ternaire de l'alliage de l'or.....	6
Graphe 2: Evolution de la production de l'or à Madagascar entre 1964 et 1984 .....	13
Graphe 3: Evolution de la production de l'or à Madagascar entre 1990 et 2008 .....	13
Graphe 4: Diagramme en rose des fractures et des lignes de crête.....	38
Graphe 5: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau 2m) .....	54
Graphe 6: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau 2m) .....	55
Graphe 7: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau 0m) .....	57
Graphe 8: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau 0m) .....	58
Graphe 9: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau -2m).....	61
Graphe 10: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau -2m) .....	63
Graphe 11: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau -4m) .....	66
Graphe 12: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau -4m) .....	67
Graphe 13: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L1 .....	69
Graphe 14: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L2.....	70
Graphe 15: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L3.....	71
Graphe 16: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L4.....	72
Graphe 17: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L5.....	73
Graphe 18: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L6.....	74
Graphe 19: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L7.....	75
Graphe 20: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L8.....	76
Graphe 21: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L9.....	77
Graphe 22: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L10.....	78
Graphe 23: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L11.....	79
Graphe 24: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L12.....	79

# INTRODUCTION

La prospection aurifère, représente un vaste champ d'application de la géologie ; de la description des échantillons à la mise en valeur des réserves en or dans le métallotecte. Les multiples techniques, des plus anciennes aux plus modernes, constituent un large éventail d'investigation mise à la disposition des géologues d'exploration. Ces derniers devront choisir les méthodes les plus appropriées pour un stade donné de la prospection aux égards des conditions financières, climatiques, géologiques, géomorphologiques et, même parfois, politiques, de la zone à prospecter ou à expliquer.

Ce mémoire a été réalisé dans le cadre d'une prospection aurifère menée dans la zone de VATOVORONA – VATOVAKY par la société VARUN qui y possède un permis de recherche (feuille L55 de ZAZAFOTSY). Lors de cette prospection, la société a choisi comme méthode de prospection celle basée sur la mise en œuvre de tranchées. L'objectif final de la société VARUN est de parvenir à une exploitation industrielle. Déjà sur le site ont été localisés de nombreux points d'extraction artisanale sur un important filon aurifère.

Le problème qui se pose est la détermination de la géométrie du filon, de la répartition verticale et horizontale des particules d'or.

L'objectif de ce mémoire est la compilation des données de terrain de Vatovorona, sur la zone d'étude, et du traitement des résultats des laboratoires chimiques. Le but est de prouver la crédibilité de la méthode de prospection à ciel ouvert. Ce mémoire se donne ainsi comme ambition de répondre au problème de la répartition spatiale de l'or sur le site de Vatovorona.

Le contenu de cet ouvrage se divise en trois grandes parties. La première partie présente les généralités sur l'or et sur la zone d'étude. La deuxième partie expose les travaux réalisés sur terrain et le traitement des données géochimiques. Et enfin, la troisième partie représente « l'interprétation et la discussion ».

# PARTIE I : GENERALITES

## CHAPITRE I- CARACTERISTIQUES DE L'OR

### I. 1. Symbolisme et historique

L'or est le métal précieux par excellence, inoxydable, inattaquable sauf par le mercure qui le dissout, mais sans l'altérer, et par le feu qui le liquéfie. Il symbolise la pureté, la majesté et le principe divin dans la matière. L'or fut très tôt recherché dans l'histoire de l'humanité, non pas dans un but utilitaire au sens strict du mot, mais pour sa beauté et sa symbolique spirituelle, divine et royale. L'or étant un métal relativement mou, il ne peut servir d'outil de force ou d'arme. En revanche, il est utilisé depuis la plus haute antiquité comme matériau de parures, de bijoux, et d'objets de culte. La symbolique de l'or demeure encore aujourd'hui très importante, il est notamment utilisé dans les sports modernes pour représenter la récompense suprême (la médaille d'Or) et célébrer la performance sportive. L'or est aussi le symbole le plus fort de la richesse matérielle (site web : [www.silver-phoenix-investments.com](http://www.silver-phoenix-investments.com)).

A Madagascar, la première découverte de l'or aurait été faite par Jeans Laborde en 1845, mais c'est seulement à partir de 1883 que commencent les premières exploitations (Ministère des mines, 2006). Depuis cette date et jusqu'à nos jours, l'orpailage artisanal a fourni la plus grande partie de la production. Jusqu'aujourd'hui, Madagascar ne produise pas encore de l'or à l'échelle industriel.

### I. 2. Propriété physique et mécanique de l'or (source : Encyclopédie Universalis 2011)

L'or est un métal d'une couleur jaune brillant, pâle pour les variétés riches en argent et un peu rougeâtre quand il est pur. En feuille très fine, l'or n'est plus jaune, mais d'un vert transparent. L'or pur a une densité de 19,3 mais elle est à 17,24 à l'état fondu. Sa dureté est comprise entre 2,5 à 3. C'est un conducteur électrique et thermique. L'or en grain est généralement en inclusion dans les grains de quartz des filons et aux épontes de ces derniers mais peut également être en inclusion microscopique dans les minéraux opaques.

L'or est un métal de structure cubique à faces centrées. Le rayon atomique (0,144nm) est le même que celui de l'argent, son homologue de la colonne IB (Figure 1), analogie due à la «contraction lanthanidique». La similitude de structure et de rayon atomique explique d'ailleurs que l'or et l'argent constituent des solutions solides sans lacune de miscibilité. Le point de fusion de l'or est de 1063°C : l'or étant relativement aisément à obtenir pur, cette valeur est utilisée comme point de contrôle thermométrique international. C'est le plus malléable et le plus ductile de tous les métaux, propriété qui explique une structure dans laquelle les plans de

glissement sont particulièrement nombreux. Les possibilités mécaniques exceptionnelles de l'or justifient son emploi sous forme de feuilles très minces ou de filaments de faible section.

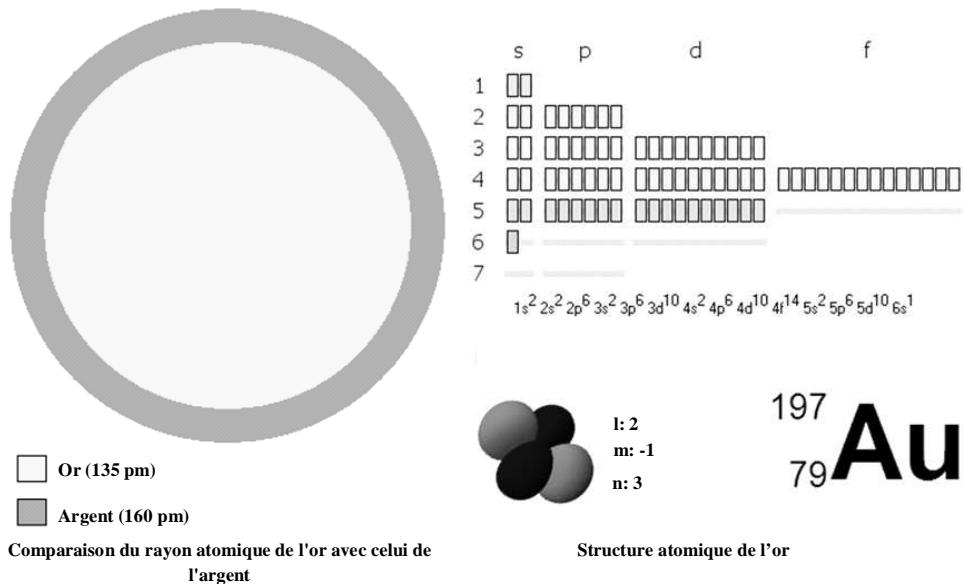


Figure 1: Propriété atomique de l'or (www.freshney.org, 2009)

### I. 3. Propriété chimique de l'or

De tous les métaux, l'or est le moins électropositif, c'est là une conséquence de la stabilité de l'électron  $6s^1$  qui, comme nous l'avons vu, est fortement lié au noyau. Un atome de l'or possède 118 neutrons et 79 protons (Figure 2). Il en résulte une faible réactivité chimique, l'or ne réagissant qu'avec des systèmes relativement oxydants ou lorsque la présence de ligands fortement donneurs permet la formation de complexes peu dissociés. Cette propriété explique d'ailleurs que l'or ne se rencontre pas sous forme de composés ioniques, la liaison étant toujours covalente. L'or est attaqué à chaud par les halogènes, mais dès la température ordinaire par l'eau régale, cette dernière réaction étant facilitée par la formation de complexes aurichlorhydriques et aurinitriques. L'oxygène et le soufre sont sans action même à chaud. Les acides ne réagissent que lorsque leur pouvoir oxydant est suffisant.

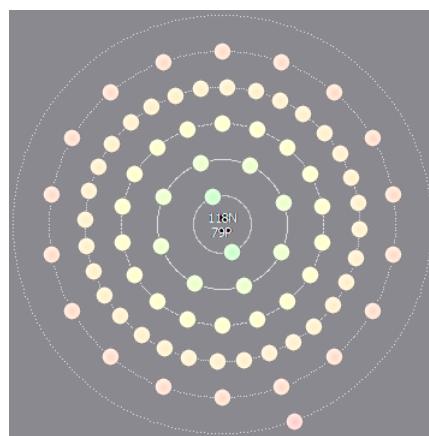


Figure 2: Disposition des électrons qui tournent en orbite autour du noyau de l'or (www.freshney.org, 2009)

## I. 4. Minéralogie de l'or

Elle est essentiellement constituée de l'or natif, d'un antimoniuire  $\text{AuSb}_2$  l'aurostibite et de quelques tellurures : la calavérite, la sylvanite, la krennerite, la montbrayite, la nagyagite dont les formules contiennent Te, Au, Ag. L'or naturel contient très souvent des impuretés : Ag jusqu'à 15% (électrum), Cu, Fe, Bi, Pt, Pd, Rh, Hg. L'or natif cristallise dans le système cubique mais se présente sous diverses morphologies :

- cristaux isolés rares cubiques, cubo-octaèdriques et octaédriques,
- le plus souvent sous-forme de lamelles ou de paillettes millimétriques, de pépites centimétriques, de stalactites, d'arborescences ou plumes, de filaments.

L'or possède un très fort pouvoir réflecteur (73 à 85%) d'où un vif éclat métallique qui ne ternit pas. L'or est de couleur jaune vif variable selon les teneurs en impuretés, trace jaune métallique. Ce qui provoque une confusion fréquente avec la pyrite, la chalcopyrite et les micas. Dans les gisements sub-volcaniques des chaînes récentes, l'or se combine à d'autres éléments chimiques et forme divers minéraux aurifères, dont les principaux sont présentés sur le tableau 1.

**Tableau 1: Les différents minéraux d'or (Source : Plan minéral-Supplément au Plan Quinquennal 1964-1968)**

Nom	Formule	Système cristallin	Dureté	Densité	%Au	Couleur	Variation
Or natif	Au	Cubique	2,5 à 3	19,3	100	Jaune d'or	suivant la teneur en Ag
Electrum	AuAg	Cubique	2,5 à 3	12,5 à 15,5	55 à 80	Jaune pâle	suivant la teneur en Ag
Maldonite	$\text{Au}_2\text{Bi}$	Cubique	1,5 à 2	15,46	65	Blanc argent	Très rare
Calavérite	$(\text{Au},\text{Ag})\text{Te}_2$	Triclinique	2,5	9 à 9,5	39,5	Jaune bronze	
Krennrite	$(\text{Au},\text{Ag})\text{Te}_2$	Orthorhombique	2,5	8,35		Blanc jaunâtre	
Sylvanite	$(\text{Au},\text{Ag})\text{Te}_4$	Triclinique	1,5 à 2,5	7,9 à 8,3	24,5	Gris acier	
Petzite	$(\text{Au},\text{Ag})_2\text{Te}$	Orthorhombique	2,5 à 3	8,7 à 9	18 à 25	Gris noir	
Magyagite	$\text{Au}_2\text{Pb}_{14}\text{SB}_3\text{Te}_7\text{S}_{17}$	Orthorhombique					

## I. 5. Métallogénie de l'or

L'or possède une particularité fâcheuse d'avoir la distribution erratique, c'est-à-dire qu'on ne le trouve que par poches très localisées, moyennement ou très riches, et cela même au sein des filons de quartz aurifères (comme le cas de “*mother lode*” en *Californie*).

Les gisements d'or sont dits épigénétiques quand leur mise en place est due par contexte orogénique. Ce qui offre une large variété d'encaissants lithologiques, de contextes structuraux et une fine de morphologies des corps minéralisés.

## I. 6. Utilisation (source : [www.silver-phoenix-investments.com](http://www.silver-phoenix-investments.com))

L'usage industriel et commercial de l'or : bijouterie (68%), composantes électroniques (10%), dentisterie (8%), un peu moins de 20% sert à la production de pièces et de lingots, qui sont achetés par les banques en compensation des émissions de monnaie et par les particuliers et différentes autres applications : placage et dorure, équipement de laboratoire et brasure.

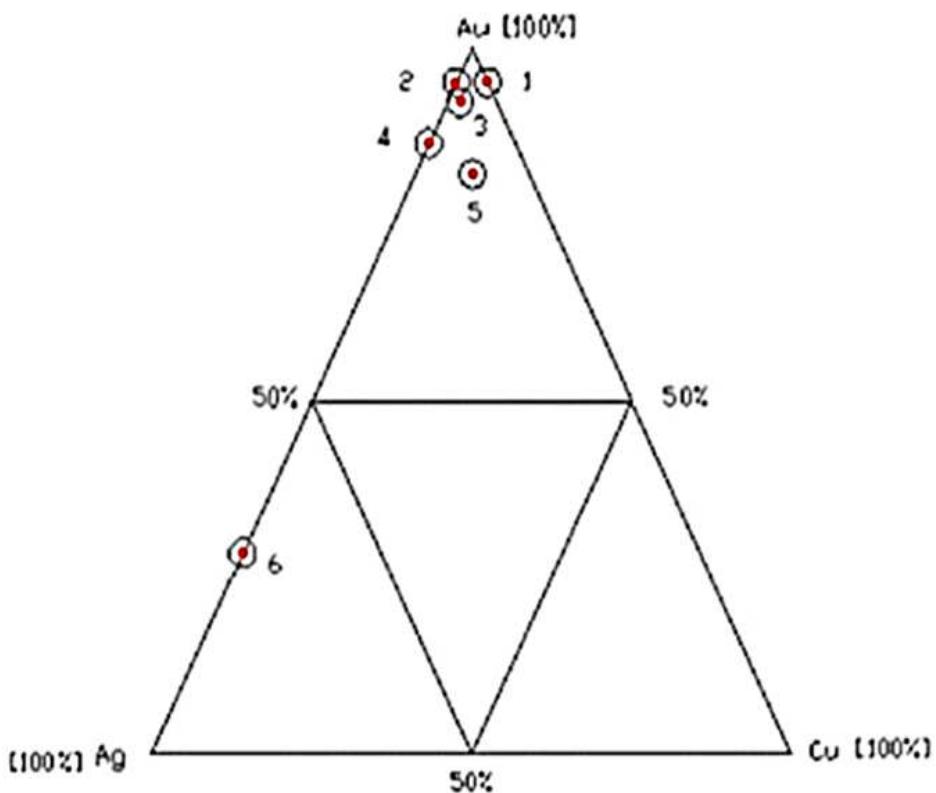
### I.6.1. Alliages

L'or à 24 carats correspond à l'or pur ; lorsqu'il est à 18 carats cela signifie qu'il comporte 18 parties d'or et 6 parties d'argent. L'or est généralement mélangé à d'autres métaux pour le durcir et/ou modifier sa couleur (graphe 1). Les métaux les plus courants (en alliages avec l'or) sont l'argent, le platine, le cuivre, le nickel, zinc, et le manganèse.

- Or jaune = 80 % d'or + 10 % d'argent + 10 % de cuivre (sa pureté reste possible).
- Or semi-jaune = 91,5 % d'or + 6,0 % d'argent + 2,5 % de cuivre.
- Or citron = 94,5 % d'or + 5,5 % d'argent.
- Or rouge = 94,5 % d'or et de 5,5 % de cuivre.
- Or gris = 75,0 % d'or + 15,0 % de palladium + 10,0 % d'argent.
- Or blanc = 20,0 % d'or + 80,0 % d'argent.

Tableau 2: Classification de l'alliage de l'or ([www.germigny.creteil.iufm.fr](http://www.germigny.creteil.iufm.fr), 2012)

1	Or rouge	94,5%	0% [Ag],	5,5% [Cu]
2	Or citron	94,5%	5,5% [Ag],	0% [Cu]
3	Or jaune	80% [Au],	10% [Ag],	10% [Cu]
4	Or blanc	20% [Au],	80% [Ag],	0% [Cu]
5	Or semi-jaune	91,5% [Au],	6% [Ag],	2,5% [Cu]
6	Or gris	75% [Au],	15% [Ag],	0% [Cu]



Graph 1: Diagramme ternaire de l'alliage de l'or

### I.6.2. Valeur monétaire

Sur le plan économique, l'argent et l'or sont utilisés comme monnaie au 19ème siècle. Mais, au 20ème siècle, seul reste l'or dans les différents systèmes monétaires. Le « *Gold bullion standard* » permet d'échanger ses dollars contre une certaine quantité d'or, sous certaines conditions, ceci oblige les banques centrales à posséder d'importantes réserves d'or ([www.dani2989.com](http://www.dani2989.com)). L'or avait déterminé valeur monétaire d'un pays (comme le dollar américain \$). Mais les crises monétaires au 20ème siècle avaient changé ce principe.

Aujourd'hui, certains pays fabriquent encore des pièces en or tableau 15 : *Cours de pièce en or* (cf. annexe), mais les valeurs de l'or ne sont pas les mêmes pour ces pays.

### I.6.3. Art et artisanat : Poinçon de l'or

Le secteur de la joaillerie est officiellement le principal emploi de l'or. Ce secteur, déjà largement leader de la consommation, a connu une nouvelle envolée parallèle à celle du cours de l'or. Si l'or est la valeur refuge, la joaillerie en est la «sous valeur refuge».

### I.6.4. Industrie

Ce métal est recherché par l'industrie à cause de son inaltérabilité et de sa bonne conductivité électrique et thermique. Il est utilisé en connectique et en électronique, afin de réaliser des contacts électriques inoxydables. L'industrie électronique utilisait 450 t par an. Il

est également utilisé pour opacifier des organes optiques dans le cadre de techniques spatiales, et comme catalyseur dans des piles à combustible.

L'or a pris une plus grande importance dans des domaines comme l'informatique, la haute technologie ou le bâtiment. En effet, l'or dispose des vertus de résistance à la corrosion et de haute conductibilité électrique. Ces propriétés lui valent une place de choix dans l'élimination du rayonnement solaire, la conductibilité dans les circuits imprimés informatiques, la résistance aux radiations pour les satellites et les applications spatiales, l'anti-détection des avions... ainsi que dans les manipulations scientifiques.

Il en ressort une consommation industrielle proche de 10 % par an notamment pour des pays comme les Etats Unis, l'Allemagne ou le Japon.

### **I.6.5. Médecine**

La dentisterie consommait 67 t d'or par an ([www.silver-phoenix-investments.com](http://www.silver-phoenix-investments.com)). L'or a été, et reste, pour qui accepte de faire face à la dépense, un substitut nettement supérieur aux amalgames pour les occlusions dentaires. En médecine, certains dérivés organiques de l'or, dits « sels d'or » ont été parfois utilisés dans le traitement de certaines affections en rhumatologie.

## **I. 7. L'or dans le monde ([www.silver-phoenix-investments.com](http://www.silver-phoenix-investments.com), 2012)**

L'or provient de plusieurs sources distinctes. Selon le World Gold Council, environ 60% des quelque 3,6 kt d'or utilisées annuellement (moyenne sur la période 2004-2008) vient de la production des mines, il s'agit donc d'or « neuf », jamais utilisé auparavant. 28% provient du recyclage, par exemple la fonte de vieux bijoux. Enfin, 12% provient de déstockage net des banques centrales (c'est-à-dire qu'elles ont pendant ces cinq années vendu plus d'or qu'elles n'en ont acheté, libérant du métal pour d'autres usages).

### **I.7.1. La production de l'or**

On estime que depuis la Préhistoire, 145 kt d'or ont été extraites d'après le World Gold Council en 2001. Il ne subsiste que 120 kt, sous forme de lingots, médailles, bijoux, etc... Le reste ayant disparu au fil du temps. Les réserves d'or sont trente fois moins importantes que celles d'argent. Non renouvelables du fait de leur origine cosmique, les réserves d'or connues se chiffrent à environ 51 kt. Aujourd'hui, on extrait environ 2,5 kt d'or par an. Les principaux pays producteurs sont représentés dans le tableau 3.

**Tableau 3: Les pays producteurs d'or dans le monde (www.silver-phoenix-investments.com, 2012)**

Pays	Production [tonnes]
Chine	340
Australie	255
États-Unis	230
Russie	190
Indonésie + Nouvelle-Guinée	180
Pérou	170
Ghana	100
Canada	90
Ouzbékistan	90
Afrique du Sud	90
Brésil	65

Avec 340 t/an, c'est la Chine qui est le leader de la production aurifère dans le monde. L'avenir de la production d'or est marqué par deux caractéristiques : une concentration d'or de plus en plus faible dans les gisements et une hausse des coûts de production inéluctable.

### I.7.2. Réserves des banques centrales

Les banques centrales possèdent environ le quart du stock d'or mondial, à savoir 28,554 kt en décembre 2003 par l'association mondiale des producteurs d'or.

### I.7.3. Marché de l'or

Par rapport à la plupart des autres marchandises, la particularité du marché de l'or est que les stocks de cette matière inaltérable, accumulés au fil de l'histoire chez les particuliers et différents organismes (banques centrales...), sont estimés à environ 50 fois la production annuelle mondiale. L'or est coté, sous forme physique, à la bourse de Londres et, sous forme de contrats à terme, à New York. Les cours mondiaux sont fixés en dollars américains par once troy d'or. En dehors de ces marchés organisés, qui traitent des grosses quantités, il existe des entreprises de négoce de l'or et de métaux précieux ouvertes aux particuliers et aux divers transformateurs et utilisateurs. Les cours sont particulièrement fluctuants et soumis à divers facteurs : évolution des stocks d'or des banques centrales, demandes d'orfèvrerie, notamment en Inde, aux États-Unis et en Chine, demande industrielle (électricité, électronique...), coûts et volumes de production, état des réserves minières, valeur refuge, ou achats et ventes spéculatives en fonction des incertitudes monétaires. Une partie du marché est opaque, en raison d'un orpaillage illégal qui s'est fortement développé à la fin du XXe siècle en Amérique

du Sud. Les actions des grands groupes aurifères sont cotées essentiellement à Londres, New York, Toronto, Johannesburg et Sydney.

## I. 8. L'or à Madagascar

### I.8.1. Cadre géologique

A Madagascar, il y a un fort lien spatial entre des minéralisations aurifères et des intrusions magmatiques. La minéralisation dans le socle précambrien est associée par des intrusions de veines de quartz (Figure 3). Le tableau 4 ci-après récapitule et résume les types de minéralisation connues à Madagascar.

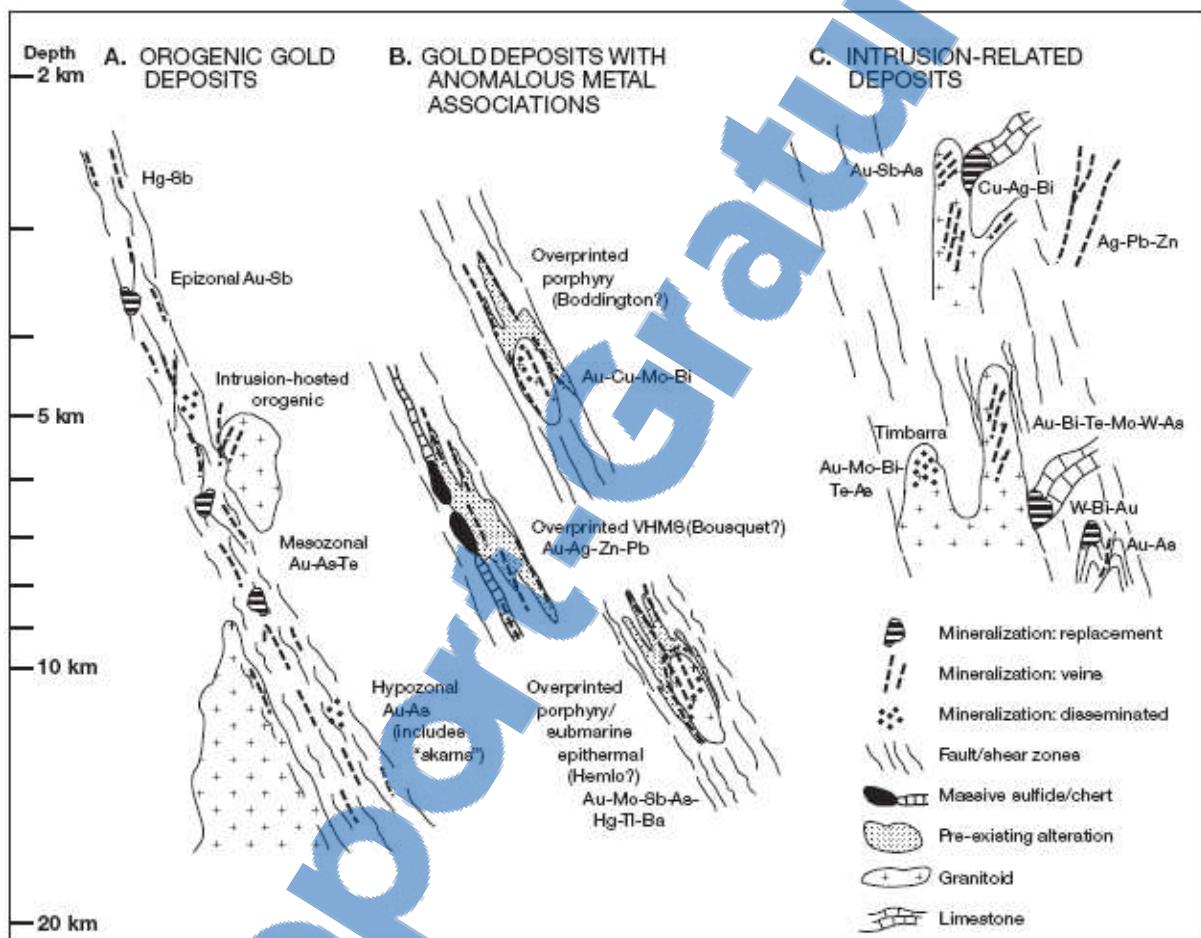


Figure 3: Type du gisement d'or orogénique (EILU Pasi et al, 2011)

Les gîtes aurifères de Madagascar se distinguent en deux types :

- Primaires filoniers hydrothermaux dans une gangue de quartz où l'or est isolé ou associé avec des sulfures (pyrite, arsénopyrite, chalcopyrite, galène et blende), des sulfosels, des tellurures et des séléniums.

- Secondaires alluvionnaires (comme les placers du bassin conglomératique du Witwatersrand en Afrique du Sud) ou secondaires de cémentation (altération pédologique).

Le gisement primaire se trouve dans le socle précambrien et dans les veines de quartz, tandis que le gisement secondaire se trouve dans les latérites et dans les sédiments alluvionnaires ou éluvionnaires (tableau 4).

**Tableau 4: Type de minéralisations d'or connu à Madagascar (BRGM, 1985)**

Gîtes	Caractéristique	Domaine et période d'appartenance	Métallotecte	Localisations
Primaires	se trouvant dans les terrains métamorphiques précambriens	Archéen	Roches amphiboliques basiques	Maevantanana, Andriamena, Alaotra, Ampasary
			Quartzites à magnétite	Maevantanana, falaise orientale du Sud d'Antananarivo
			Série silico-alumineuses	Ambatolampy, Andriaba
		Protérozoïque (Précambrien supérieur)	Série épimétamorphique	Est de Miandrivazo
			Massif granitique intrusif	Itea
		Tectonique Permo-triasique	Filons "vrais"	Contacte socle-sédimentaire, extrême Nord
Secondaires	Altération météorique des gîtes primaires et reconcentration de l'or par l'eau de surface	Eluvionnaire	Roches résiduelles du gîte primaires	Bas d'une pente des vallées ou collines
		Alluvionnaires anciens	Dépôts	Terrasses surélevées
		Alluvionnaires actuels	Lits vifs	Rives convexes des méandres

### **a) Dans le socle précambrien de Madagascar**

Les minéralisations en or sont associées à des fentes à quartz sécantes sur la foliation dominante des quartzites à magnétite. L'or, de la taille de la centaine de microns, est associé à des sulfures (pyrite) et il est concentré en condition oxydante par remplacement de la magnétite par l'hématite.

### b) Dans les veines de quartz

Les minéralisations suivent les filons de quartz. Les filons de quartz aurifères sont de deux types. Ils sont soit à or libre (Au) dominant souvent coexistant avec de l'argent (Ag) soit en étroite association avec des sulfures (arsénopyrite principalement). La répartition spatiale des affinités géochimiques des minérais est généralement assez évidente pour permettre une classification régionale des associations géochimiques minéralisatrices. Elles sont plus ou moins homogènes et on les appelle des provinces métallogéniques.

Les roches encaissantes sont diverses : roches métamorphiques mais aussi sédimentaires, moins souvent roches magmatiques ou alors faciès volcaniques de composition intermédiaire à acide. Le quartz exhibe communément une texture typique (texture saccharoïde, et se présente souvent translucide bleuté à fumé).

### c) Dans les latérites

La latérisation des gisements primaires, par une diminution de volume due au départ de la silice crée un premier envahissement sur place qui est suivi, au sein des argiles latéritiques de phénomène de concentration chimique avec précipitation de l'or en des points privilégiés du réseau de circulation des eaux et en particulier au contact des veines quartzeuses. C'est à la base du profil d'altération latéritique à structure conservée que se trouve la plus forte concentration. L'or se trouve sous forme cristallitique ou dendritique parfois en cristaux nets, toujours à haute température. Cette concentration chimique peut arriver à donner des pépites.

### d) Dans les sédiments alluvionnaire et éluvionnaire

L'érosion des formations latéritiques conduit aux gisements ordinaires d'éluvions et d'alluvions. Les minérais de l'or se présentent sous forme des paillettes, et qui sont piégés dans les rives convexes des méandres. Mais leur minéralisation est en moindre quantité, sauf dans les régions en aval d'une province aurifère.

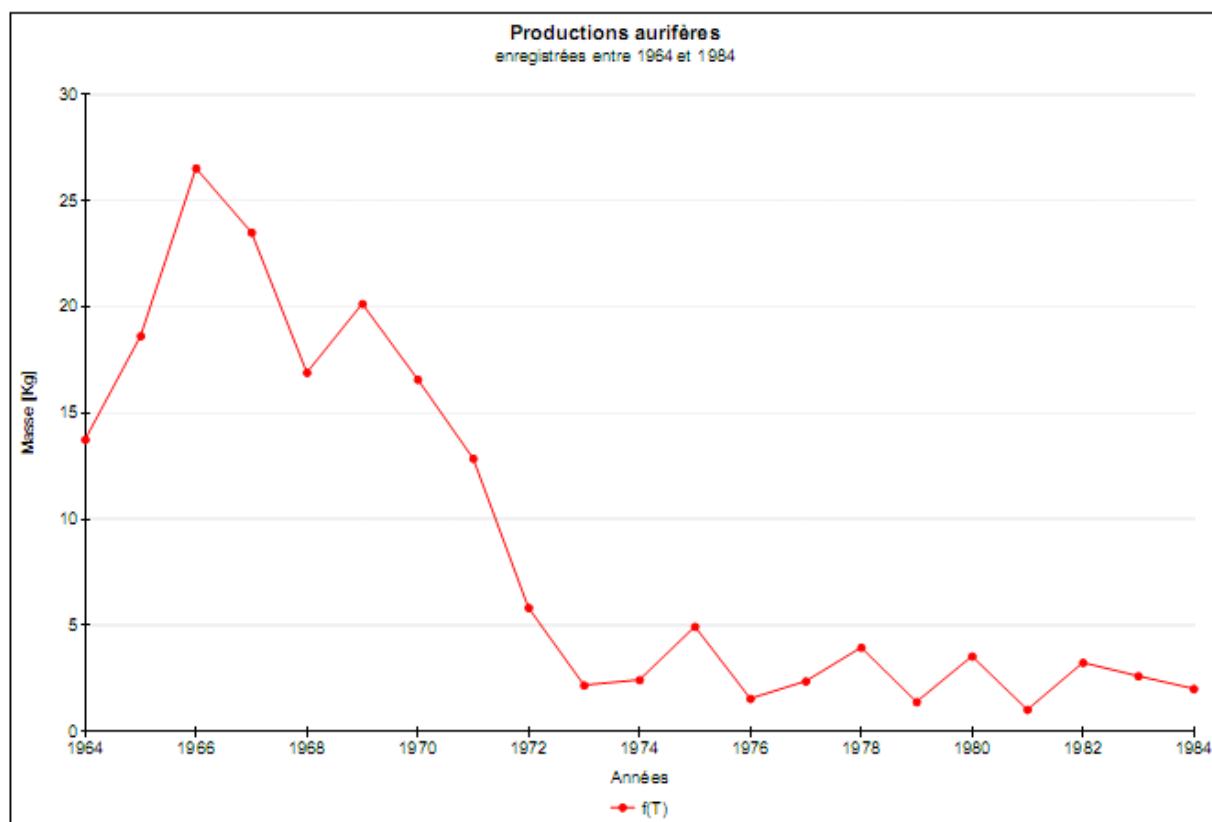
## I.8.2. Statistiques de production

Madagascar avait produit environ 50 tonnes d'or entre 1897 et 1964. Entre 1904 et 1915 la production est de 2 tonnes par an, et qui avait chutée de 500 à 200 kg entre 1919 et 1945 (BRGM, 1984). Les 3/4 de cette production provenaient de l'orpaillage artisanal et un quart d'exploitations semi-industrielles. Le tableau 5 montre la production d'or enregistrée entre 1964 et 2008.

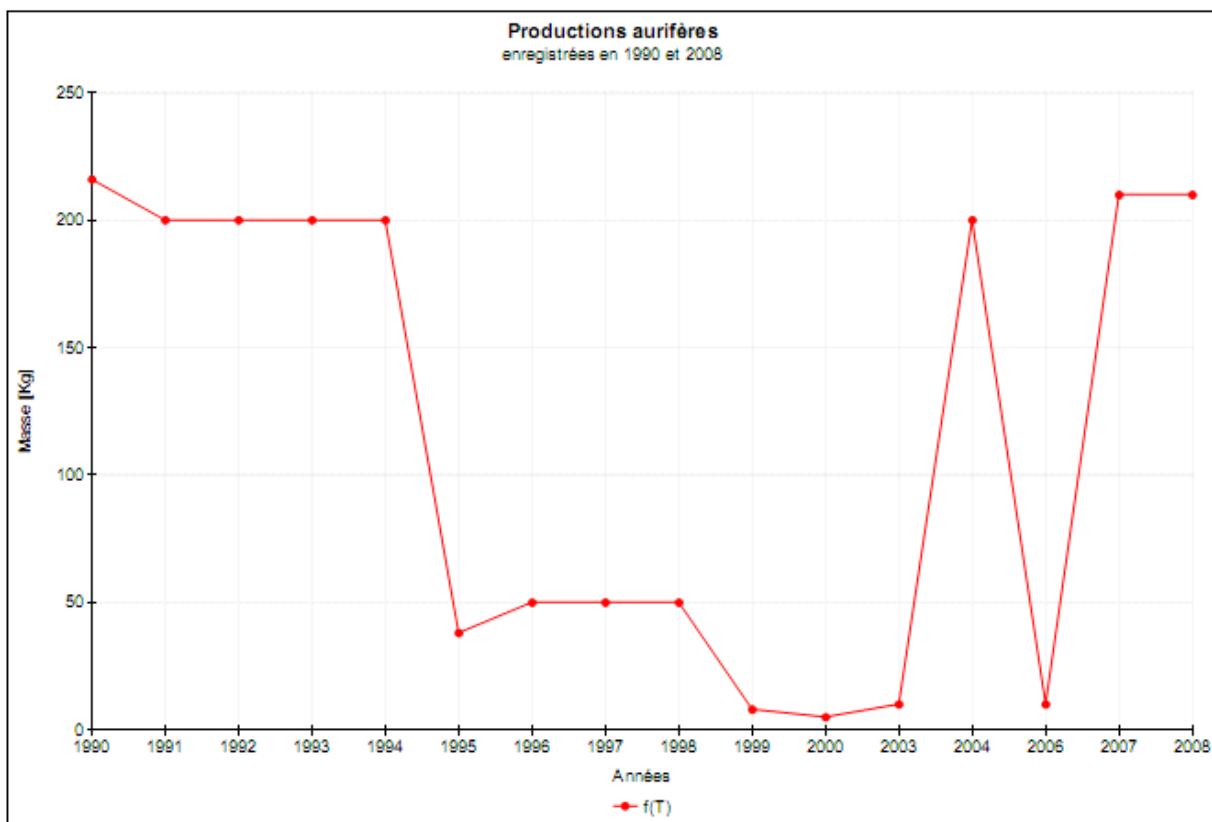
**Tableau 5: Production d'or à Madagascar en kg (site web : [www.24hgold.com](http://www.24hgold.com) pour le tableau 5A et le site de Mineralinfo pour le tableau 5B)**

5A				5B			
Années	Valeurs en Kg						
1964	13,74	1975	4,925	1990	216	1998	50
1965	18,62	1976	1,537	1991	200	1999	8
1966	26,52	1977	2,356	1992	200	2000	5
1967	23,493	1978	3,943	1993	200	2003	10
1968	16,893	1979	1,378	1994	200	2004	200
1969	20,136	1980	3,534	1995	38	2006	10
1970	16,571	1981	1,016	1996	50	2007	210
1971	12,849	1982	3,232	1997	50	2008	210
1972	5,814	1983	2,601				
1973	2,168	1984	2				
1974	2,417						

L'évolution de la production de l'or à Madagascar est représentée par les graphes 2 et 3. Les courbes montrent que la production aurifère n'ait pas très favorable durant les périodes d'instabilité et de difficulté avec les communautés internationales. Cette production s'est arrêtée même durant la crise de 2002. Essentiellement, ce sont les régions aurifères qui assurent la production aurifère de Madagascar.



**Graphe 1: Evolution de la production de l'or à Madagascar entre 1964 et 1984 (tableau 5A)**



**Graphe 2: Evolution de la production de l'or à Madagascar entre 1990 et 2008 (tableau 5B)**

### I.8.3. Répartition des gîtes aurifères à Madagascar

Les gîtes aurifères reconnus par le Ministère de l'Energie et des Mines se trouvent dans les provinces aurifères de Madagascar (Figure 4). Les plus connues sont : Betsiaka, Tsaratanana, Maevatanana, Betsiriry, Itasy, axe Ambositra-Antananarivo, Vohilava Ampasary, Beforona, Vavatenina.

Ces gîtes sont liés aux veines de quartz, aux intrusions dans le socle précambrien, aux formations latéritiques et aux formations alluvionnaires et ou éluvionnaires.

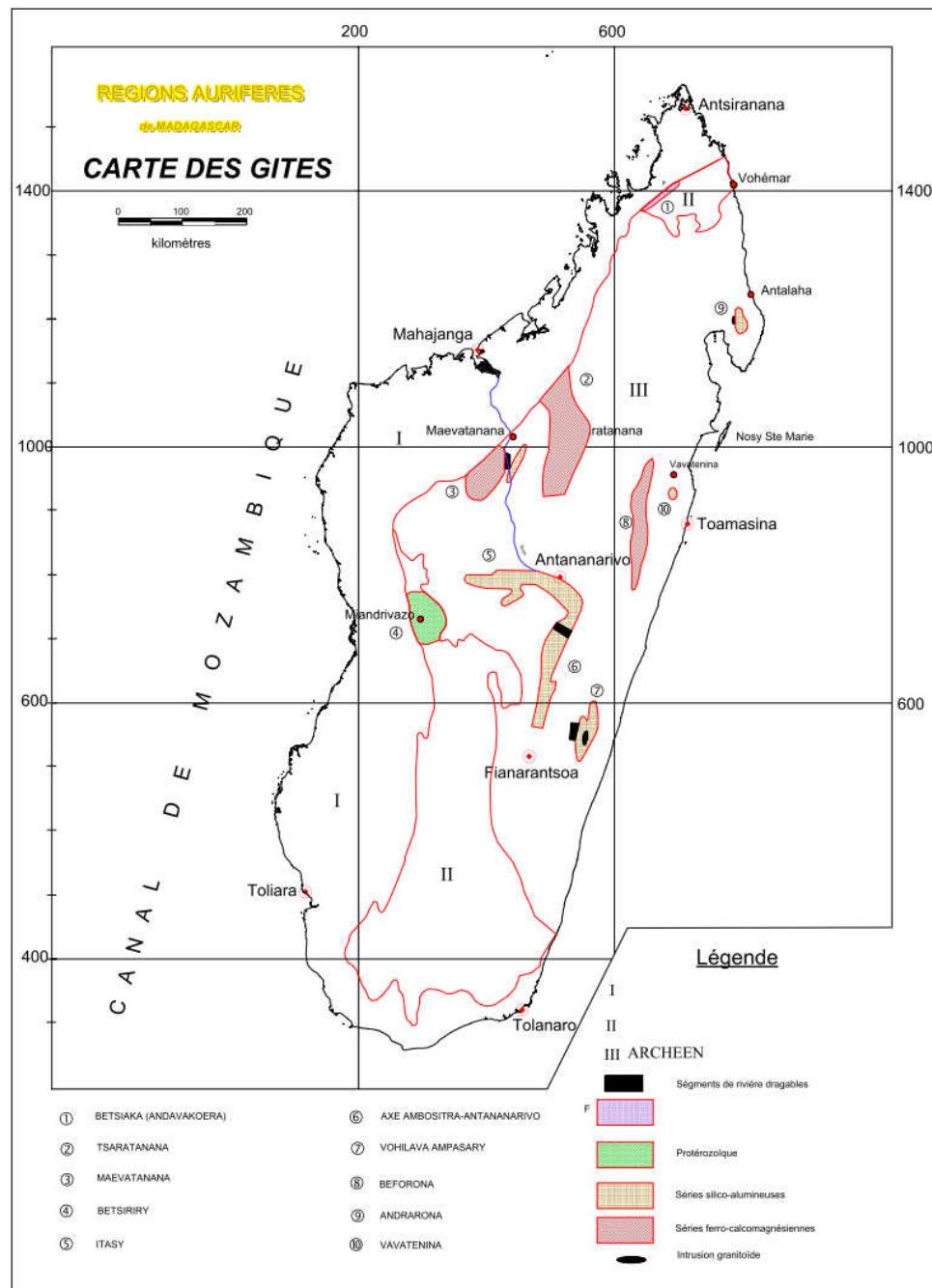


Figure 4: Carte des régions aurifères de Madagascar (SIGM, 2006)

## **I. 9. Conclusion partielle**

Pour Madagascar, la production enregistrée par l'autorité est minime, par rapport aux pays producteurs. La répartition de l'or dans le pays est relative au mode de gisement et à la nature des gîtes aurifères. Jusqu'aujourd'hui, les gîtes ne sont pas encore tous connus par les autorités. Pourtant les indices géologiques et métallogéniques montrent leur abondance dans la grande Île. C'est un aperçu positif pour les investisseurs. L'exploitation d'un gisement précédé par une prospection crédible pourra améliorer la production aurifère de Madagascar. Dans ce cas, toutes les bonnes méthodes de prospection sont souhaitables au profit des entreprises minières.

## CHAPITRE II- LE SITE D'ETUDE

### II. 1. Présentation du District

La zone de prospection se trouve dans la Commune Rurale de Zazafotsy, District d'Ihosy, région d'Ihorombe. Elle est délimitée dans la feuille L55 (Figure 5).

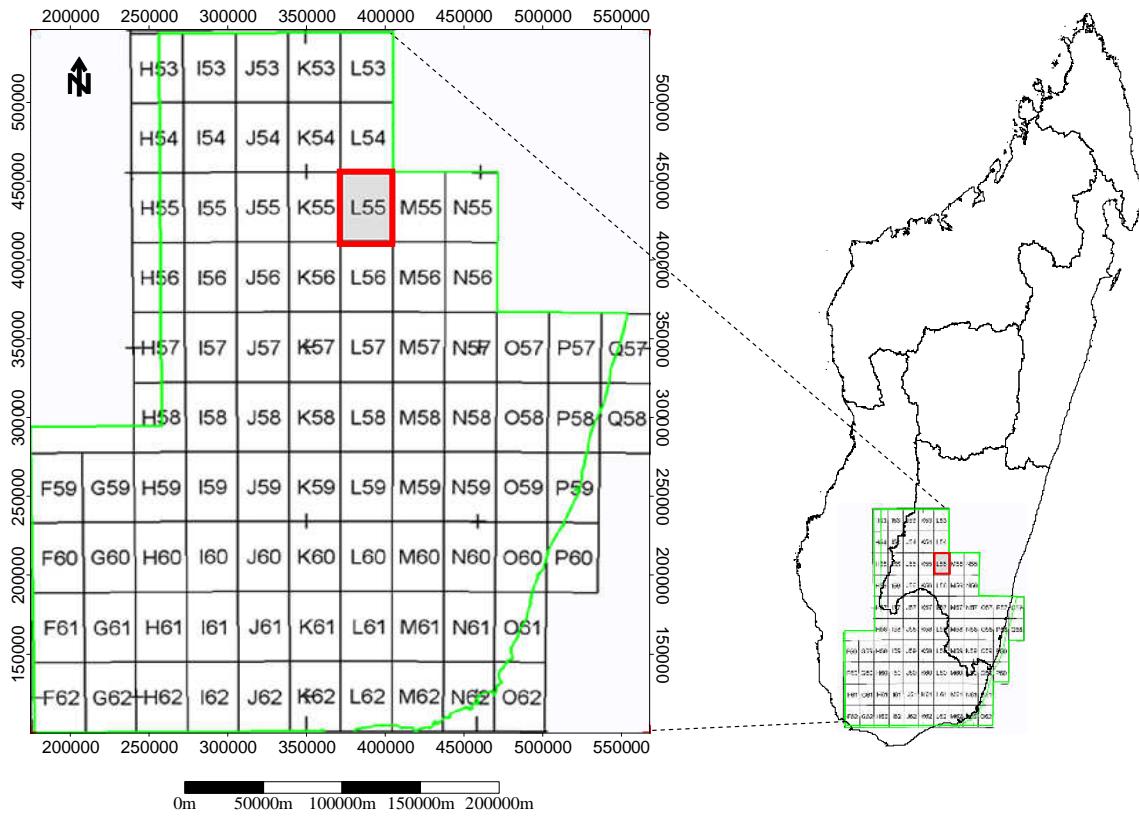


Figure 5: Esquisse de localisation de la feuille L55 (grille FTM)

#### II. 1.1. La région d'Ihorombe

La Région d'Ihorombe se situe dans le centre Sud de la grande Ile. Elle est traversée par la route nationale n°7 et est constituée par trois Districts : Ihosy, Iakora, Ivohibe. Cette région présente une particularité de par sa position intermédiaire entre les Hautes Terres Centrales et la partie Sud de Madagascar c'est-à-dire entre la latitude  $23^{\circ} 10'$  et  $21^{\circ} 61'$  Sud et la longitude  $44^{\circ} 98'$  et  $46^{\circ} 625$  Est. Située dans la partie Sud-ouest de la province de Fianarantsoa, elle représente environ 50 % de la superficie ( $18\ 372\ km^2$ ) totale de la région d'Ihorombe et se trouve au Nord-ouest de la carte. La sous-région Nord-ouest est limitée au Nord par le district d'Ikalamavony, au Sud par le district de Betroka, à l'Est par le District d'Iakora et d'Ivohibe, à l'Ouest par le District de Sakaraha et d'Ankazoabo Atsimo (Figure 6).

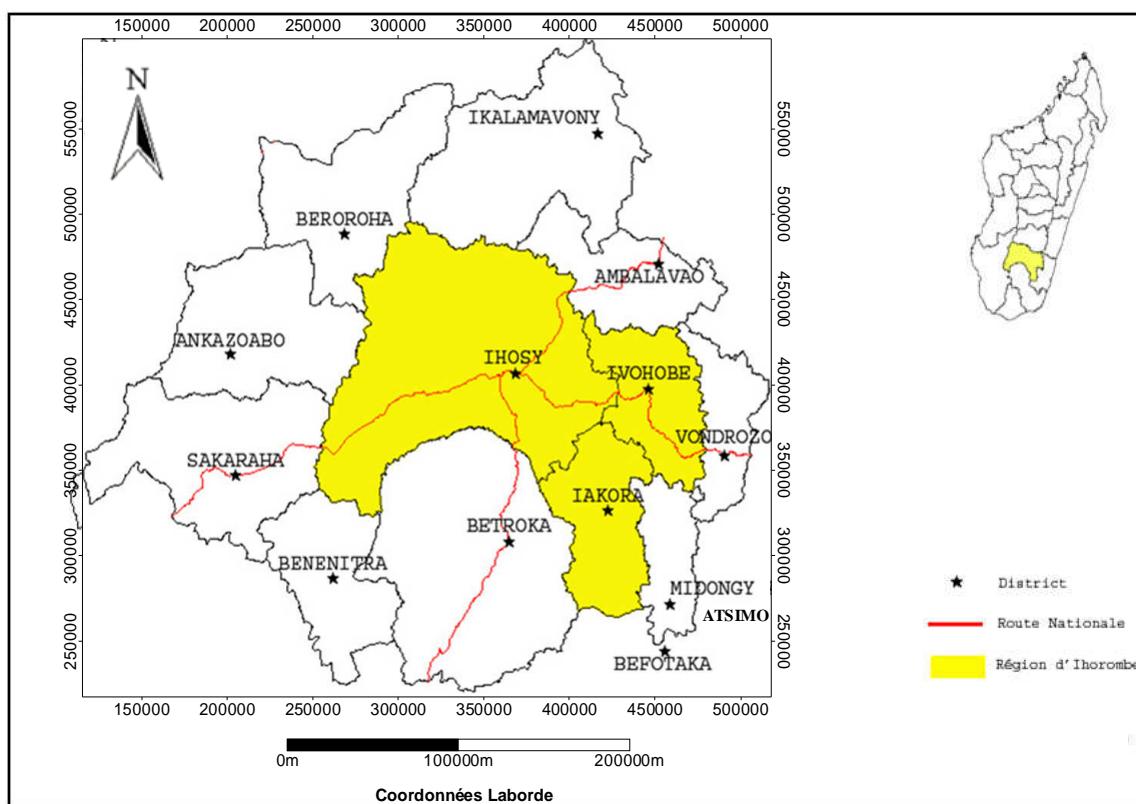


Figure 6: Localisation de la région Ihorombe (BD500/FTM, 2006)

La Région est limitée :

- ❖ au Nord par les Districts d'Ambalavao et d'Ikalamavony ;
- ❖ au Sud par les Districts de Benenitra et de Betroka ;
- ❖ à l'Est par les Districts de Vondrozo et de Midongy –Atsimo ;
- ❖ à l'Ouest par les Districts de Beroroha, d'Ankazoabo - Atsimo, de Sakaraha.

## II. 1.2. Le District d'Ihosy

Le District d'Ihosy occupe la plus grande partie de la Région. Elle est composée d'une Commune Urbaine et de onze Communes Rurales, qui sont les suivantes : Ihosy, Ambatolahy, Mahasoa, Ankily, Irma, Analaliry, Sahambano, Analavoka, Zazafotsy, Ranohira, Satrokala, Menamainty - Iloto. S'étendant sur une superficie de 18.372 Km<sup>2</sup>, le District est caractérisé par un paysage de savane herbeuse recouvrant des reliefs de 300 à 600m d'altitude. Ihosy a un climat tropical sub-semi humide avec une température moyenne de 20°C et une pluviométrie annuelle de 700 à 900mm (UPDR 2003) ce qui le différencie des Hautes Terres centrales (avec un climat frais et humide) et du Sud de l'île (chaud et semi-aride).

## II. 1.3. Le site de prospection

Le site de prospection est situé à VATOVORANA dans le Fokotany de Vatovaky, Commune rurale de ZAZAFOTSY, District d'IHOSY (avec une superficie de 22 672 Km<sup>2</sup>) de

la Région d'IHOROMBE. La région fait partie du domaine des Hauts-Plateaux de Madagascar.

Province : FIANARANTSOA

Région : IHOROMBE

District : IHOSY

Commune : ZAZAFOTSY

Le site de prospection se caractérise par son emplacement, se trouvant dans une forme de cuvette. La route nationale RN7 passe à 2,5km à l'Ouest du site de prospection. VATOVAKY se trouve à 35 km de la Ville d'Ihosy et 10km de ZAZAFOTSY. La commune de ZAZAFOTSY compte 5 754 d'habitants, et le site de prospection environ 200 habitants. Le site se trouve dans le carreau minier de la société Varun Madagascar.

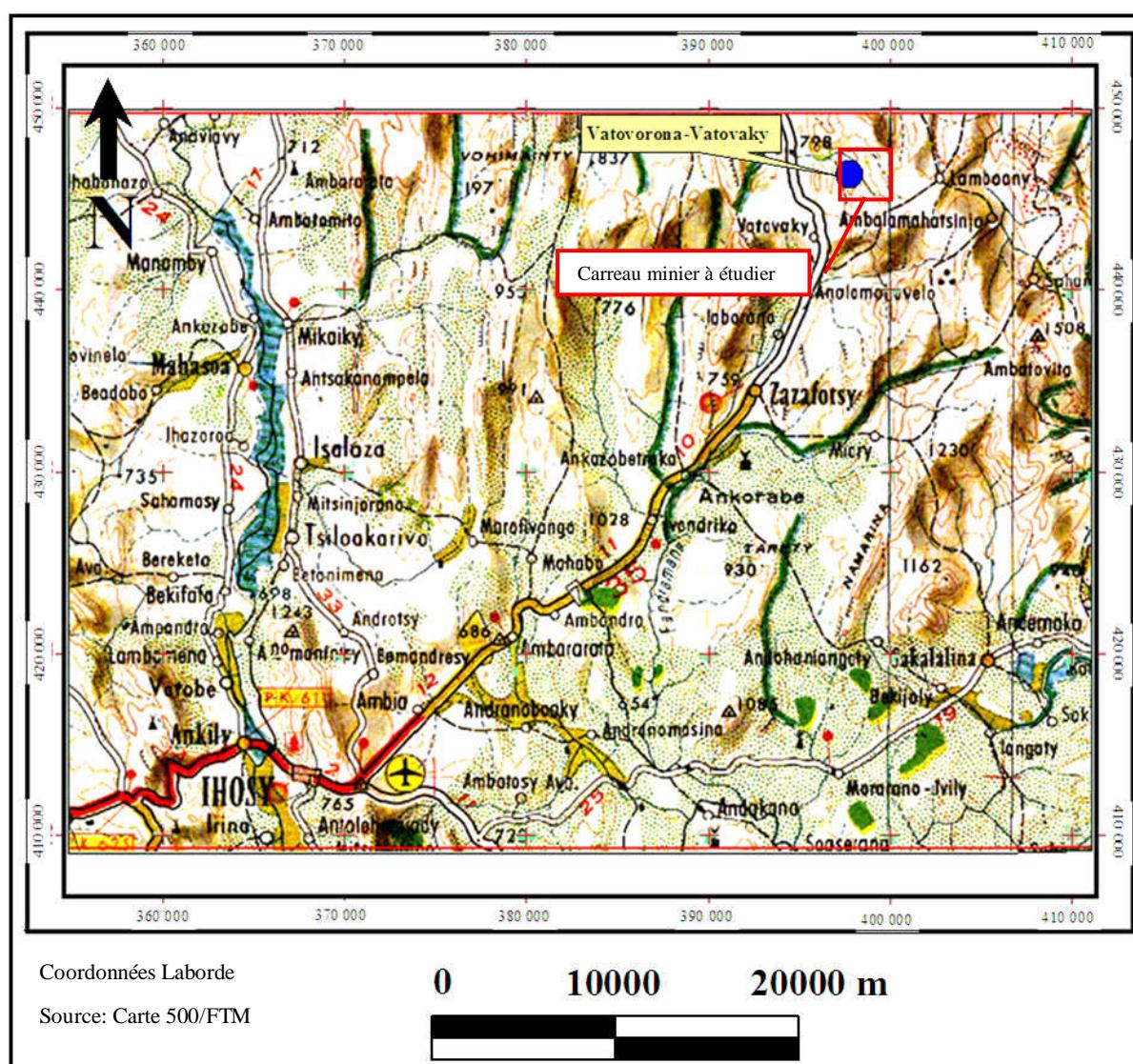


Figure 7: Carte de localisation de la zone d'étude (Vatovorona- Vatovaky) ( Carte 500/FTM ,2006)

Le carreau minier est délimité par les coordonnées suivantes :

**Tableau 6: Coordonnées des coins du carreau minier de la zone d'étude (Varun, 2011)**

Coin du permis minier	Cordonnées Laborde	
	x	y
Nord-Ouest	397500	447500
Nord-est	400000	447500
Sud-est	400000	445000
Sud-ouest	397500	445000

## II. 2. Aperçu géologique

L'histoire géologique de la zone d'étude est rattachée à l'histoire géologique du Sud-Ouest de Madagascar. Ce qui évoque la Rodinia (environ 1100-750 Ma) et le Gondwana (environ 550-500 Ma) au Néoprotérozoïque.

### II. 2. 1. Géologie de Madagascar

#### A) La Rodinia

La Rodinia est le nom d'un supercontinent qui a fini de se former puis s'est fragmenté durant le Néoprotérozoïque. C'est le plus ancien supercontinent connu. La Rodinia, se serait fragmentée il y a environ 750 millions d'années. Ces fragments se rassemblèrent au paléozoïque pour former la Pangée, qui se divisa ensuite en deux autres supercontinents, la Laurasia au Nord et le Gondwana au Sud.

Il y a un point commun à la majorité des reconstitutions. C'est la juxtaposition de la marge Est du continent Laurentia (Amérique du Nord) avec le craton d'Amazonie et la juxtaposition de la marge Ouest Laurentia avec le bloc Est Gondwana (Australie, Est Antarctique, Inde, Madagascar et Sri Lanka). La consolidation du supercontinent Rodinia est marquée par un ensemble d'orogènes d'âge Mésoprotérozoïque à Néoprotérozoïque inférieur environ 1400-900 Ma dénommés sous le terme d'orogènes Greenvillien. Madagascar, les Seychelles et l'Inde se seraient localisés en bordure du supercontinent Rodinia (Figure 8), au début de sa fragmentation au Néoprotérozoïque moyen environ 750 Ma (Torsvik et al, 2001). C'est la reconstitution paléogéographique de la bordure Ouest du supercontinent Rodinia composée de Madagascar, Inde, Seychelles, Australie et Est Antarctique à ~750 Ma. Les domaines en noir correspondent à la localisation des roches d'affinité calco-alcaline faisant partie d'un vaste arc magmatique continental de type Andin résultant de la subduction de l'Océan Mozambique lors de la fragmentation du Rodinia au Néoprotérozoïque moyen (Ashwal et al. 2002).

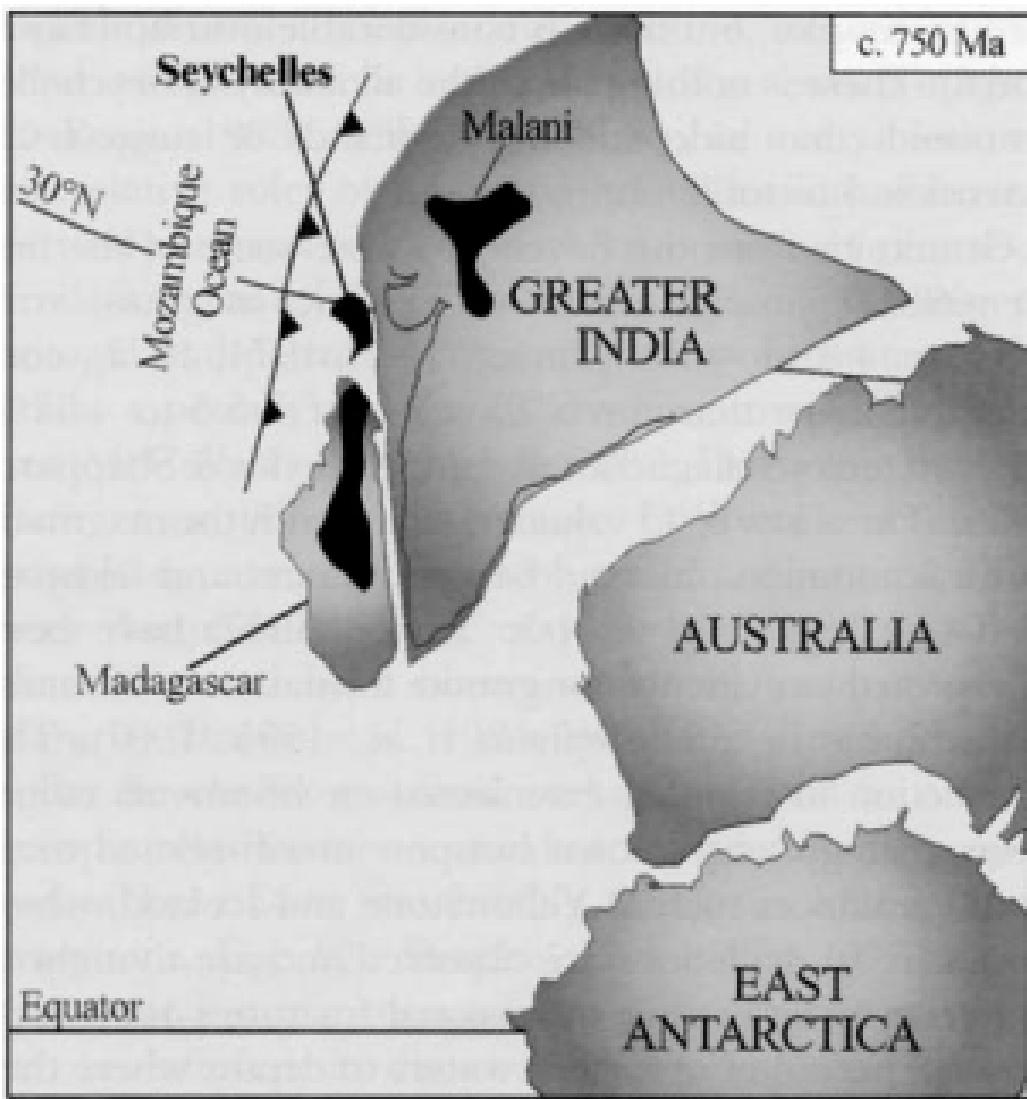


Figure 8: Reconstitution paléogéographique de la bordure du Rodinia (Goncalve, 2002)

## B) Le Gondwana

Le Gondwana est un supercontinent formé à la fin du Néoprotérozoïque (– 600 millions d'années) et qui a commencé à se fracturer au Jurassique (– 160 millions d'années). On distingue le Gondwana du Paléozoïque (appelé aussi Protogondwana) et celui du Mésozoïque. Lors de la fracturation de la Rodinia (environ – 750 millions d'années), on distingue le Gondwana oriental (Afrique australe, Antarctique oriental, Australie, Inde, Madagascar, Arabie, Nouvelle-Guinée, Chine du Nord, Chine du Sud, Indochine et bassin du Tarim) et le Gondwana occidental (Amazonie, craton de Rio de Plata, Afrique occidentale, Floride, Avalonia et Europe du Sud). Ils entrent en collision il y a 600 millions d'années en prenant en tenaille le craton du Congo, formant l'orogénèse panafricaine. Ce qui produit les limites de Madagascar en rouge et le bloc Azania en bleue (Madagascar, Somalie, Ethiopie et Arabie) (Figure 9).

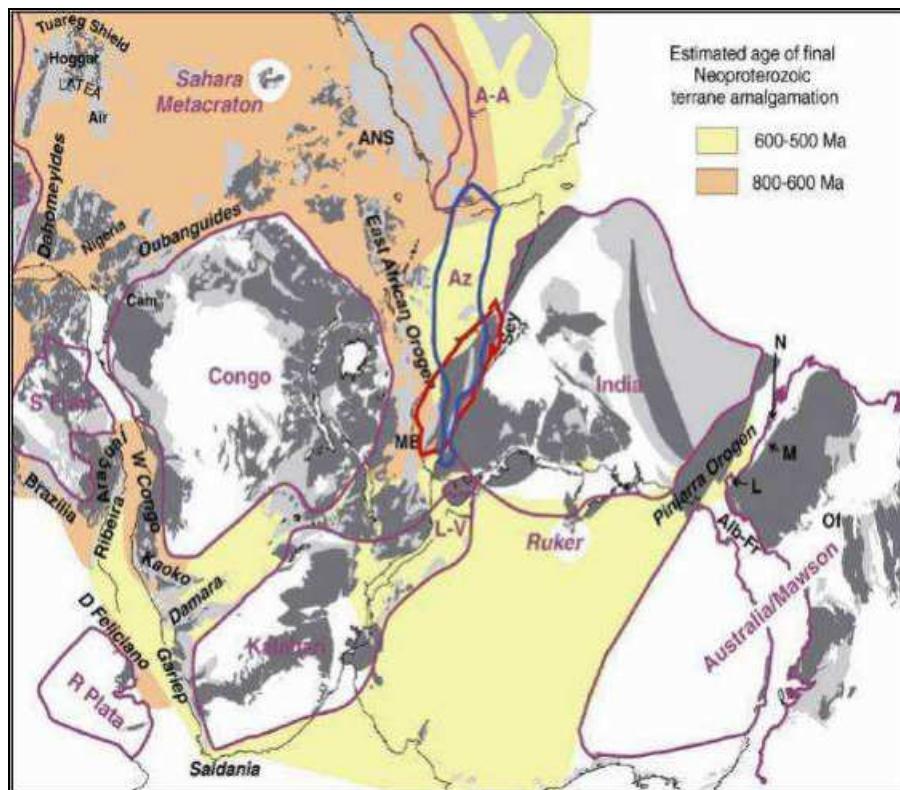


Figure 9: Carte de la partie centrale du Gondwana (Collins et al. 2005)

La fragmentation du Rodinia et la fermeture de l'océan Mozambique aboutirait à la consolidation du supercontinent Gondwana au Néoprotérozoïque (Hoffman, 1991; Powell, 1993; Meert et Van der Voo, 1997) et la formation de la chaîne Mozambicaine qui correspondrait à la suture majeure entre les blocs Est et Ouest Gondwana (Shackleton, 1986). Il y a deux modèles tectoniques de consolidation du Gondwana au Néoprotérozoïque :

- Le premier est un modèle de collision unique qui implique les blocs Est et Ouest Gondwana après fermeture complète de l'océan Mozambique. Le bloc Est Gondwana tournait dans le sens opposé de la montre par rapport à un axe localisé approximativement à l'Ouest du Laurentia (Figure 9).
- Le deuxième est celui que Meert et Van Der Voo (1997) proposent un modèle de collision en deux étapes qui permet de rendre compte des données paléomagnétiques montrant que les fragments Australie et Antarctique du bloc Est Gondwana ne sont pas consolidés avec le reste du Gondwana avant ~550 Ma.

### C) Madagascar

Remarque :

Maintenant l'appellation *leptynite* est remplacée par le *leucogneiss*. Mais sur le terrain, c'est le terme *leptynite* que nous avions utilisé et que nous voulions garder.

En 2002, Collins et Windley ont identifié dans le socle cristallin malagasy cinq grands ensembles :

- 1) le craton Archéen de l'Antongil ;
- 2) le socle granito-gneissique ;
- 3) les unités basiques de Beforona ;
- 4) la série Schisto-Quartzo-Calcaire(SQC) ;
- 5) le Nord Madagascar (les unités de Bemarivo).

Cette théorie mettait en évidence la liaison entre les unités tectono-métamorphiques, les zones de cisaillement et les formations structurales de Madagascar. La Figure 10 montre la zone de cisaillement d'Ifanadiana-Angavo qui traverse du Nord au Sud les hauts plateaux centraux malgaches est responsable de raccourcissement accompagné d'une verticalisation de la foliation et d'un déversement général vers l'Est des plis régionaux. Ensuite la zone de cisaillement de Toamasina-Manongarivo longe la suture Betsimisaraka dans sa partie Nord-Ouest entre Toamasina et la presqu'île d'Ampasindava. Enfin la structure chevau-décrochante (Rolin, 1991) de Bongolava-Ranotsara qui serait une structure gondwanienne réactivée au Crétacé et qui serait alors responsable de la formation par accrétion des intrusions circulaires qui la longent (Lardeaux et al, 1997).

Le tableau 7 montre les classifications des théories concernant des formations géologiques du socle cristallin Malgache.

**Tableau 7: Tableau comparatif des subdivisions des unités tectono-métamorphiques**

Auteurs	Subdivisions	Détails
Collins et Windley, 2002	5 grands ensembles	<ul style="list-style-type: none"><li>- Craton Archéen de l'Antongil</li><li>- Unités basiques de Beforona</li><li>- Socle granito-gneissique</li><li>- Série Schisto-Quartzo-Calcaire(SQC)</li><li>- Unités de Bemarivo dans le nord de Madagascar.</li></ul>
PGRM, 2008	5 domaines	<ul style="list-style-type: none"><li>- Le domaine de Vohibory</li><li>- Le domaine de Bemarivo</li><li>- Le domaine d'Itremo-Ikalamavony-Tonagnaro</li><li>- Le domaine d'Antananarivo</li><li>- Le domaine d'Antongil Masora</li></ul>

## CARTE DES UNITES TECTONO-METAMORPHIQUES DU CAMBRIEN DE MADAGASCAR

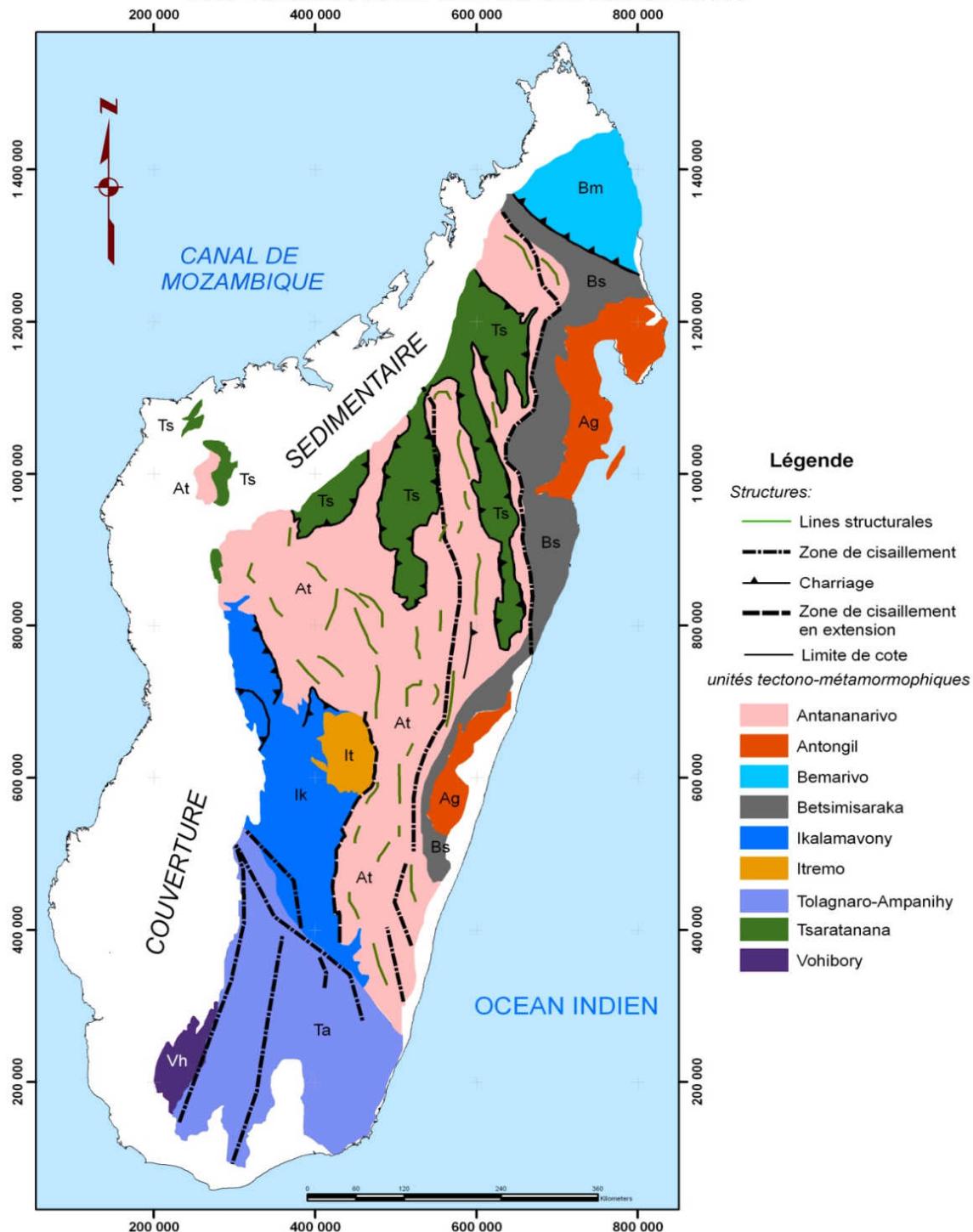


Figure 10: Carte des unités tectono-métamorphiques du socle cristallin de Madagascar (Collins & al, 2002)

Les formations rocheuses à Madagascar sont relatives à leur âge de formation et aussi de leur emplacement géographique (tableau 8).

**Tableau 8: Tableau récapitulatif des datations et des classifications des événements du socle précambrien à Madagascar (Source : RAZAFINIMPARANY, 1978 et MENANT et ORIA, 1964)**

Eres géologiques	chronologie	Episode	Événements géologiques	Système	Série	Roche	Minéralisation
Précambrien Terminal	1000 MA à 600 MA	Primaire Hercynien et Caledinien	Régression de la mer à stromatolithes			Tillites	
Précambrien Supérieur	1000 MA à 2000 MA	Orogenèse Mozambicaine - panafricaine	Remétamorphisme des séries précédentes en donnant des réactivations locales de migmatites ou mise en place de granité par anatexie	Vohibory		Schiste, Quartzite, Grés, migmatites, Granité d'anatexie	Conglomérats aurifères, Pegmatites minéralisées en U, Th, Be, Nb, Ta
Précambrien Moyen	2000 MA à 3000 MA	Orogenèse Kibarienne	Deuxième métamorphisme des séries précédentes par le faciès amphibolite et réactivation des séries plus anciennes	Graphite	Amborompotsy, Ikalamavony, Ihosy, Bevinda et Ihorombe	Schiste, Quartzite, Grés, Migmatites, Granite Et Charnokites	Galène, Or
Précambrien Inférieur	Antérieur à 3000 MA	Episode thermique Eburienne	Métamorphisme de rhyolite donnant de leptynites, Mise en place du volcanisme, sédimentation	Androyen	Fort-Dauphin, Tranomaro, Ranotsara, Tsitondroina	Gneiss, Micaschistes, Quartzite Plissées, Leptynites	Or apporté par des intrusions de granite et de diorite dans le quartzite

## II. 2. 2. Contexte géologique de la zone d'étude

Situé dans le socle granito-gneissique, VATOVAKY est subdivisé en deux unités délimitées par la zone de cisaillement de BONGOLOVA-RANOTSARA et de ZAZAFOTSY. Cette subdivision est essentiellement basée sur la différence d'âge observée entre les deux unités. La région est caractérisée par un faciès métamorphisé et est représentée par des granites migmatitiques (Rakotomavo, 1966).

Les assemblages géologiques de Madagascar, se regroupent essentiellement en 3 groupes de roches : le **socle précambrien**, les **roches sédimentaires phanérozoïque** et les **roches volcaniques**. La zone d'étude se trouve dans le socle précambrien où la région a été soumise à un métamorphisme profond (catazone) caractérisé par les minéraux suivants : biotite, amphibole, pyroxène et corindon.

La plus grande partie de Madagascar incluant la partie Sud, objet du présent mémoire, a vu son accrétion se réaliser au travers de plusieurs phases orogéniques sur plus de 3 milliards d'années, avant le dépôt des séries sédimentaires continentales du Karoo de la fin du Paléozoïque au Jurassique. Au Jurassique supérieur, la mise en place de nombreuses et volumineuses coulées basaltiques souligne la lente séparation de Madagascar des autres sous-continents du Gondwana.

## II. 2. 3. Tectonique et évolution structurale

A Madagascar, quels que soient les modèles d'accrétion du Gondwana, la « fin de l'histoire » est associée à un raccourcissement Est Ouest majeur. Ce raccourcissement est visible dans l'ensemble des unités décrites précédemment. Ce dernier épisode (de raccourcissement) reprend des structures tectoniques horizontales. On observe alors le développement de plis ouverts, avec des figures d'interférences de plis. Ces plis évoluent en plis fermés et transposés, jusqu'au développement de grandes zones de cisaillement (ZC) de dimensions kilométrique. Ces ZC auraient été actives jusqu'à la fin du Néoprotérozoïque, début du Cambrien (Martelat, 1998, Goncalves et al, 2004, Zhao et al. 2006). Les terminologies de ces différents champs de déformations sont D1 et D2.

Le terme D1 définit les structures à plat, linéation d'étirement Est-Ouest et aplatissement vertical dominant. Le terme D2 définit les plis ouverts ou isoclinaux à axes peu pentés Nord –Sud. Aussi D2 définit également la verticalisation des plans D1, soit le développement d'une nouvelle foliation verticale et des ZC kilométriques transpressives à linéations peu pentées dans un contexte de raccourcissement Est – Ouest (Figure 11)Figure 11: Carte des zones de cisaillement et de faille principale du Sud de Madagascar (*à gauche : Boulanger, 1957- à droite : Martelat et al, 2000 in Goncalves, 2002*), qui sont :

- La ZC de l'Angavo (Windley et al, 1994 ; Nédélec et al. 2000, Grégoire et al. 2009), qui se prolonge au Sud par la ZC d'Ifanadiana (Martelat et al. 2000) ;
- la ZC d'Ejeda (Martelat et al, 2000),
- la ZC d'Ampanihy (Martelat et al, 2000),
- la ZC de Beraketa (ou Vorokafotra ; Martelat et al, 2000),
- la ZC de Tranomaro (Martelat et al, 2000),
- et la ZC de Zazafotsy (Rolin, 1991 ; Martelat et al, 2000).

Un domaine particulier est la ZC de Bongolava - Ranotsara (Martelat et al. 2000), dont les limites ne sont pas très claires. En effet dans sa terminaison Nord - Ouest, la ZC de Bongolava - Ranotsara s'anastomose avec la terminaison Nord de la ZC de Beraketa. Dans sa partie Sud et Sud – Est, des sédiments quaternaires recouvrent ce domaine. De plus, elle

interfère avec des failles kilométriques : les failles de Ranotsara (Bazot, 1976 ; Hottin, 1976), qui sont marquées par de faibles niveaux topographiques, de même orientation que les foliations.

Au Nord de la ZC de Bongolava – Ranotsara, on a pu identifier des intrusions magmatiques datées à 700 - 800 Ma et 1008 Ma (Rakotoarimanana, 2001), qui ne se retrouvent pas dans la zone Sud. C'est sur cet argument que la structure de Bongolava – Ranotsara est proposée comme une limite tectonique majeure mettant au contact des unités Nord et Sud différentes.

Du point de vue tectonique, la structure d'ensemble de Zazafotsy se présente en plis dont les axes sont sensiblement orientés Nord-Sud avec toutefois une légère flexion vers l'Est ou vers l'Ouest. Les plis représentent des pendages Ouest souvent forts (de 50° à sub-vertical), et quasi constants. Ce qui conduit à l'agencement des couches, selon leur nature structurale et pétrographique :

- 1°- Le niveau quartzitique,
- 2°- La série gneissique à biotite, à prédominance amphibolique,
- 3°- La série gneissique pyroxéno-épidotique,
- 4°- Les leptynites grenatifères à sillimanite.

Les roches métasomatiques sont en position inférieure par rapport aux gneiss à biotite et amphibole (source TBG 1964).

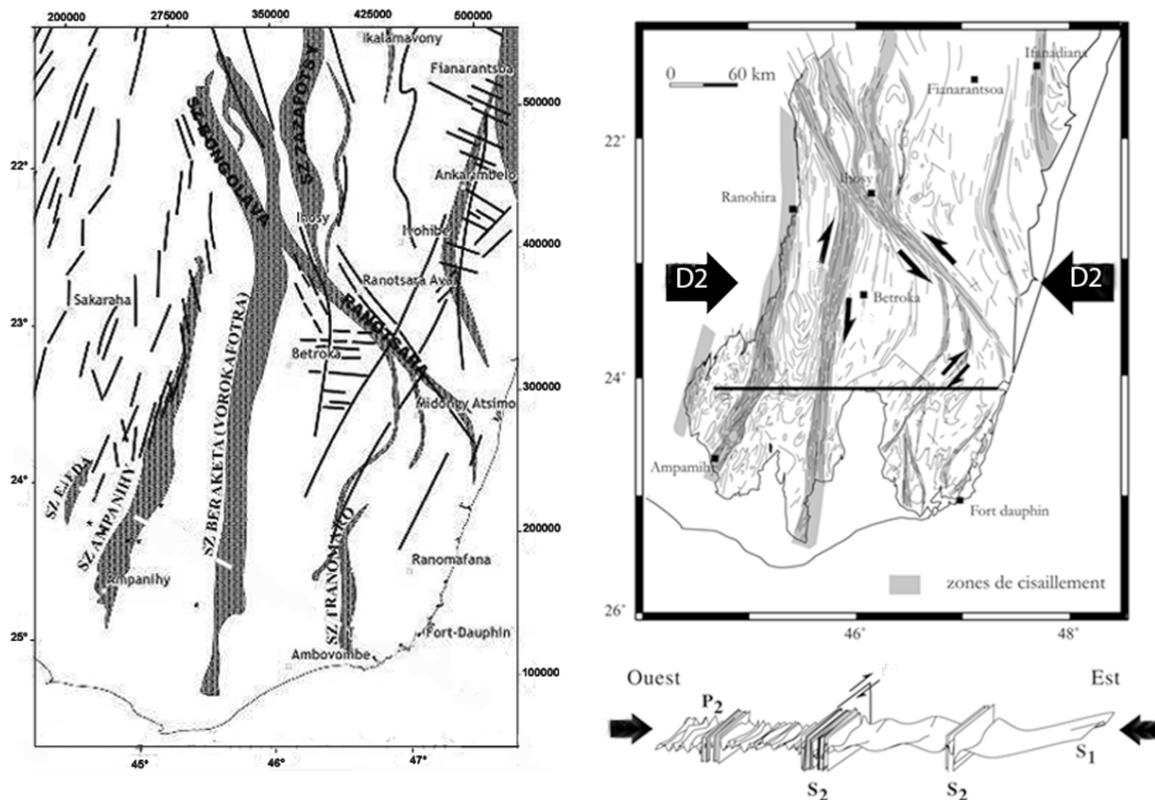


Figure 11: Carte des zones de cisaillement et de faille principale du Sud de Madagascar (à gauche : Boulanger, 1957- à droite : Martelat et al, 2000 in Goncalves, 2002)

## II. 2. 4. Travaux antérieurs concernant la zone d'étude

- Mise en évidence des facies géologiques de la région par appui des photos aériennes et réalisation de la carte L55 à l'échelle de 1/200000<sup>ème</sup>, Besairie, 1932 (cf. annexe Figure 39).
- Etude géologique : feuille ZAZAFOTSY(L55), Rakotomavo, 1966.
- Classification et réalisation de la carte géologique du socle cristallin de Madagascar, Collins & al, 2000-2002 (Figure 10).
- Réalisation des travaux de cartographie géologique de Madagascar, révision approfondie de la cartographie géologique et minière aux échelles 1/100000<sup>ème</sup> et 1/500000<sup>ème</sup> Zone Sud, Juillet 2005 par Martelat (Figure 41).
- Renouvellement de la carte géologie de Madagascar par le PGRM, 2008 (Figure 42).

## II. 3. Conclusion partielle

La zone d'étude se trouve près des Shear zone de Zazafotsy (Randrianasolo, 2009). C'est une zone métamorphisée. Dans cette région, les minéralisations de l'or se trouvant dans du filon hydrothermal, sont apportées par le fluide hydrothermal en suivant des veines de quartz. Ce cas se produit dans le contexte de l'amincissement de la croûte terrestre suite au magmatisme et à la tectonique de la région.

# **PARTIE II : TRAVAUX REALISES**

## CHAPITRE III- TRAVAUX SUR TERRAIN

### III. 1. Enoncé de la méthode de prospection par cheminement ou Pit Geology

Pour avoir du résultat plus précis, l'équipe a choisi d'utiliser la méthode de prospection par cheminement ou Pit Geology. Etymologiquement, le « pit geology » c'est la géologie qui traite la pépite. Ce qui consiste à faire d'échantillonnage par niveau à chaque changement de couche. C'est une méthode qui combine la prospection par tranchée habituelle, le rainurage et l'échantillonnage par maille serrée. Dans ce cas, le pas des mailles suit des lignes décalées de 5m entre elles (Figure 20), et l'autre pas change avec le changement des couches (nature et couleur). L'équipe de géoscience de la société VARUN Madagascar a choisi d'utiliser cette méthode pour espérer d'en tirer plus de résultats crédibles à propos du gisement.

### III. 2. Objectif de l'étude sur terrain

La descente sur terrain permet de prendre plus de données à propos du site d'étude, car les indices trouvés sur le site nous aident à comprendre le mode de formation et la disposition du gisement en place. L'évolution de la prospection aurifère est reflétée par l'organisation et la détermination de l'équipe sur le terrain. L'équipe doit avoir une bonne convivialité avec la population autochtone pour travailler sans incidences.

### III. 3. Matériels

Nous avons utilisé les données et les matériels suivants pour réaliser l'étude du gisement :

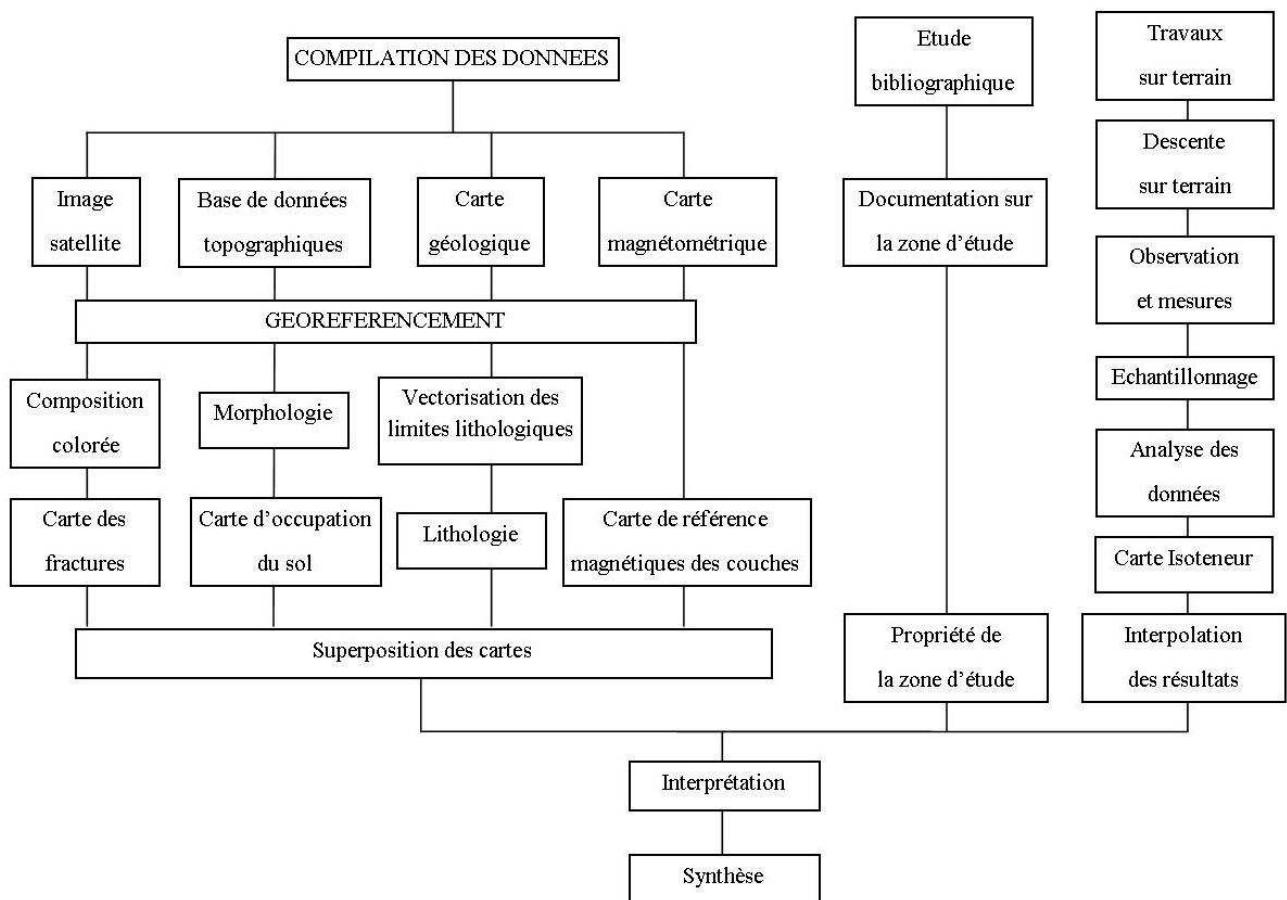
- Image satellitaire : Image Landsat 7, ETM<sup>+</sup> scène n° 159076.
- Carte topographique : base de données des courbes de niveau possédant une équidistance de 25m et une projection UTM Zone 38, Southern Hemisphere (WGS 84).
- Carte géologique de la feuille L55 au 1/100 000 de la région (Zazafotsy, 1972) numérisée et géoréférenciée en fonction de la projection Laborde Madagascar.
- Carte magnétométrie de L55 au 1/100 000 de la région (Zazafotsy, 2008) numérisée et géoréférenciée en fonction de la projection Laborde Madagascar.
- Echantillonnage.
- Mesures et observations effectuées sur le terrain,
- Données géochimiques provenant des laboratoires chimiques : OMNIS et Genalysis.

Ces données sont ensuite intégrées et analysées dans un environnement SIG pour la cartographie de la zone d'étude et l'estimation du gisement. Le traitement des données s'est fait en combinant les principaux logiciels suivants :

- logiciel de traitement d'imagerie satellitaire (Envi)
- logiciel de SIG (MapInfo, Surfer)
- Logiciel de CAO, PAO et DAO (Autocad)
- Logiciel de traitement de données statistiques (Microsoft Works, JMP)

### III. 2. Méthodologie du travail

L'Organigramme 2 représente la méthode utilisée durant de la rédaction de l'ouvrage. Les recherches bibliographiques étudient le minerai (or) et la nature du site d'étude. La descente sur terrain conduit à la découverte du site en grandeur nature et procède aux échantillonnages. Ensuite les traitements des cartes (géologique, topographique, magnétométrie, imagerie satellitaire) permettent d'étudier les formations et les structures de la zone d'étude. L'extrapolation des données recueillies sur terrain avec la carte de synthèse permet de déterminer la valeur du gisement sur le site.



### III. 3. Répartition des tâches sur le terrain

Toutes opérations sur terrain sont effectuées sous la direction du géologue en chef et le chef du chantier (Tableau 9).

Tableau 9: Tableau de répartition des tâches sur le chantier (source : auteur 2013)

Personnel		Nombre	Origine	Matériels utilisés	Attribution
Equipe de Géoscience	Chef de chantier	1	VARUN Madagascar		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduire les travaux de prospection,</li> <li>- Réaliser le timing des travaux,</li> <li>- Choisir l'endroit de l'excavation dans le site de prospection,</li> <li>- Prendre en charge le piquetage pour la délimitation la zone d'étude,</li> <li>- Prendre en charge la distribution du carburant pour les véhicules.</li> </ul>
	Géologue	2			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Géoréférencier la zone de travail,</li> <li>- Observer et analyser les faciès sur le site,</li> <li>- Faire de l'échantillonnage suivant une ligne horizontale et verticale,</li> <li>- Mesurer le pendage et la direction des couches,</li> <li>- Assurer le catalogage des échantillons avant leur envoi aux laboratoires,</li> <li>- Décrire les faciès et toutes les caractéristiques du point de prélèvement.</li> </ul>
	Aide géologue	2			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporter les matériels utilisés sur terrain,</li> <li>- Nettoyer le site après excavation,</li> <li>- Prélever et peser les échantillons,</li> <li>- Mise en sac des échantillons,</li> <li>- Peser les échantillons.</li> </ul>
Equipe de Génie civil	Chef des travaux	1	Ambole	Pickup de ravitaillement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduire les travaux d'excavation,</li> <li>- Superviser la maintenance des engins,</li> <li>- Acheter du vivre et du carburant.</li> </ul>
	Conducteur excavateur	2		Excavateur (02)	Déblayer les sites pour l'étude
	Chauffeur de camion	2		Camion (02)	Transporter les déblais
Force de l'ordre	Agents sur terrain	4	Gendarmerie nationale	- Arme à feu, - talkie-walkie	Assurer la sécurité du personnel et des matériels sur le terrain
	Agent mobile	1		Arme à feu	Escorter et assurer la sécurité du personnel durant son déplacement vers les villes

L'équipe de terrain est formée par le personnel du géoscience de la société VARUN Madagascar, d'un service de sous-traitance de la société AMBOLE qui est affecté à l'exécution des travaux de génie civil sur le chantier, et enfin du personnel responsable de la sécurité sur le site.

### III. 4. Aperçu des méthodes de prospection sur le terrain

#### III. 4. 1. Le mode d'accumulation de l'or sur le site étudié (veines de Quartz)

La minéralisation d'or à VATOVORONA se trouve essentiellement dans les veines de quartz. Mais il se peut que les paillettes d'or se propagent dans le sol, à cause des infiltrations d'eau de ruissellement. Il en a aussi au bord de l'aval d'une rivière, qui passe à l'Ouest du site.

#### III. 4. 2. Recherche de filon

Avant la mise en place le site, la société VARUN Madagascar avait fait des arrangements avec les habitants et les exploitants artisanaux. La société a engagé les deux aides géologues parmi les exploitants, pour leur expérience et leur connaissance du lieu. Nous avons choisi de prélever des échantillons sur le plan vertical et horizontal. Ce qui met en évidence la concentration aurifère dans les couches existantes et dans les veines de quartz.

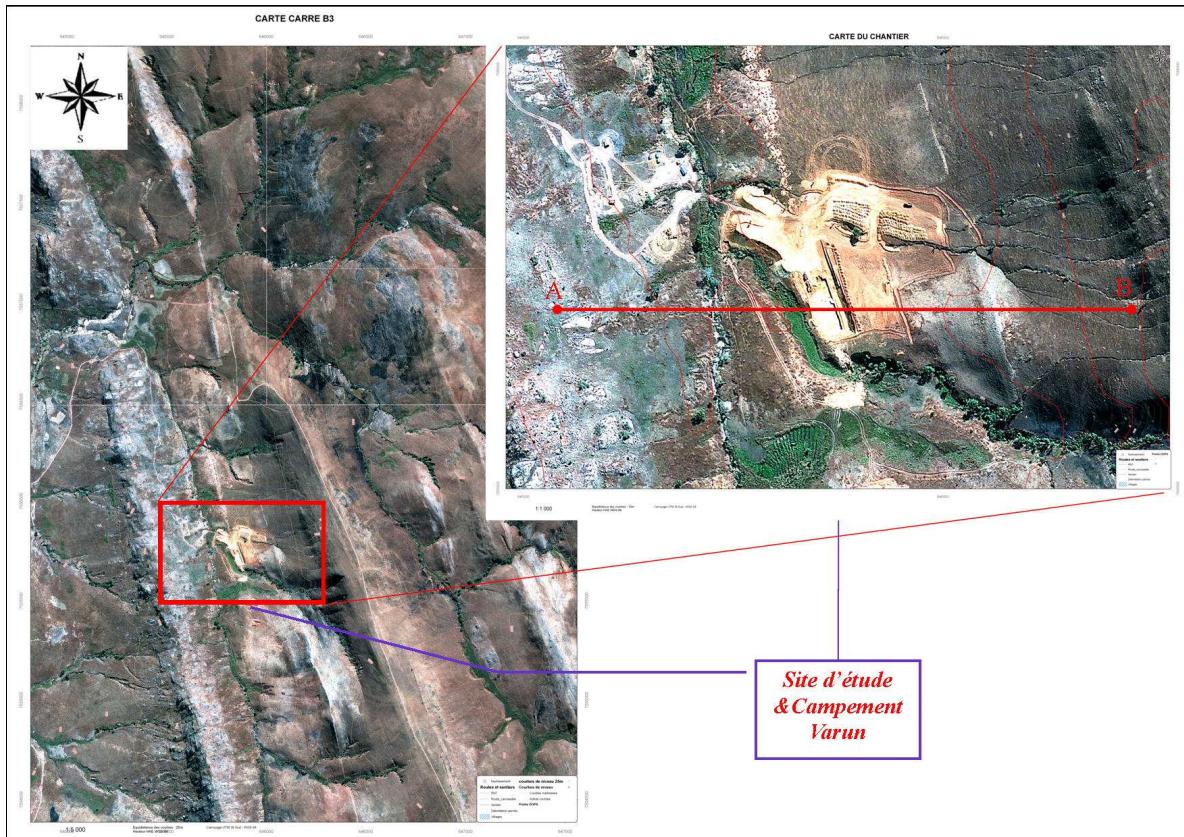


Figure 12: Image satellite du site de prospection (source : Varun)

Nous avons utilisé la photo satellite du site, en composition coloré RVB (Figure 12). Cette manœuvre nous a aidé à la localisation de la continuité du veine de quartz dans la zone d'étude. La coupe A-B permet d'identifier le veine de quartz et l'emplacement du site de prospection.

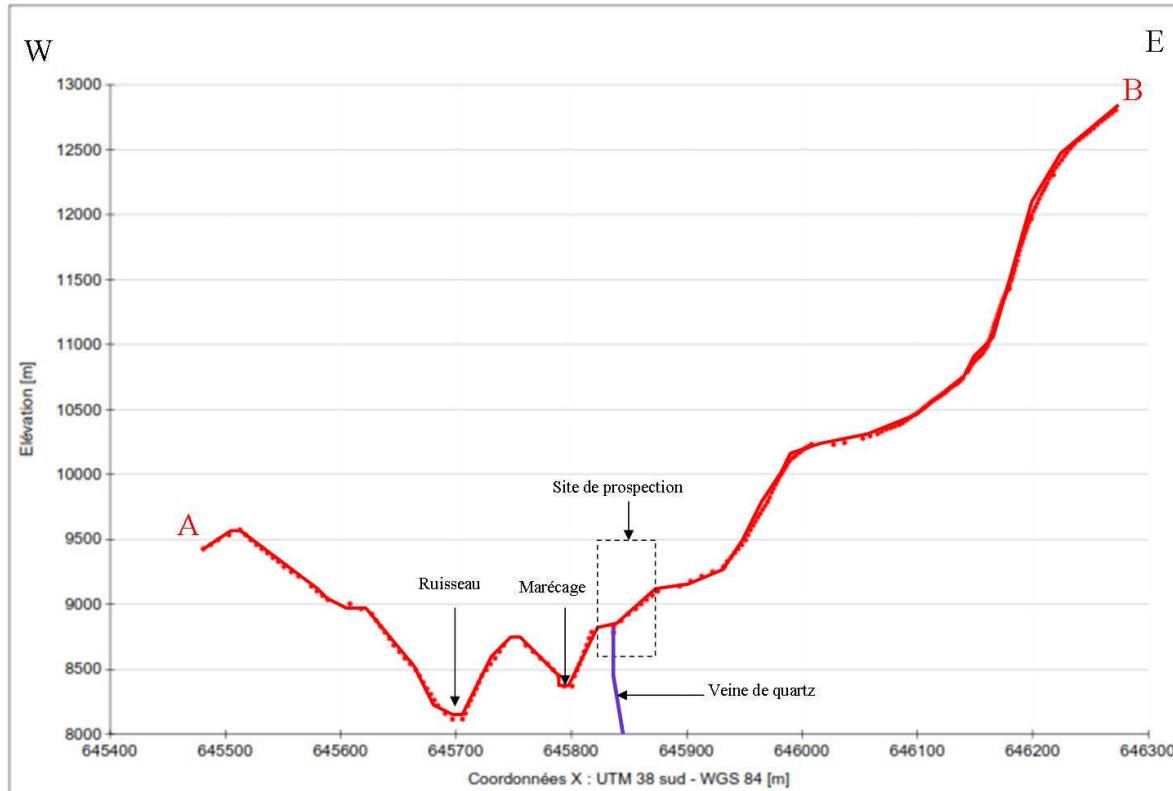


Figure 13: Coupe A-B

### III. 4. 3. Traitement des bases de données pour la réalisation de tranchées

Nous avons fait de compilation des données concernant la zone d'étude, qui consiste à corrélérer les données sur la carte topographique, magnétique, géologie et structurale pour savoir la situation de gisement. Cela facilite et permet au géologue de délimiter scientifiquement les points de prospection.

#### A) Carte topographique

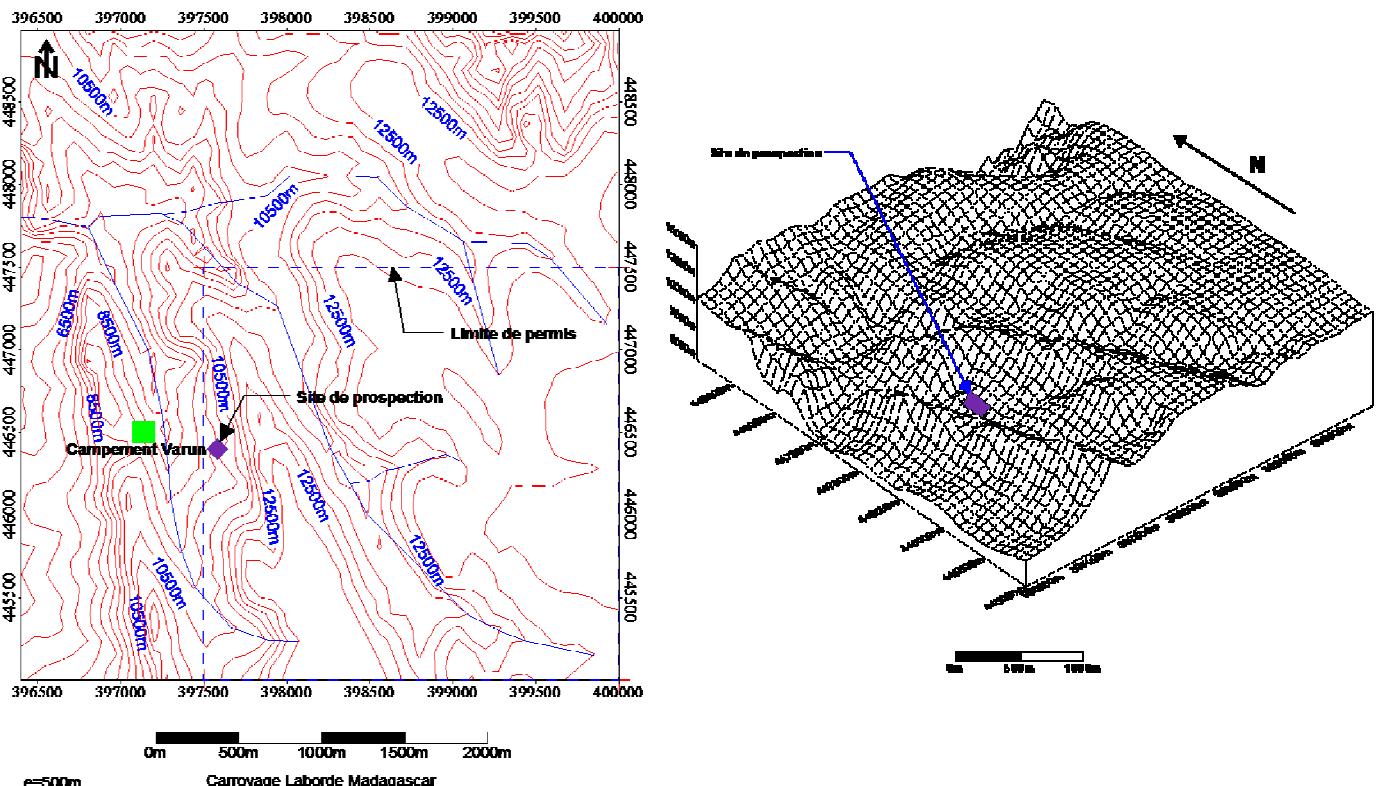
La carte topographique montre l'accès vers VATOVORONA. Une route secondaire aménagée par l'entreprise VARUN Madagascar, mène vers le site de prospection. Le secteur est proche d'habitation de mineur traditionnels. Un village des paysans se trouve à 500m au Nord du campement. Les altitudes moyennes de la zone d'étude sont environnées entre 900 et 1142m.

Un recalage d'image satellite de coordonnées UTM zone 38 sud en coordonnées Laborde est nécessaire pour travailler sur les bases de données BD 500. Sur une carte avec des

coordonnées UTM, nous avons repéré un point que nous connaissons ses coordonnées Laborde. Ensuite, nous avons fait un calcul pour transformer les coordonnées UTM GS84 en coordonnées Laborde Madagascar. Pour l'axe des x, il y a une différence de 248410 m et pour l'axe des y cette différence est de 7109360m. Nous avons fait une soustraction des coordonnées UTM 38 sud par ces différences pour avoir les coordonnées Laborde.

**Tableau 10: Conversion des coordonnées UTM 38 sud en coordonnées Laborde**

Coordonnées Axes	UTM 38 sud	Laborde
x	646000	397590
y	7555740	446380



**Figure 14: Carte topographique de la zone d'étude et esquisse géomorphologique du carreau minier**

## B) Carte magnétique

La carte magnétique de la zone d'étude (figure 16) montre de variation des couleurs suivant la nature du magnétisme des couches sous-jacentes. Pour le site de prospection, le magnétisme se classe entre -1.9 nT/m jusqu'à 0 nT/m.

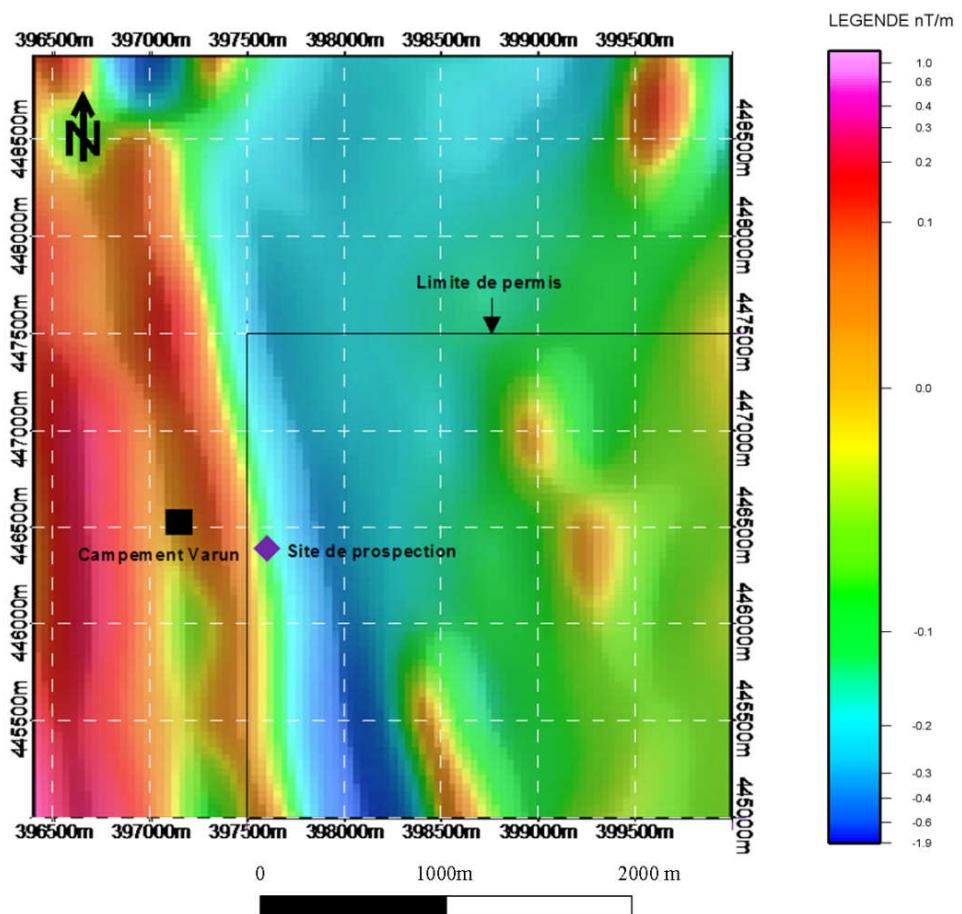
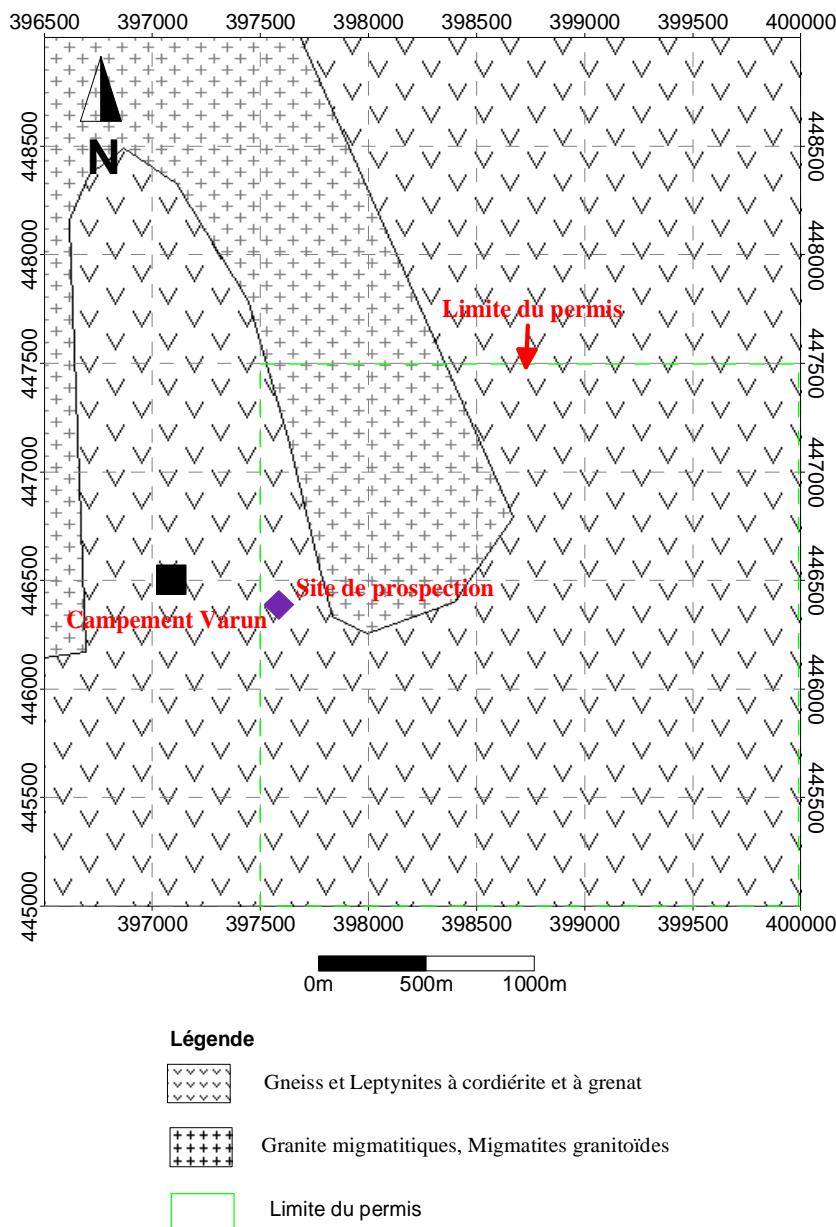


Figure 15: Carte de la magnétométrie de la zone d'étude (source PGRM).

### C) Carte géologique (SIGM 2006)

La zone d'étude se trouve dans un ensemble de métamorphisme, dans le groupe de Fort-Dauphin, dans le série de Fort-Dauphin et du système Androyen. La lithologie est formée de granite migmatitiques, migmatites granitoïdes et du gneiss et leptynites à cordiérite et à grenat. Les minéralisations connues dans cette zone sont le sillimanite; le cordierite et le grenat.

Les leptynites sont représentés par de leur altération en boule, et la formation gneissique par une altération qui provoque des cassures rhomboédriques. Les gneiss sont caractérisés par le litage fin qui leur est propre ; l'alternance des lits ferromagnésiens et des lits quartzo-feldspathiques est finement serrée et régulière. Par endroits, la structure litée du gneiss est recoupée ou déformée par des veinules granitiques pegmatitiques ou aplitiques. La structure caractéristique des gneiss est plus ou moins effacée et le faciès passe au caractère granitoïde. Les leptynites sont caractérisés par de structure montrant du quartz aplati et étiré ce qui renferment de biotite à faible proportion.



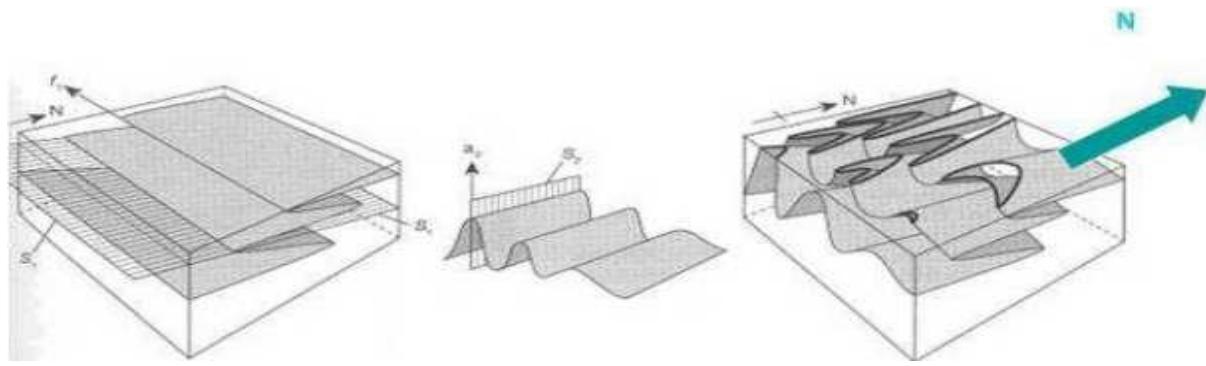
**Figure 16: Carte géologique de la zone d'étude (SIGM 2006)**

#### D) Carte structurale

La carte structurale est obtenue à partir du traitement d'image satellite : Landsat 7, ETM<sup>+</sup> scène n° 159076 en composition colorée 4-3-2=RVB, et une image en panchromatique.

Les linéaments structuraux sont apparus sur l'image satellite (cf. annexe : figure 42). Ce qui aboutissent aux tracées de foliation causée par les déformations D1 et D2. Les réseaux de drainage en treillis déterminent qu'il y a une présence de plis dans la région, et ces plis ont de direction axiale conforme à la direction générale des trajectoires des foliations.

Nous avons pu réaliser une carte tectonique à partir de images satellitaires traitées en composition colorée 4-3-2 et en panchromatique (figure 19). Ce qui nous aide à tracer les linéaments et les trajectoires de foliation. Dans la planche L55, des plis en champignon sont identifiés.



**Figure 17: Superposition de plis en champignons (Goncalve, 2001).**

L'image panchromatique permet de déterminer les fractures dans la zone L55. Les directions des fractures sont représentées par un diagramme en rose. La majoritaire des fractures à la direction NW-SE.

**Tableau 11: Recensement de nombre de fracture sur l'image panchromatique**

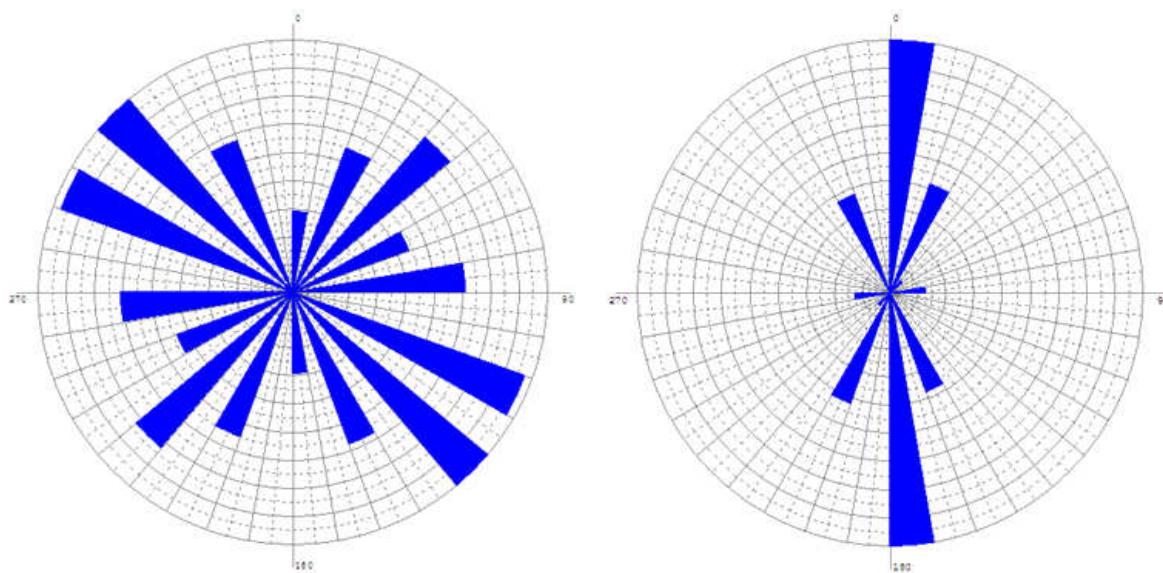
Direction	N-S	NNE-SSW	NE-SW	ENE-WSW	E-W	ESE-WNW	NW-SE	NNW-SSE
Nombre	10	19	25	15	21	30	31	20
Pourcentage [%]	5,85	11,11	14,62	8,77	12,28	17,54	18,13	11,70

**Tableau 12: Recensement de nombre ligne de crête sur l'image 4-3-2**

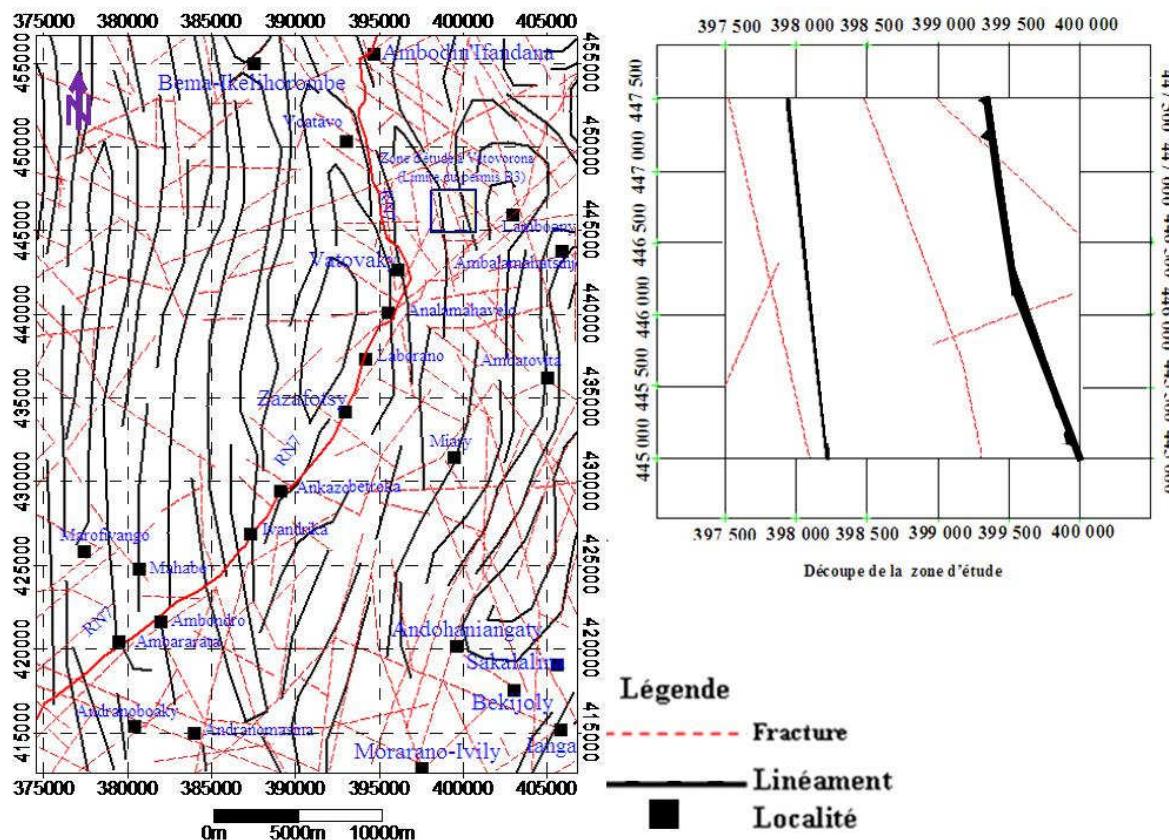
Direction	N-S	NNE-SSW	NE-SW	E-W	NNW-SSE
Nombre	58	27	4	9	23
Pourcentage [%]	47,93	22,31	3,31	7,44	19,01

La rosace diagramme (Graphe 3) met en évidence la présence de filon aurifère, qui est l'objet de ce mémoire dont la direction est NS des fractures avoisinantes. Par contre, les fractures montrent une direction privilégiée NW-SE et de répartition de fractures secondaires de direction NE-SW.

La carte structurale de L55 (figure 19) est tirée de la compilation des données sur la figure 42 (cf. annexe).



**Graphe 3: Diagramme en rose des fractures (à gauche) et des lignes de crête (à droite) [traitement avec Rozeta]**

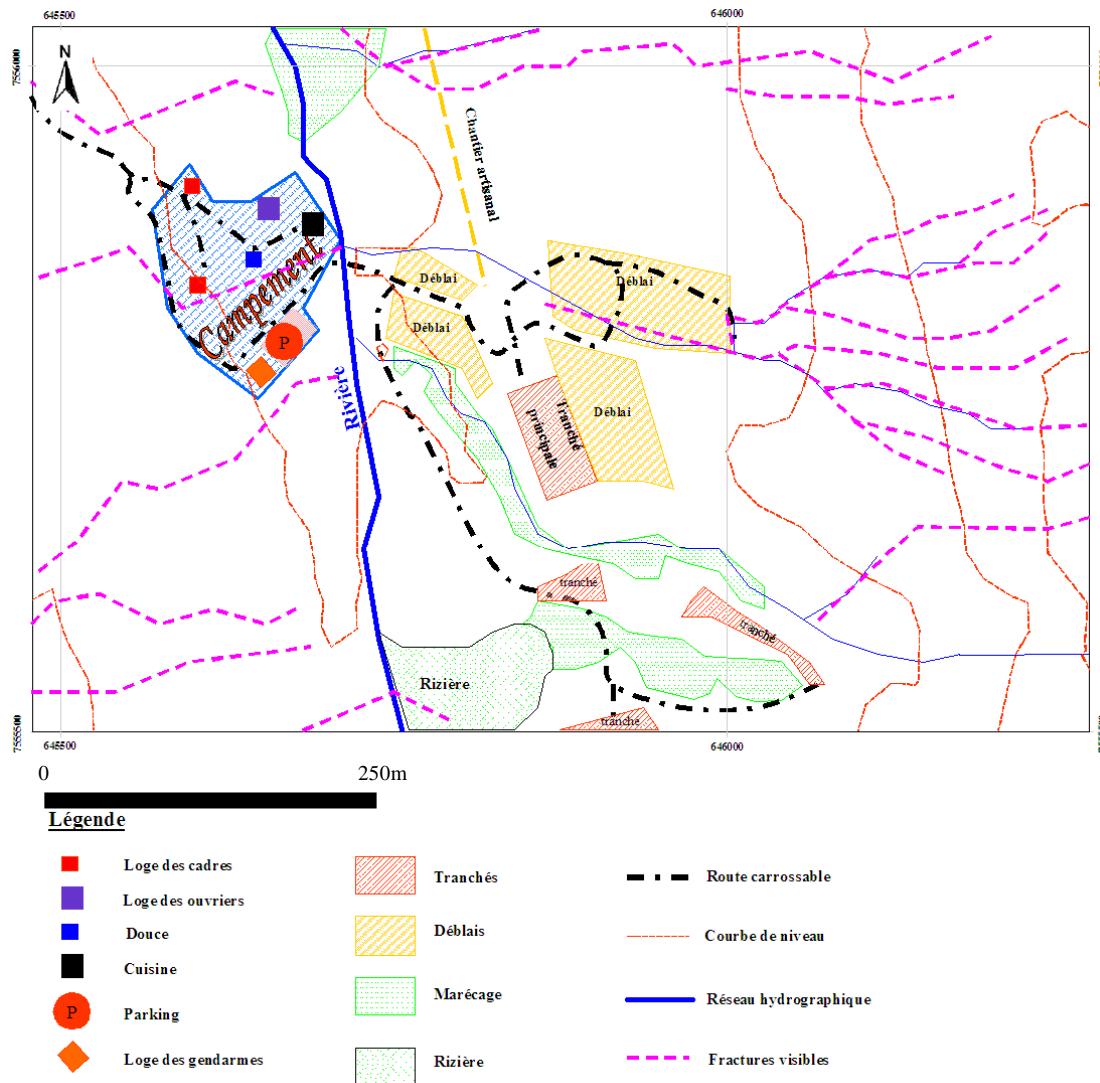


**Figure 18: Carte structurale de la feuille L55 et de la zone d'étude**

**E) Mise au point de l'emplacement de la carrière de prospection**

Nous avons déterminé les coordonnées longitude – latitude du site, qui sont de 22°05'45'' Sud et de 46°24'50'' Est (GPS Garmin). Le chantier de prospection se trouve au

dessus d'un chenal d'exploitations aurifères. Ce choix a pour but d'avoir les concentrations d'or dans et autour de veine de quartz. Car pour autant que cette exploitation soit artisanale, quand même elle suivait une procédure crédible sur l'extraction d'or. Les orpailleurs avaient le principe prendre des terres dans les veines de quartz, et les rinçaient par de l'eau (principe de la batée).



**Figure 19: Esquisse de la carte d'occupation du sol sur le chantier (source : auteur 2013)**

La tranchée est placée dans une zone anciennement exploitées par les artisans. Nous avons commencé à implanter le premier piquet (le top) en Juin 2011. La tranchée est en gradin (Figure 21) et qui découpe perpendiculairement la direction des veines de quartz.

### III. 4. 4. Caractéristiques de la tranchée

C'est un chantier de 75m de long, de 30m de large et 8m de profondeur. La tranchée par cheminement se fait par niveau : 2m, 0m, -2m et -4m. A chaque niveau, nous avons construit un talus du côté Sud et Est (Figure 21). Le point du top est situé à l'extrême Sud-

est de la tranchée. L'échantillonnage suit des lignes verticales numérotées à partir du mur du top, d'Est en Ouest. Les lignes se décalent de 5m entre elles, du Sud vers le Nord (Figure 20).

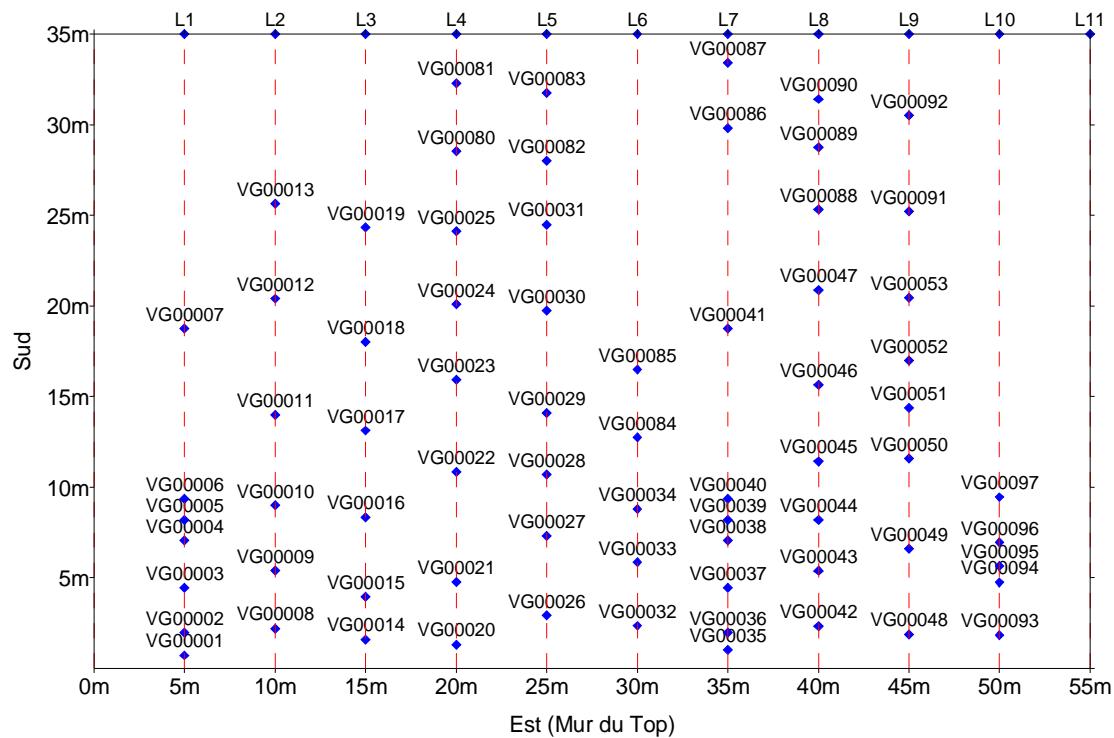


Figure 20: La tranchée vue d'en haut

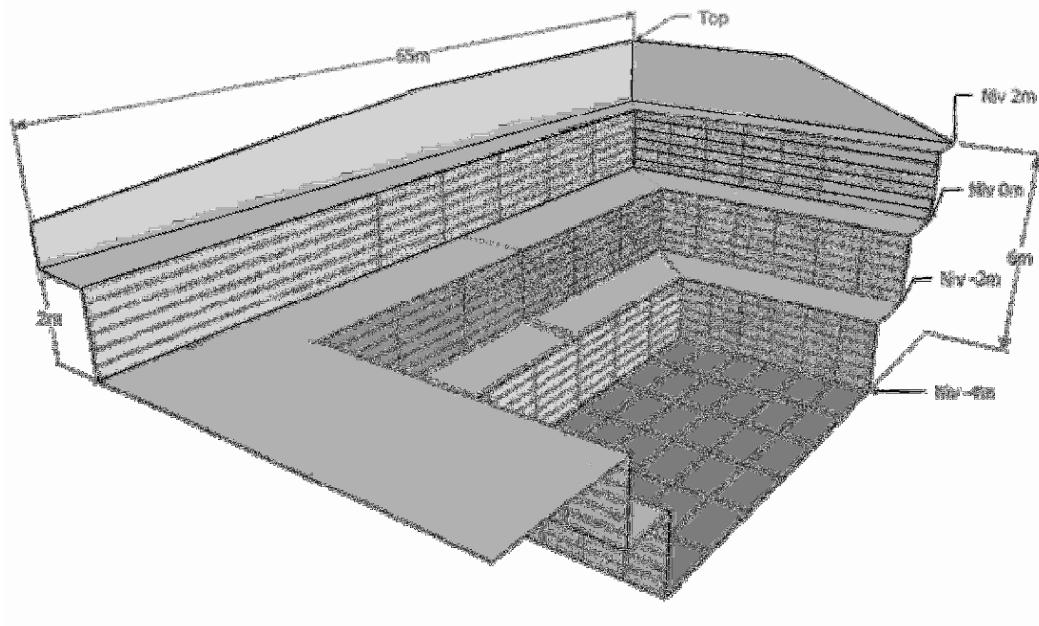


Figure 21: Vue en perspective de la tranchée (traitement obtenu à partir de Google Sketchup et Autocad)

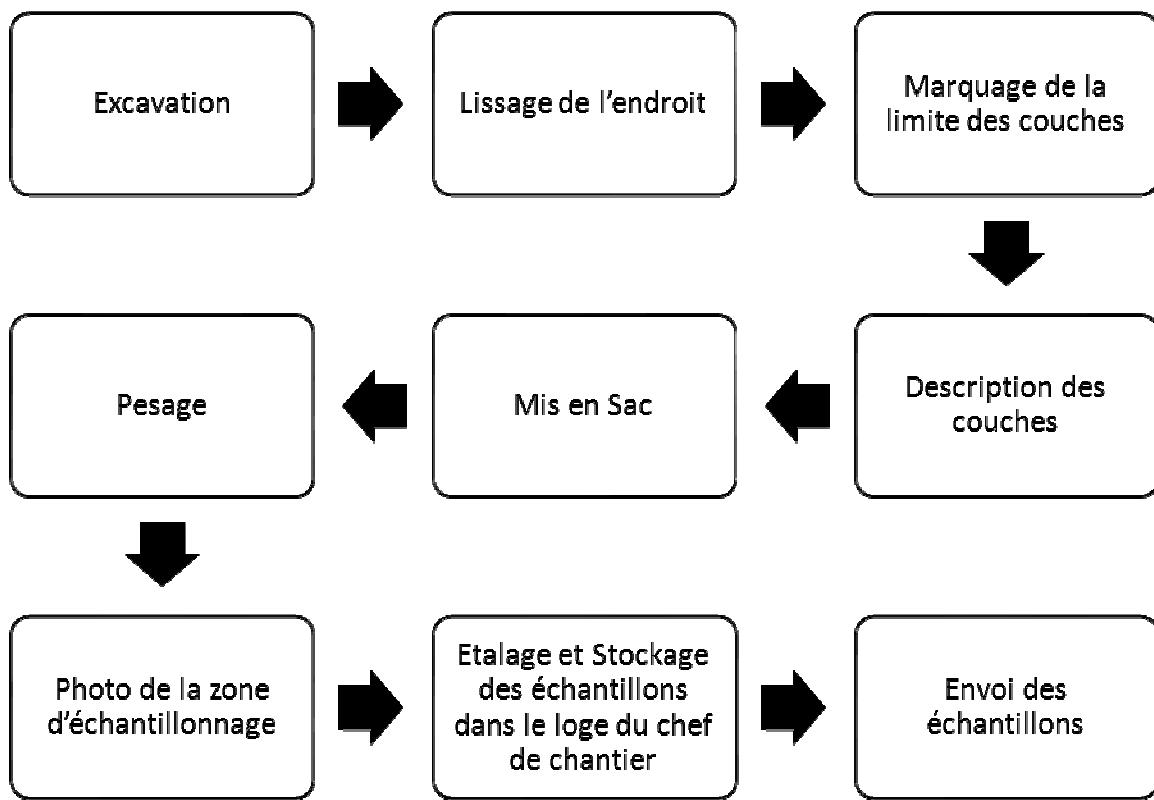
### III. 5. Observations sur terrain

Sur le chantier, les roches sont friables du niveau 2m jusqu'au niveau -2m. Mais à partir du niveau -4m, les roches commencent à se durcir. Il apparaît deux veines de quartz.

L'un se trouve à 10 m du top avec une direction presque Nord 0, et l'autre à 18 m de direction Nord 10. Le premier possède un diamètre environ 20 cm et l'autre 15 cm. Ces veines de quartz ont de forme en feuillet, et leur continuité apparaît dans les collines avoisinantes.

### III. 6. Mode d'échantillonnage

L'équipe du génie civil commence par excaver la zone de prospection pour la mise à nu des couches géologiques. L'échantillonnage se déroule suivant des lignes droites (L1 → L12), débutant au mur du top (à l'Est) jusqu'au bout du chantier (à l'Ouest). Ces lignes se décalent de 5m entre elles. Nous avons pris des échantillons à chaque variation des faciès.



Organigramme 2: Mode d'échantillonnage

Pour chaque changement de niveau, l'échantillonnage descendait de 2m. L'équipe du génie civil a déblayé le terrain avant de passer au niveau sous-jacent (exemple : 2m → 0m).

La mise à niveau du chantier permet de calculer plus précisément le volume du déblai de l'excavation. Cela aide l'équipe à avancer dans son calcul d'estimation. A partir du niveau 0m, le nivèlement devrait être bien parfait pour une estimation du gisement. Dans ce cas, le chef du chantier utilise un nivelleur pour le niveau du plan. Il utilise le procédé du vase communicant qui met en œuvre la pression atmosphérique.

La zone d'excavation est délimitée par des piquets et des rubans, pour aider l'équipe dans sa tâche et pour repérer les limites du chantier.

### **III. 7. Description des échantillons par batée (ou Wasp sur le terrain :**

Nous avons fait des échantillonnages par batée, à chaque fin de semaine et/ou à chaque changement important de couche. Ce principe nous aide à déterminer approximativement la concentration de l'or dans l'endroit à prospector. Ce manœuvre nous a montré déjà l'abondance des paillettes d'or dans le filon de quartz, et dans la zone que nous voulons inspecter plus tard.

### **III. 8. Transport des échantillons vers les laboratoires**

Les échantillons sont transportés vers la ville d'Antananarivo. Ensuite, la société VARUN Madagascar les expédierait vers les laboratoires pour les analyses chimiques. Les laboratoires d'analyse se trouvèrent à Antananarivo même (OMNIS), et en Afrique du Sud (Genalysis). Le convoi est sécurisé par la force de l'ordre, jusqu'à sa destination.

### **III. 9. Illustration du mode d'échantillonnage**

Chaque échantillon a ses propres coordonnées (x, y, z) selon leur emplacement dans la tranchée. Leurs caractéristiques aussi ne sont pas tous les mêmes, comme la couleur, la texture, les minéraux accessoires et le type de roche. La Figure 22 montre la reconstitution des points d'échantillonnage dans la tranchée. Les échantillons qui comportaient des minéralisations, sont représentés par des croix en rouge (+) et ceux qui ne possèdent pas sont en points noirs (•). Parmi les 333 échantillons recueillis, les 211 sont minéralisés en or.

Pour dégager les échantillons les plus concentrées, nous allons représenter les résultats par des cartes isoteneurs. Nous choisissons d'illustrer les résultats des graphes tridimensionnels.

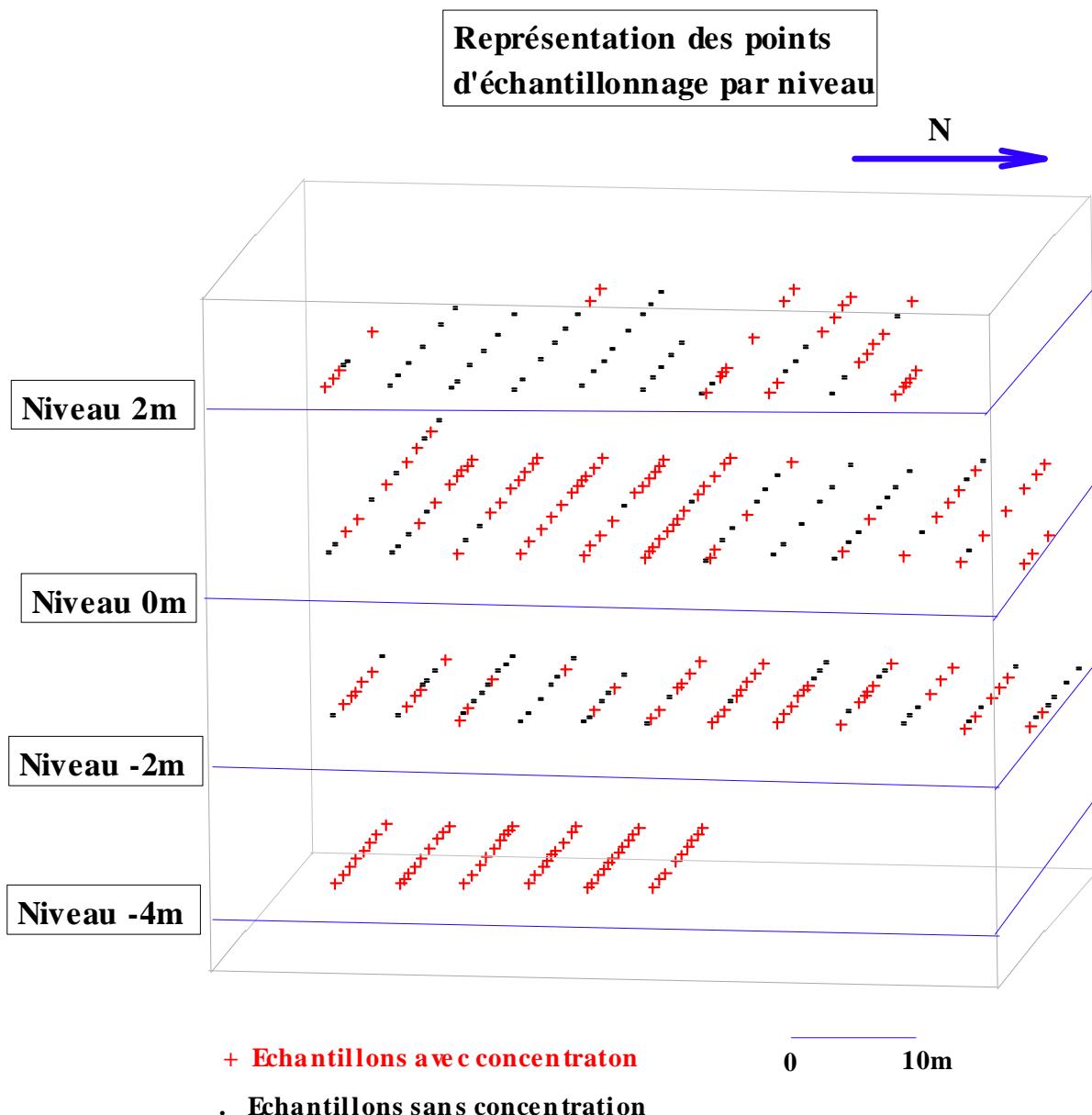


Figure 22: Disposition en 3D des points d'échantillonnage dans la tranchée

### III. 10. Conclusion partielle

L'endroit prospecté se trouvait dans une zone de plissement issu de la formation du Shear zone, plus précisément sur une ancienne carrière des orpailleurs artisiaux. La formation géologique sur place est constituée essentiellement d'altérite, de leptynite et du gneiss. Des intrusions de la veine de quartz minéralisée en or sont signalées dans les fissures des couches.

L'échantillonnage suit un ordre bien déterminé. Chaque échantillon est marqué sur le terrain avant de quitter le campement vers les laboratoires chimiques. Les résultats d'analyses confirment la qualité du concentré aurifère dans la région.

# **PARTIE III : TRAITEMENT & INTERPRETATIONS DES RESULTATS**

# CHAPITRE IV- TRAITEMENT DES RESULTATS DE LA METHODE DE PROSPECTION PAR CHEMINEMENT ou PIT GEOLOGY

## IV. 1. Résultat appréciatif des échantillonnages Wasp

D'après les prospections à la batée que sous avions pu effectuer, les résultats sont très satisfaisants autour et dans les veines de quartz, car les pépites d'or apparaissent fréquemment après chaque opération. Par contre, les pépites d'or sont rares dans les autres couches, comme l'argile et les couches loin de la veine de quartz. Nous avons aussi consulté les chercheurs d'or artisanaux pour savoir plus à propos de leur production par journée. Ils ne font que suivre le filon de quartz pour remporter plus de pépite d'or. S'ils arrivaient à prendre de la terre autour et dans le filon de quartz, ils obtiendraient en moyenne 10dg par personne.

## IV. 2. Résultats venant des laboratoires

Les résultats d'observation et de laboratoire sont représentés les tableaux (cf. annexe Tableau 17, Tableau 18, Tableau 19 et Tableau 20) qui confirment les concentrations aurifères dans les tranchées. Les données dans ces tableaux seront représentées par des cartes d'isoteneurs, des graphes représentatives et des cartes des couches géologiques par niveau. Les résultats des deux laboratoires sont indispensables et complémentaires pour la poursuite des études à propos de la zone de prospection.

## IV. 3. Représentation par niveau

### IV. 3.1. Niveau 2m

#### A) Concentration :

Selon les résultats d'analyse de Genalysis, l'échantillon VG00002 possède la concentration la plus élevée sur la ligne L1=0,01ppm. L'échantillon VG00040 possède la concentration la plus élevée de la Ligne L7=0,0435ppm, selon l'OMNIS. L'échantillon VG00089 possède la concentration la plus élevée de la Ligne L7=0,015ppm, selon Genalysis. L'échantillon VG00095 possède la concentration la plus élevée de la Ligne L10=0,012ppm, selon Genalysis. Les cartes isoteneurs montrent que les parties concentrées se trouvent dans les zones suivantes :

- à 27,5m du mur de top et à 35m de la ligne du top (VG00086=0,015ppm), selon les résultats d'analyse de Genalysis.
- à 15,67m du mur de top et à 45m de la ligne du top (VG00052=0,187ppm), selon les résultats d'analyse de l'OMNIS.

Pourtant, les résultats de l'OMNIS montrent des concentrations plus élevées comme les échantillons VG00039=0,0187ppm et VG00040=0,0435ppm.

### B) Couleur :

La Figure 25 montre la prédominance de la couleur marron et la couleur jaune des couches.

### C) Couche :

La couche de sable et la leptynite prédominent dans ce niveau. Mais il n'y a que de faibles quantités d'argile.

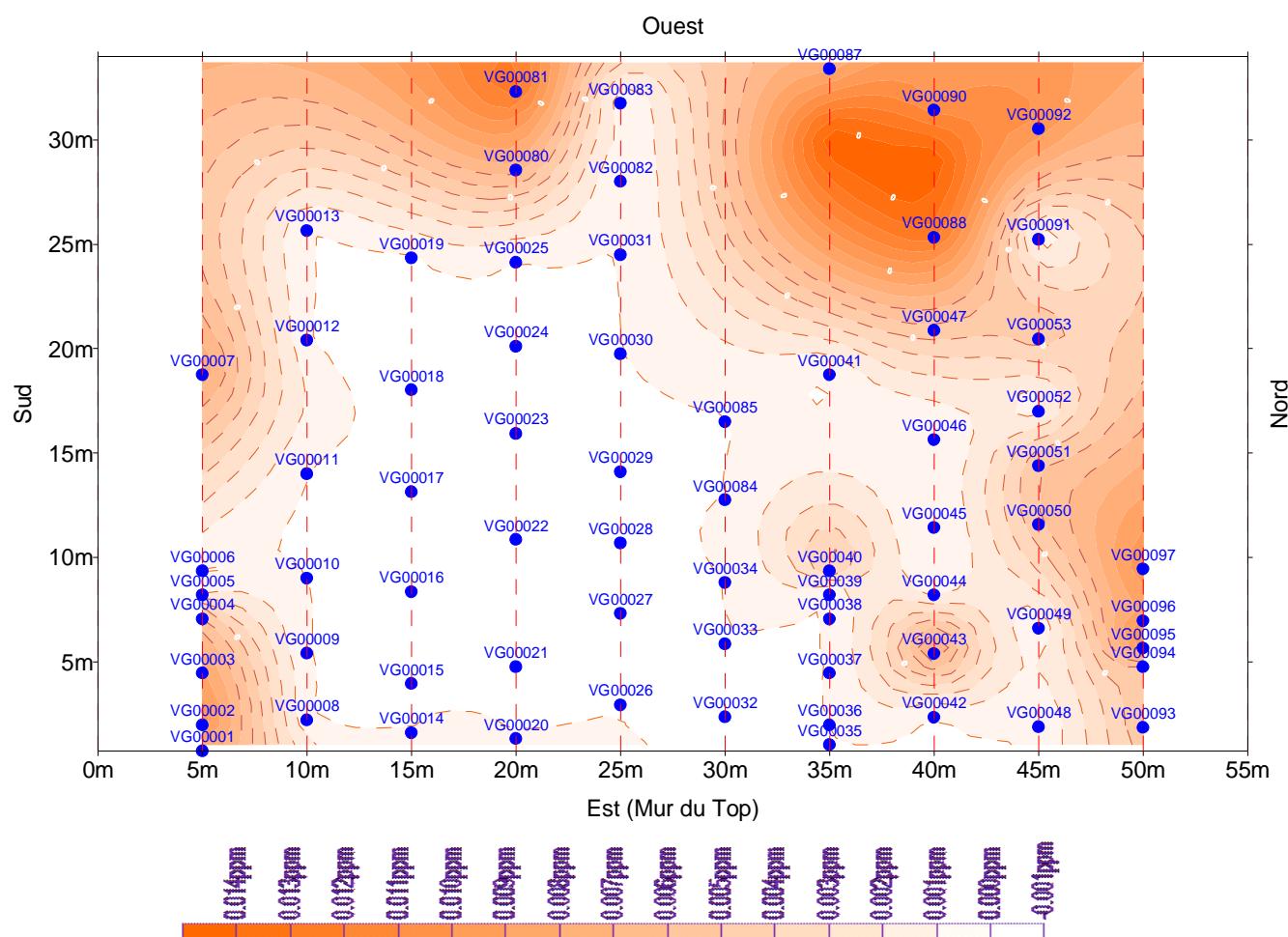
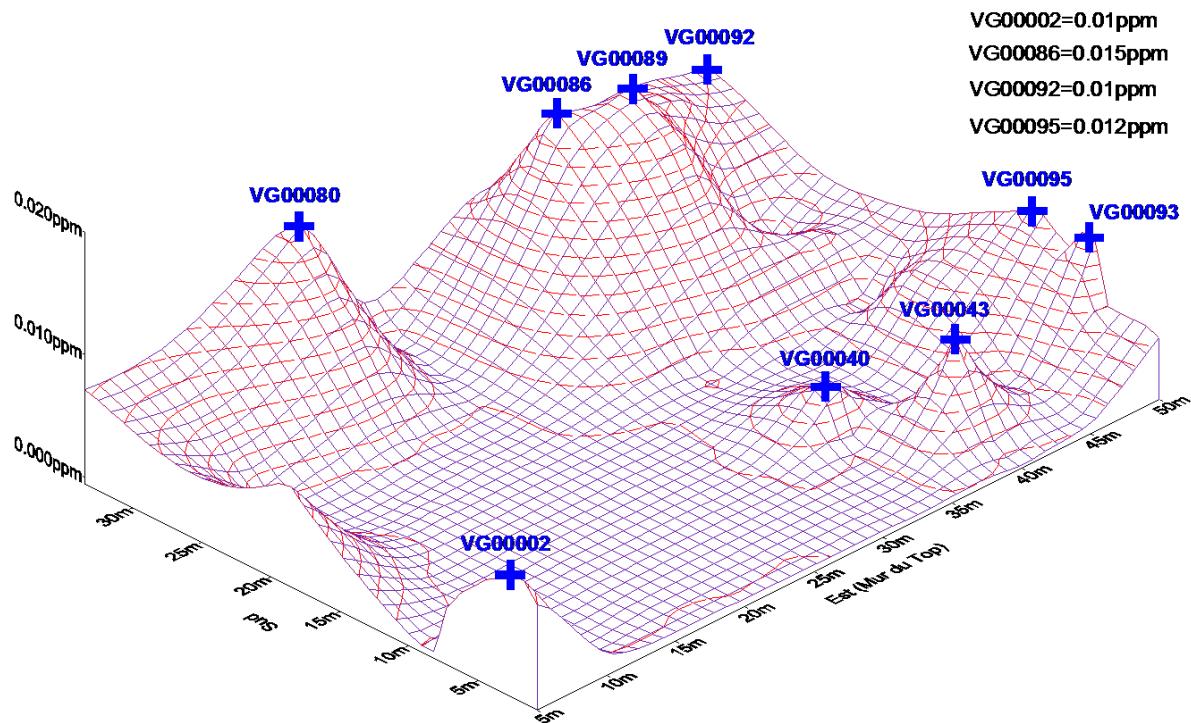


Figure 23: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau 2m

La partie la plus concentrée du niveau 2m est représentée par la coloration plus teintée que ses environs (exemple ici en orange).



Graphe 4: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau 2m)

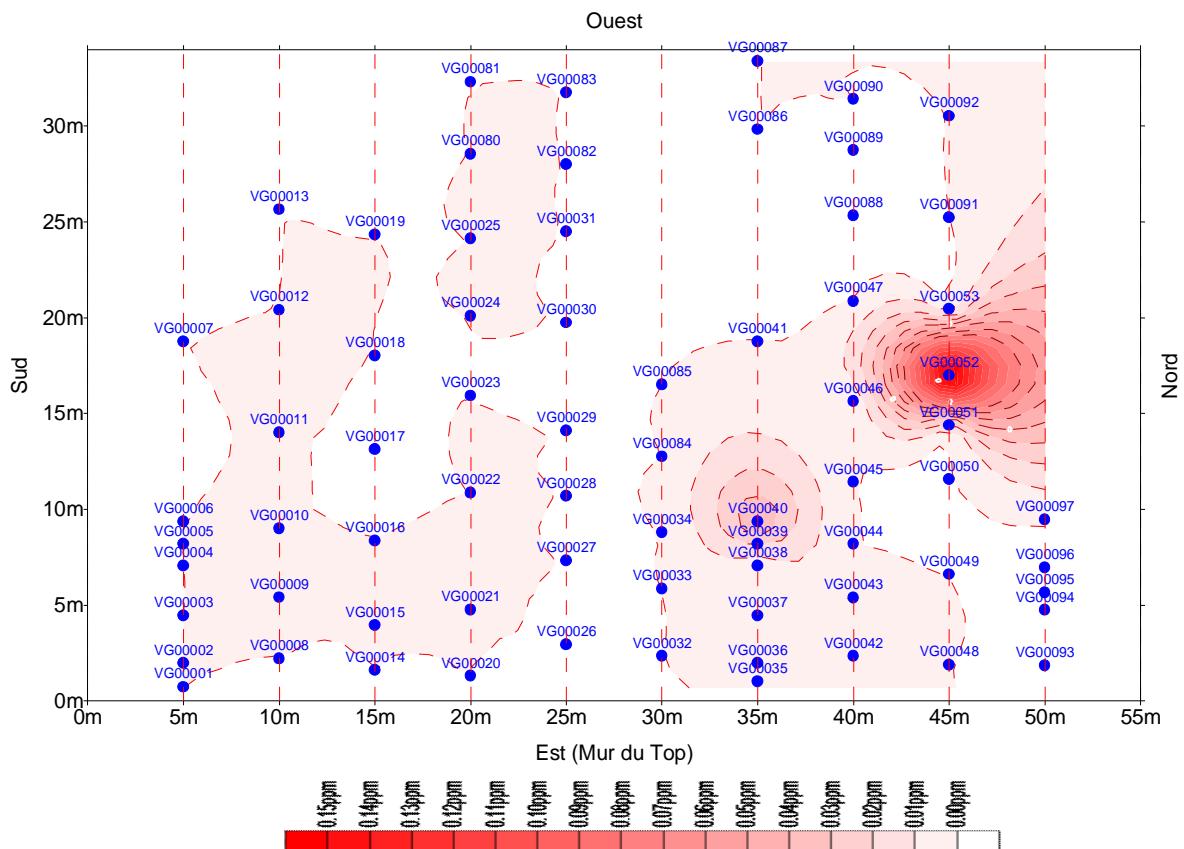
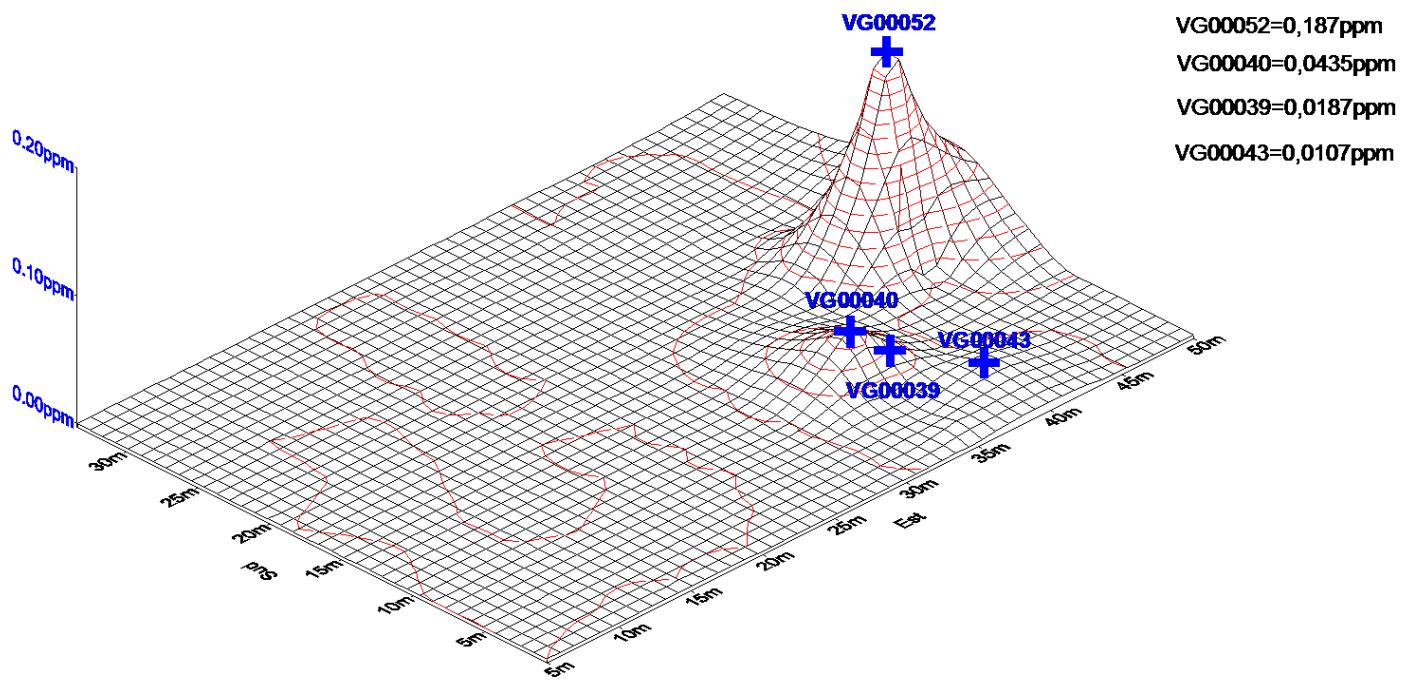
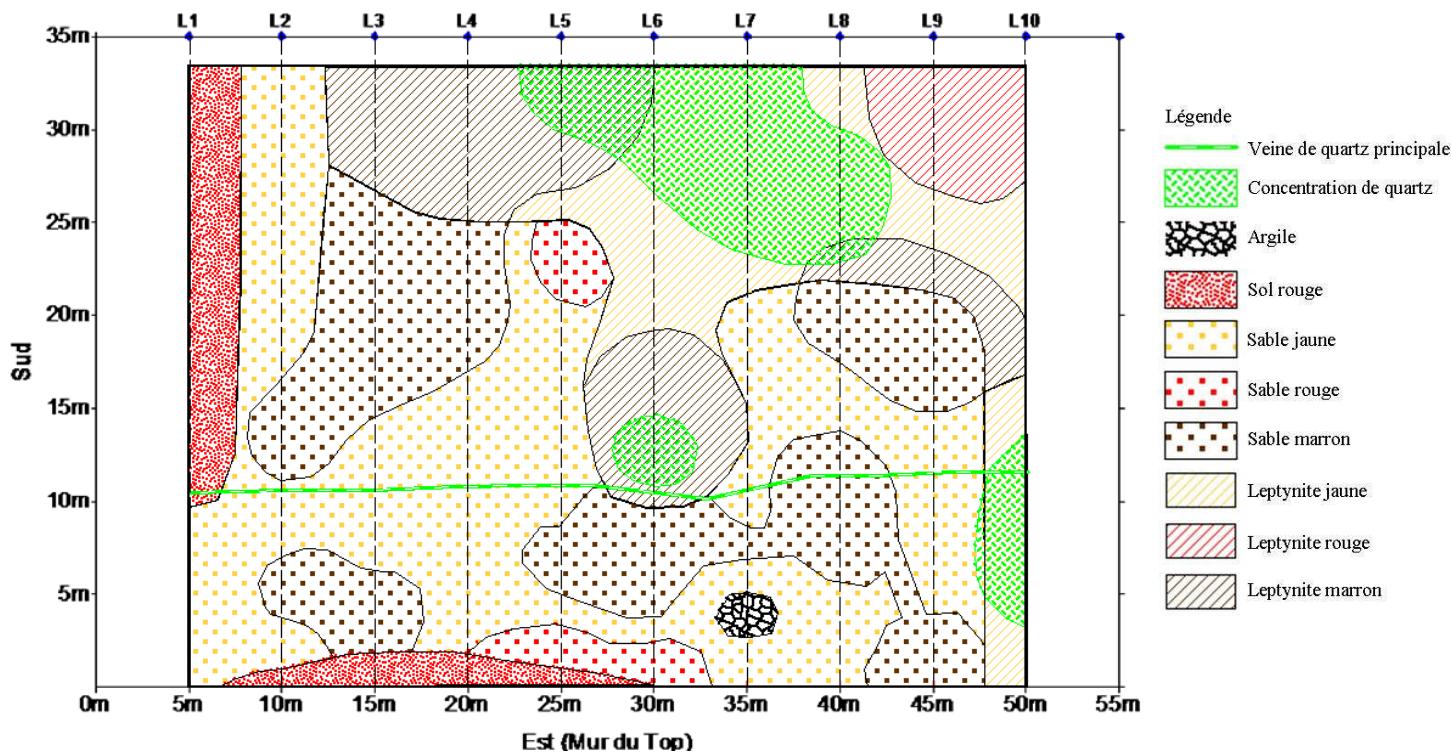


Figure 24: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de l'OMNIS au niveau 2m



**Graphe 5: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau 2m)**



**Figure 25: Carte représentative des contours des couches géologiques (niveau 2m)**

#### IV. 3. 2. Niveau 0m

##### A) Concentration :

Nous allons marquer dans la représentation graphique les résultats des lignes les plus remarquables comme : L2 (Genalysis), L3 (Genalysis), L4 (Genalysis), L5 (Genalysis), L6 (Genalysis), L11 (OMNIS), et L12 (OMNIS).

Sur la ligne 2, la concentration monte de 0,01ppm jusqu'à 0,018ppm d'Est vers l'Ouest. Sur la ligne 3, la concentration atteint le 0,02ppm à 21m du mur du top. Pour la ligne L4, la concentration augmente de 0,018ppm à 0,025ppm entre 26m jusqu'au 33m de mur du top. Les concentrations les plus élevées sont de 0,023ppm à 0,027ppm et se situent entre 20m et 25m de mur du top. Les concentrations sur la ligne 6 varient entre 0,008ppm et 0,03ppm. L'échantillon VG00179 atteint un pic de 0,672ppm. Les résultats d'analyse de l'OMNIS montrent un pic de 0,126ppm sur la ligne 12.

D'après Genalysis, les zones les plus concentrées se trouvent suivant la ligne L6 (VG00136 et VG00140) avec une concentration=0,03ppm et L7(VG00146) avec une concentration=0,035ppm. D'après les résultats d'analyse de l'OMNIS (Figure 27) montre une concentration de 0,672ppm. Le lieu d'échantillon se situe à 55m de la ligne du top et à 27,5m du mur du top.

##### B) Couleur des couches :

La couleur jaune domine sur le niveau 0m. La couleur rose commence à apparaître.

##### C) Couche :

La leptynite prédomine, mais il y a aussi la présence du sable et d'argile en faible quantité.

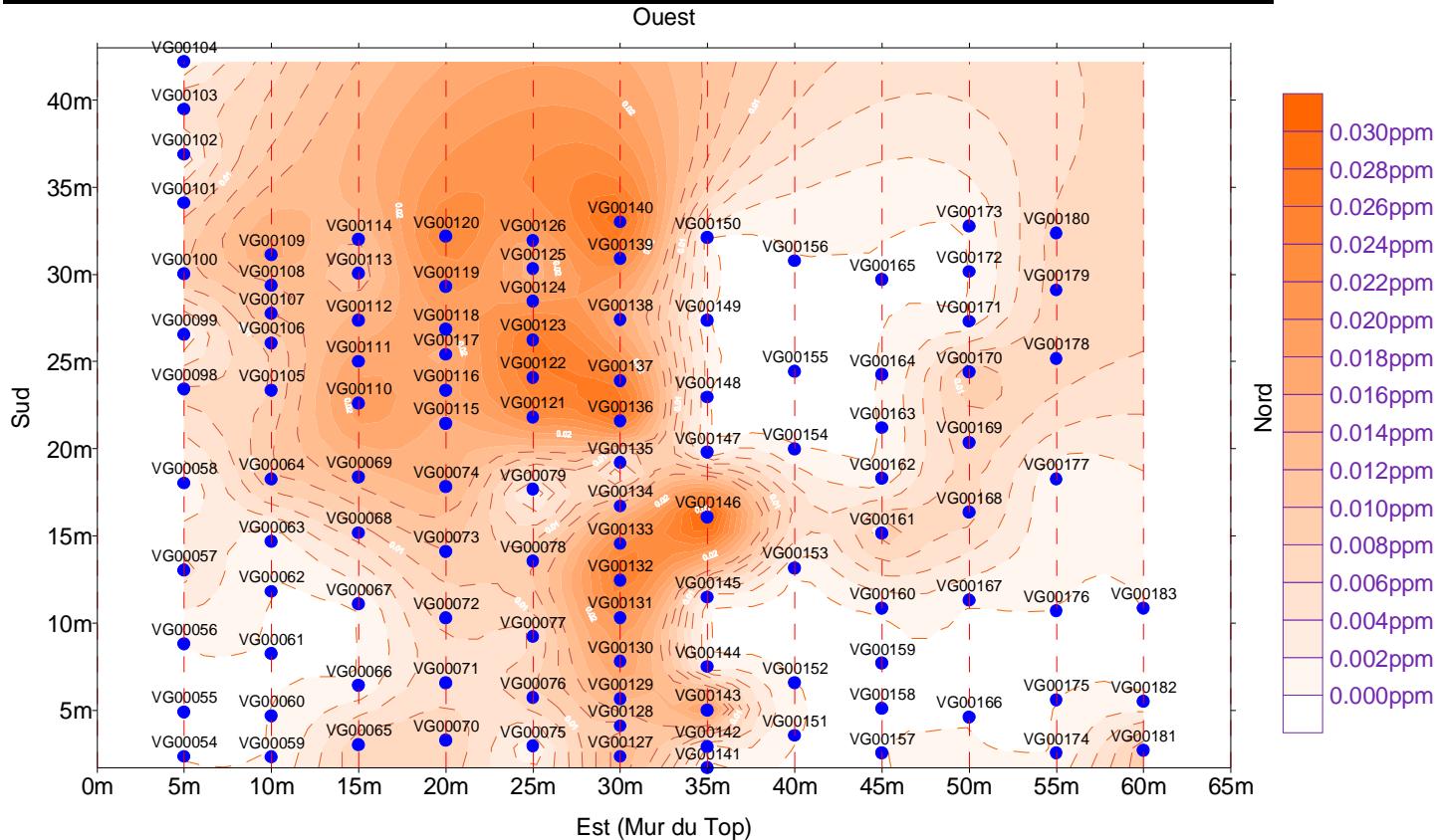
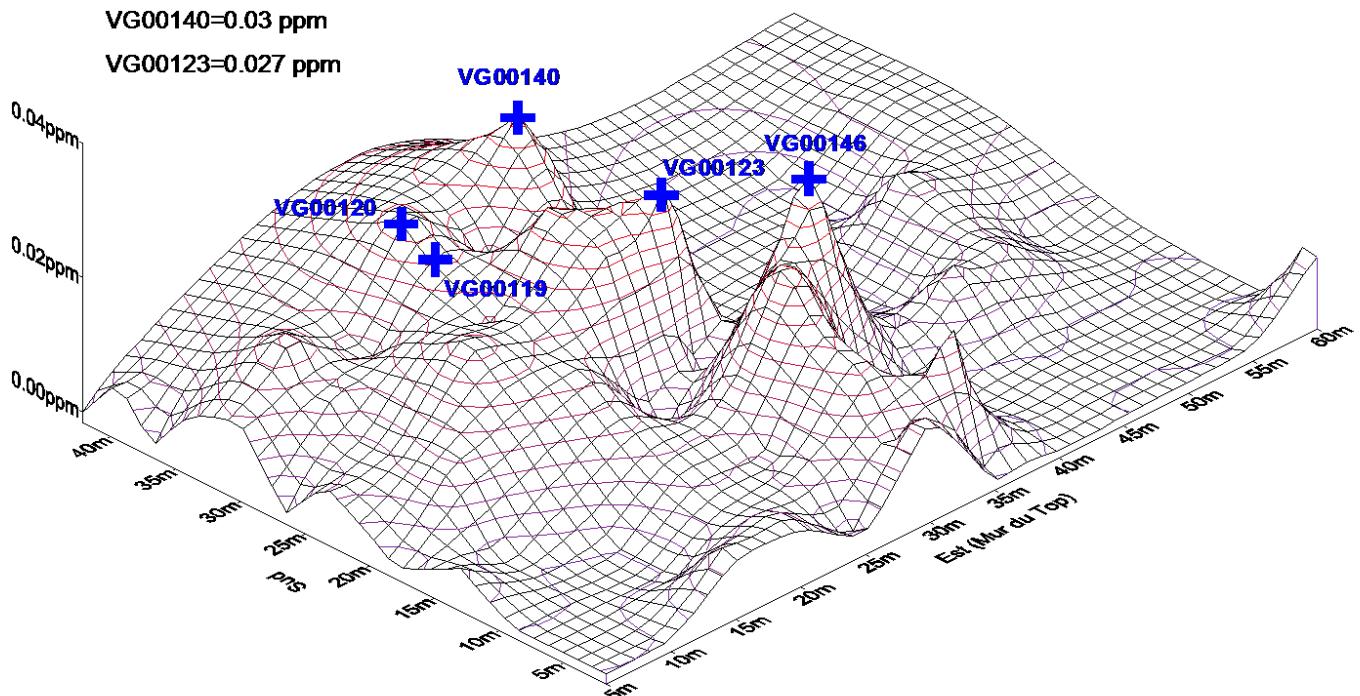


Figure 26: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau 0m

VG00146=0.035 ppm

VG00140=0.03 ppm

VG00123=0.027 ppm



Graphe 6: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau 0m)

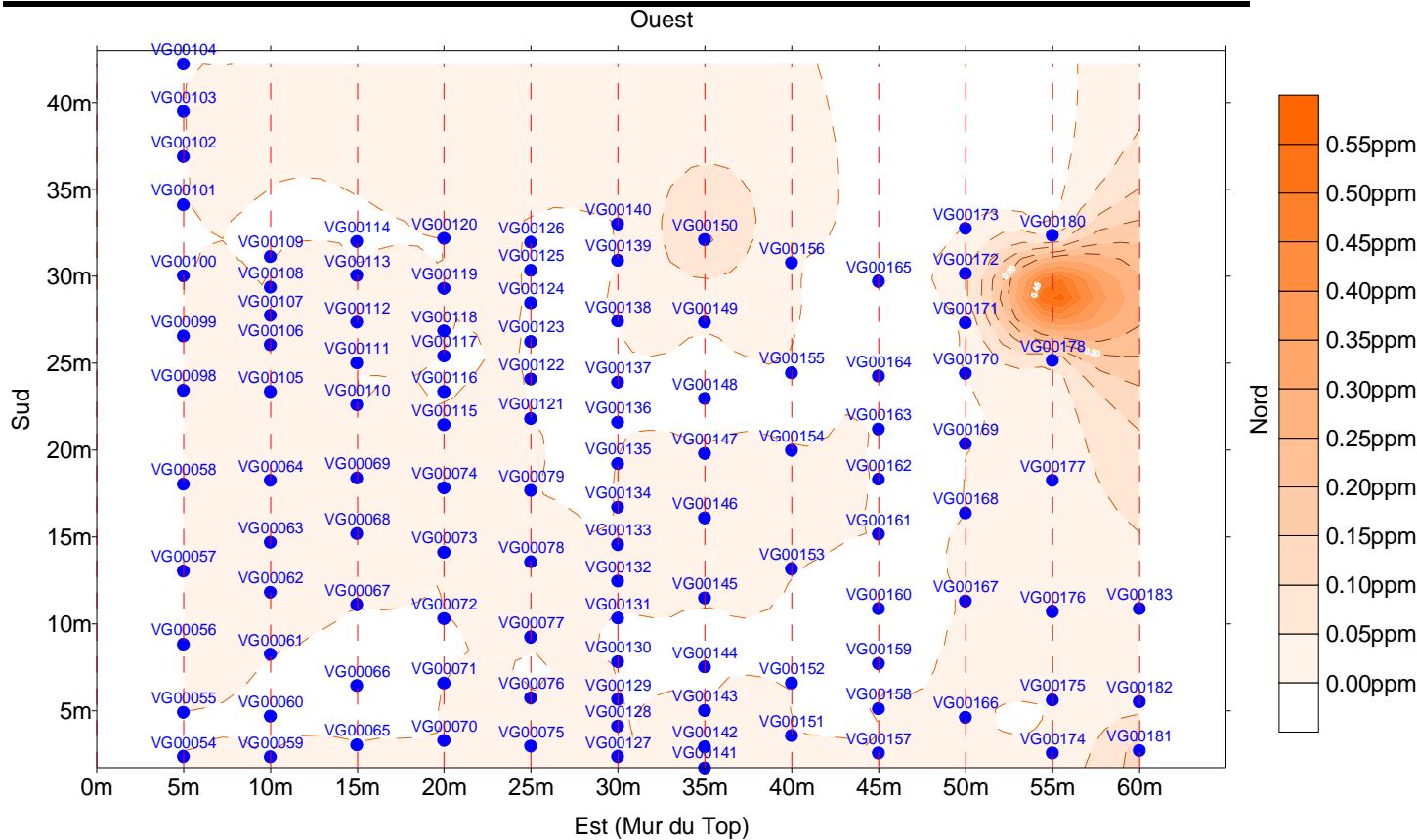
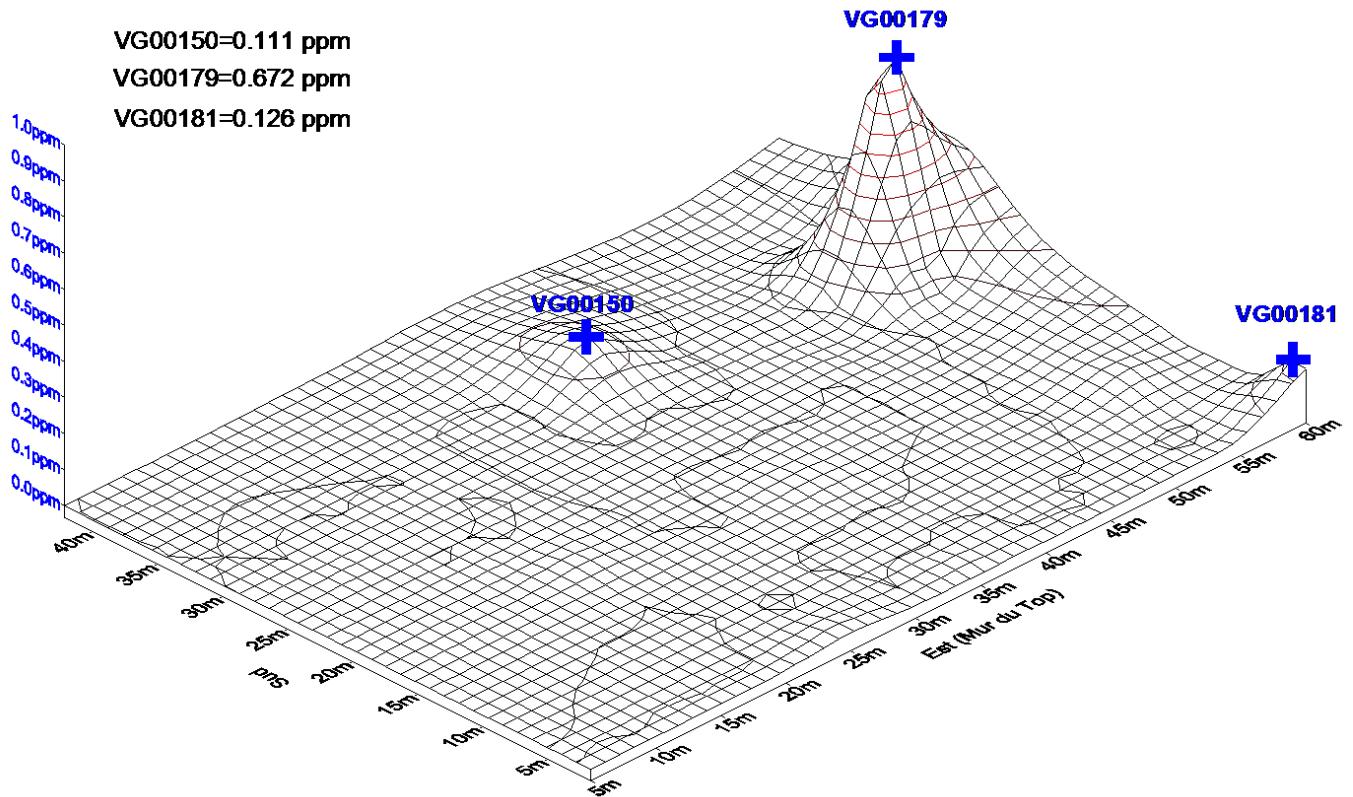
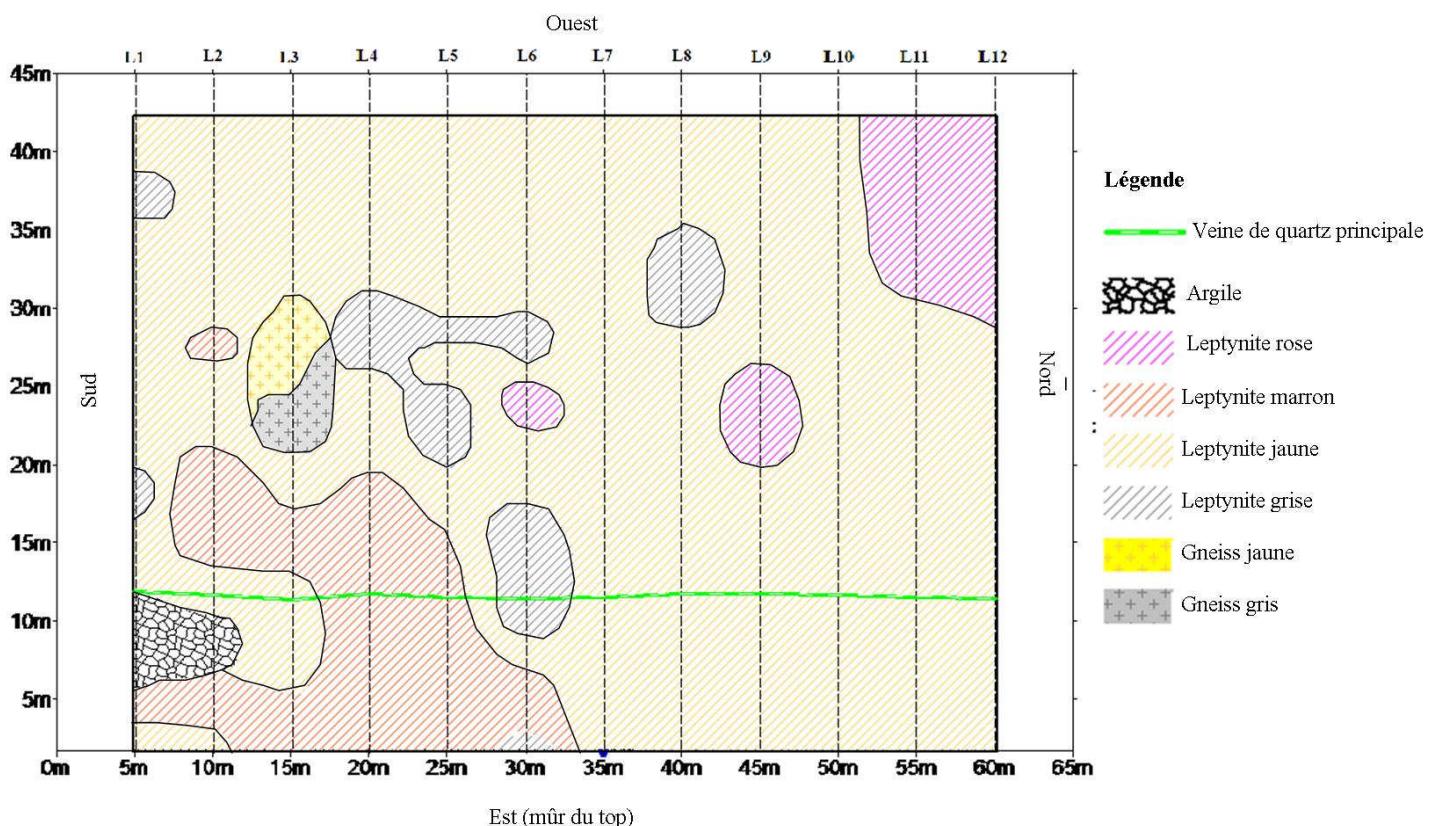


Figure 27: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de l'OMNIS au niveau 0m



Graphe 7: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau 0m)



#### IV. 3. 3. Niveau -2m

##### A) Concentration :

Pour ce niveau, les concentrations les plus élevées sont de 0,18ppm pour VG00225 selon les résultats de Genalysis et de 0,384ppm pour VG00224 selon les résultats de l'OMNIS.

##### B) Couleur des couches :

Pour le niveau -2m, la couleur grise domine et la couleur marron commence à disparaître.

##### C) Couche géologique :

La couche de gneiss commence à apparaître. Avec une coloration grise et une concentration moyenne de 0,016ppm, le gneiss n'affleure que 17m de long, suivant la ligne L8.

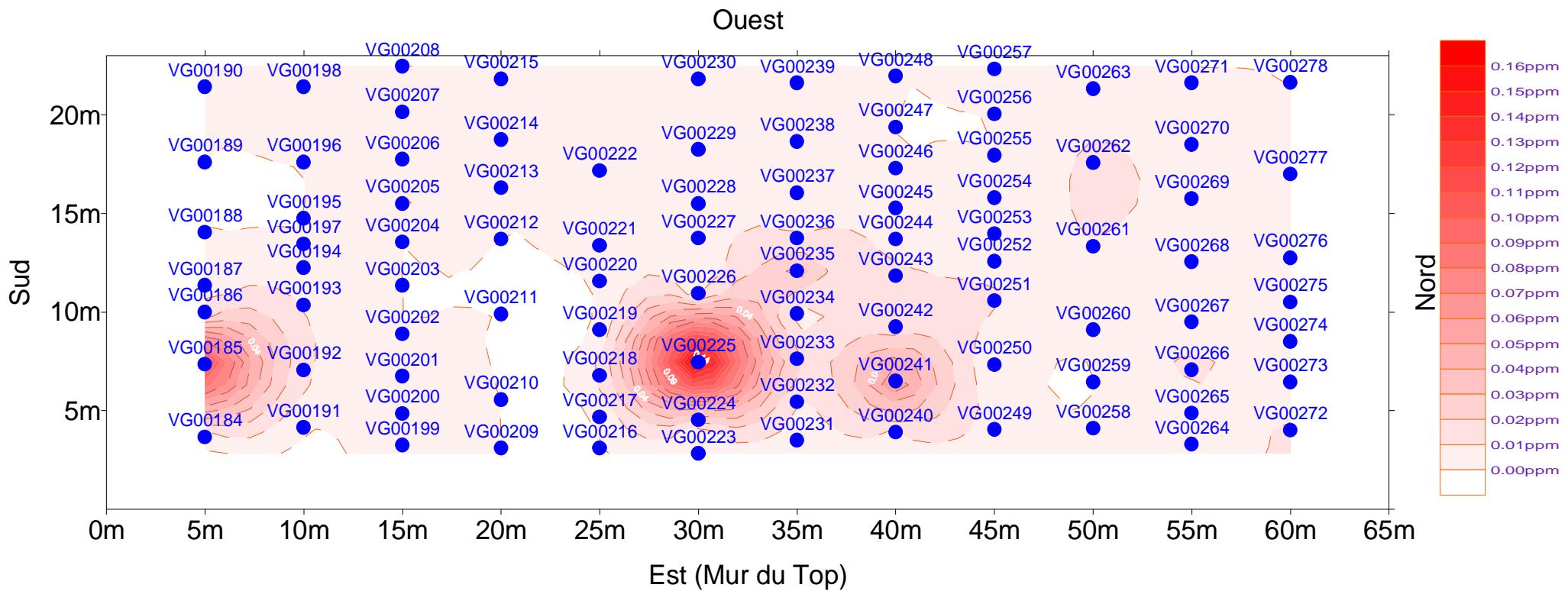
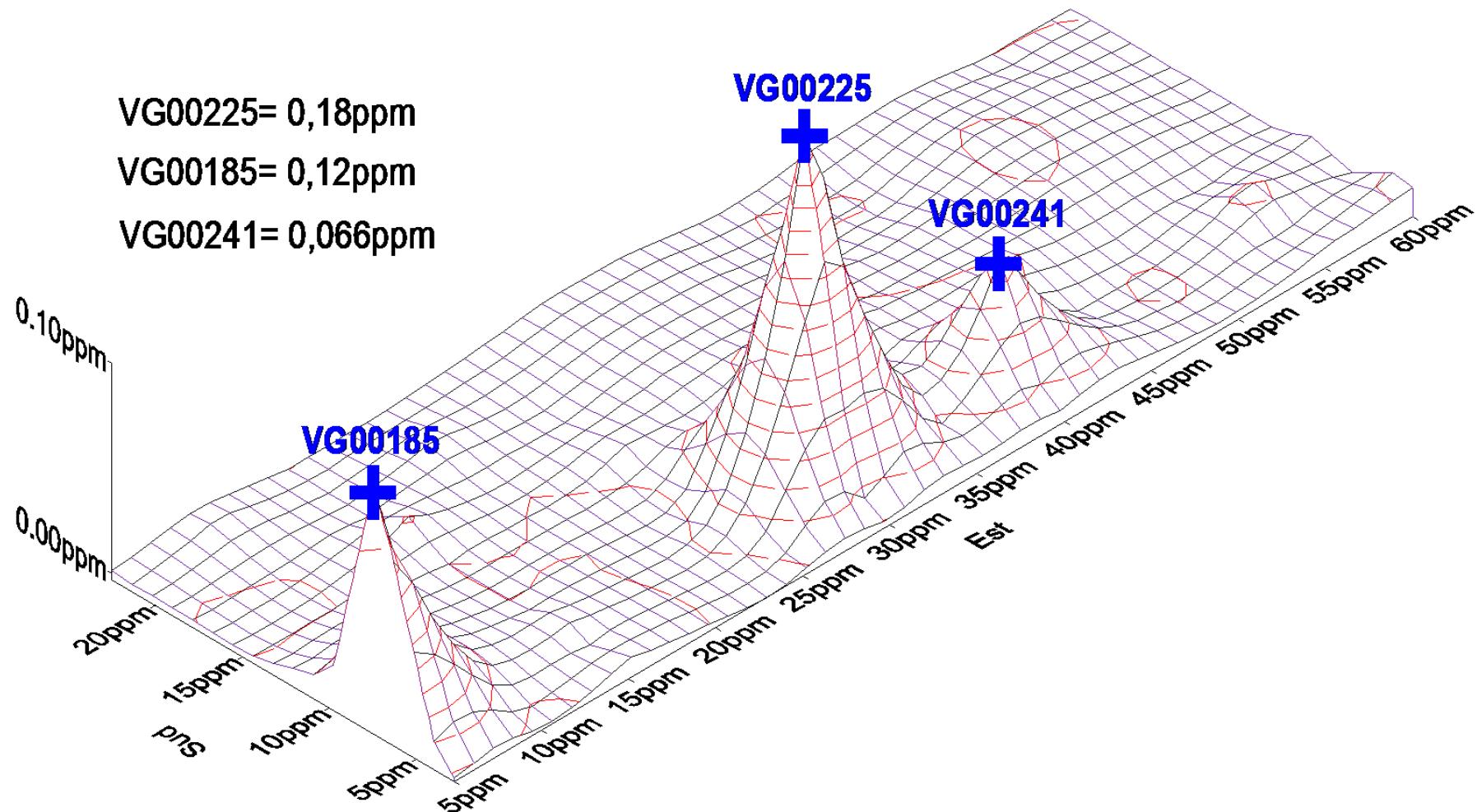
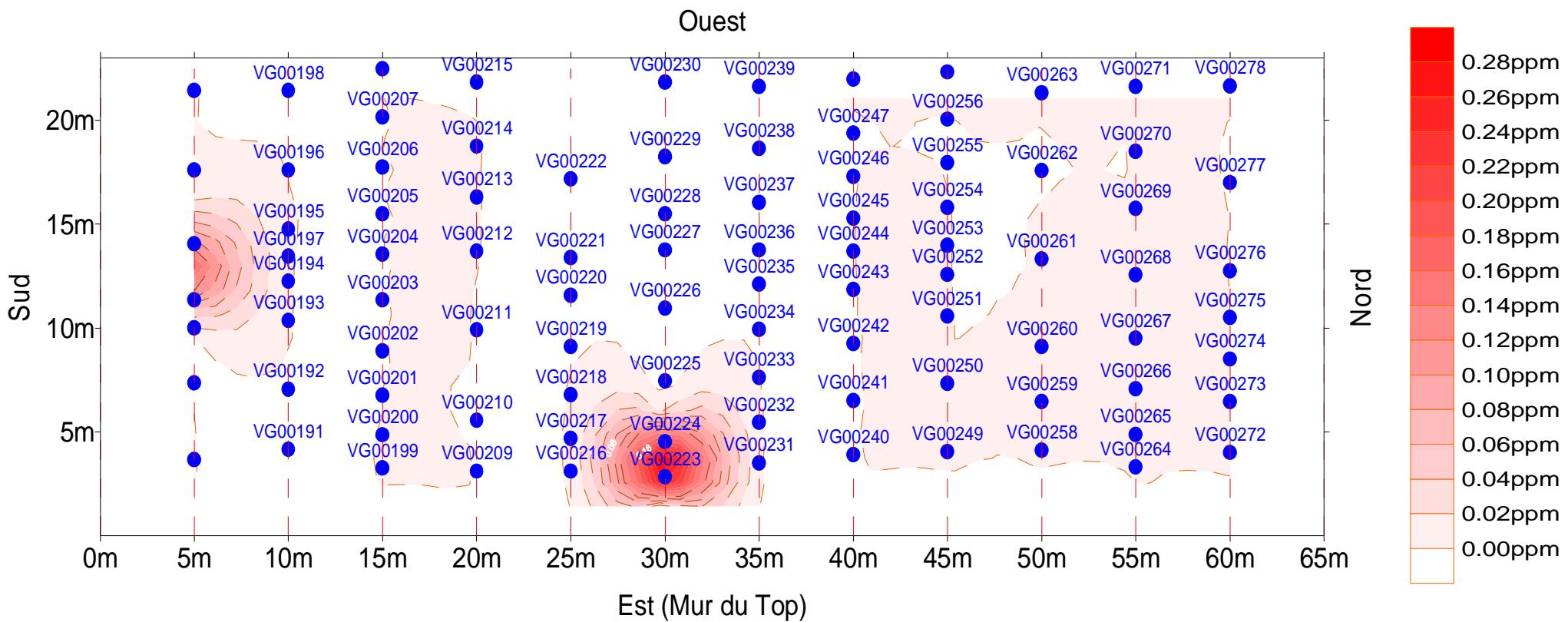
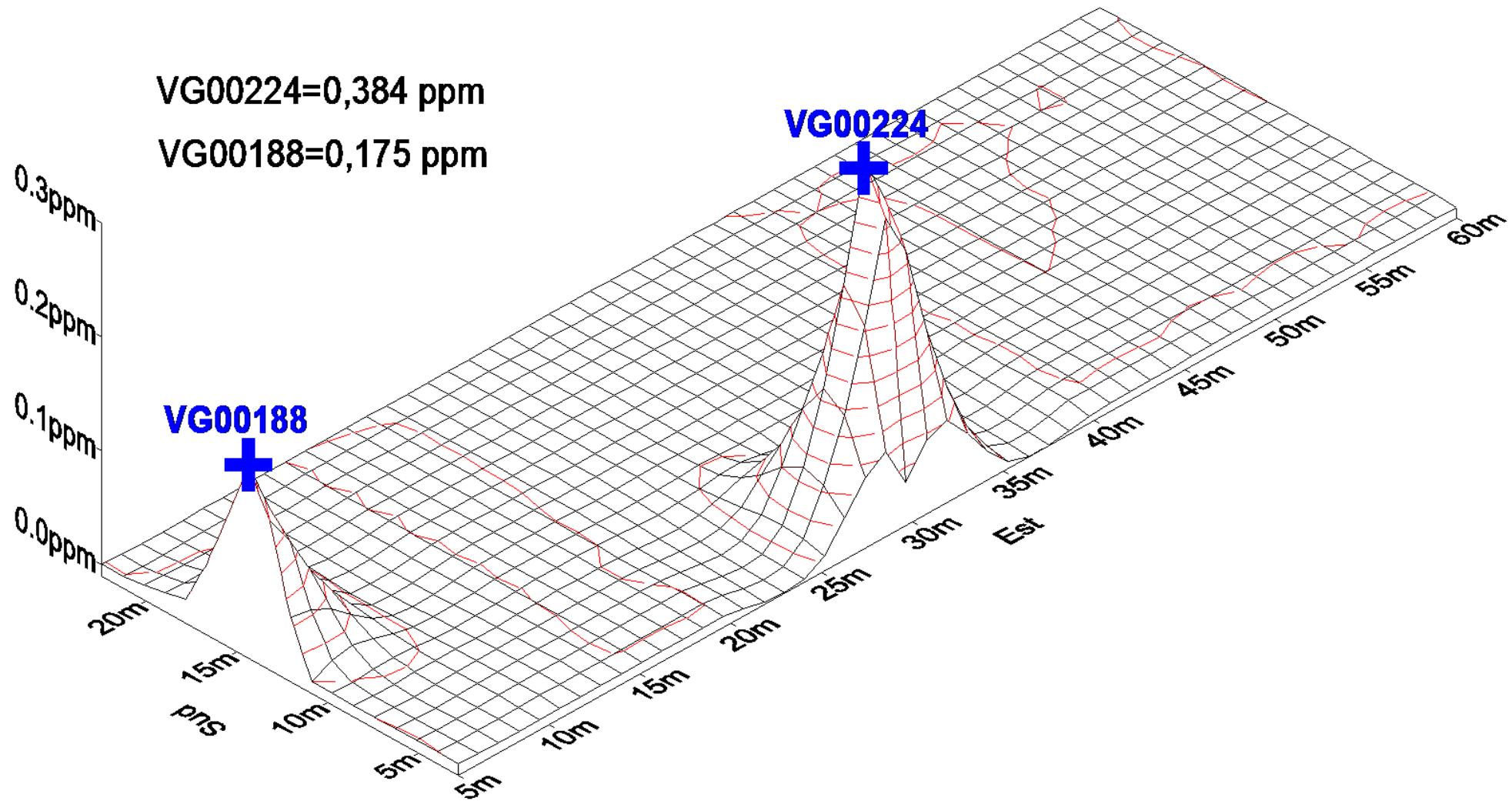


Figure 29: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau -2m



Graphe 8: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau -2m)





Graphe 9: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau -2m)

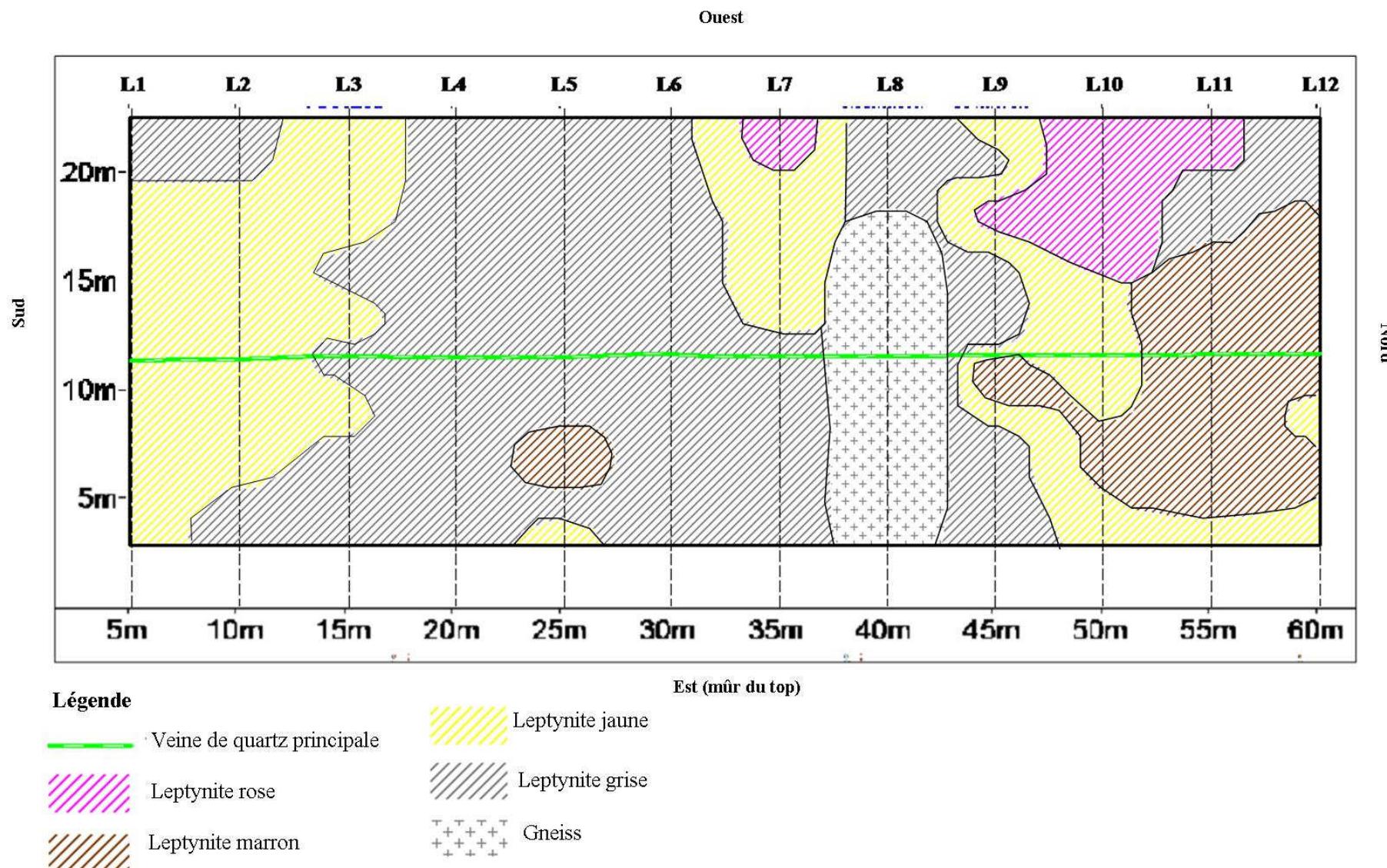


Figure 31: Carte représentative des contours de couleur des couches géologiques (niveau -2m)

#### IV. 3. 4. Niveau -4m

##### A) Concentration :

Les concentrations la plus élevées se trouvent suivant la ligne L1 à 10m de du top et suivant la ligne L5 à 10m de mur du top. Le pic atteint le 0,5ppm selon Genalysis.

##### B) Couleur des couches :

La couleur jaune et grise prédomine sur ce niveau. Les couches de coloration jaune sont très riches en or.

##### C) Couche géologique :

La couche de gneiss est la plus répandue, mais il y en a encore de leptynite sur certaine partie. Les veines de quartz sont plus fréquentes. La couche de gneiss altéré possède des concentrations plus élevées.

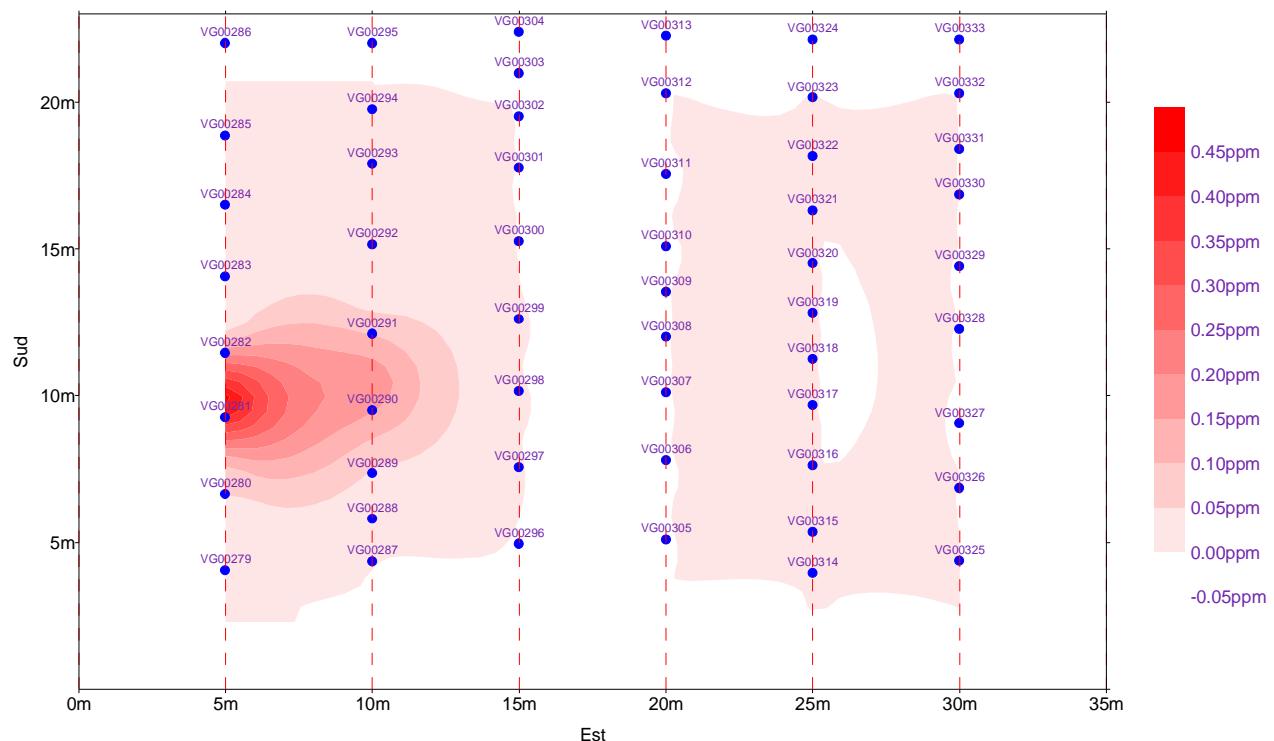
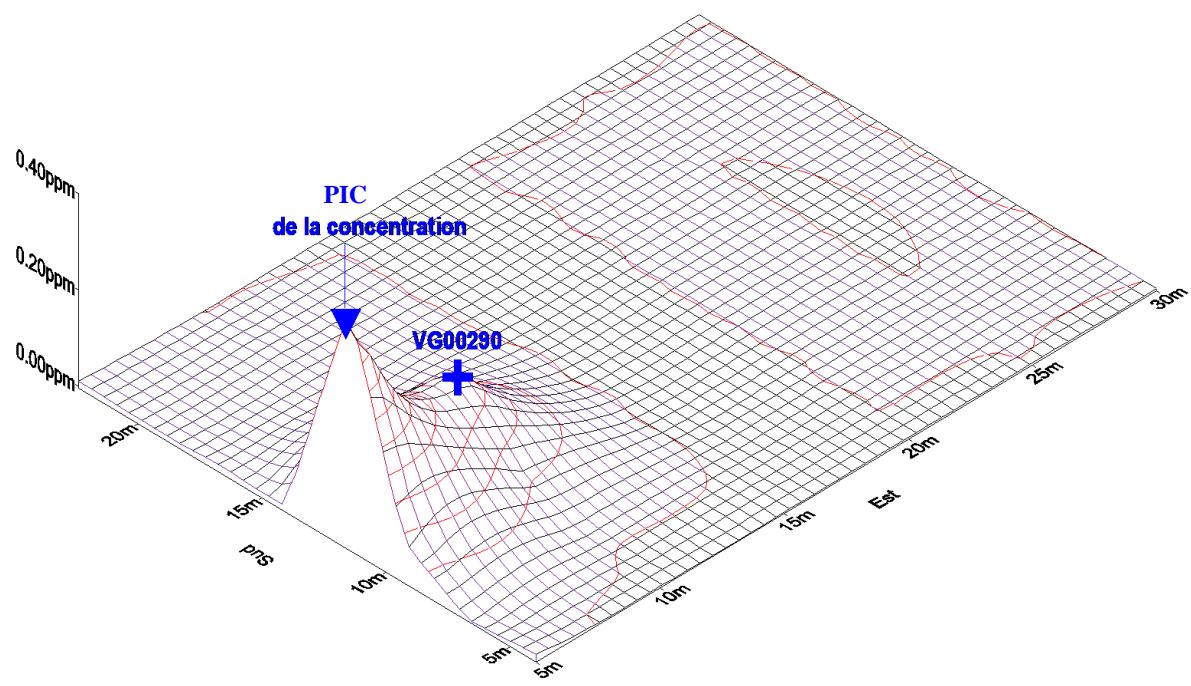


Figure 32: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de Genalysis au niveau -4m



Graphe 10: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de Genalysis (niveau -4m)

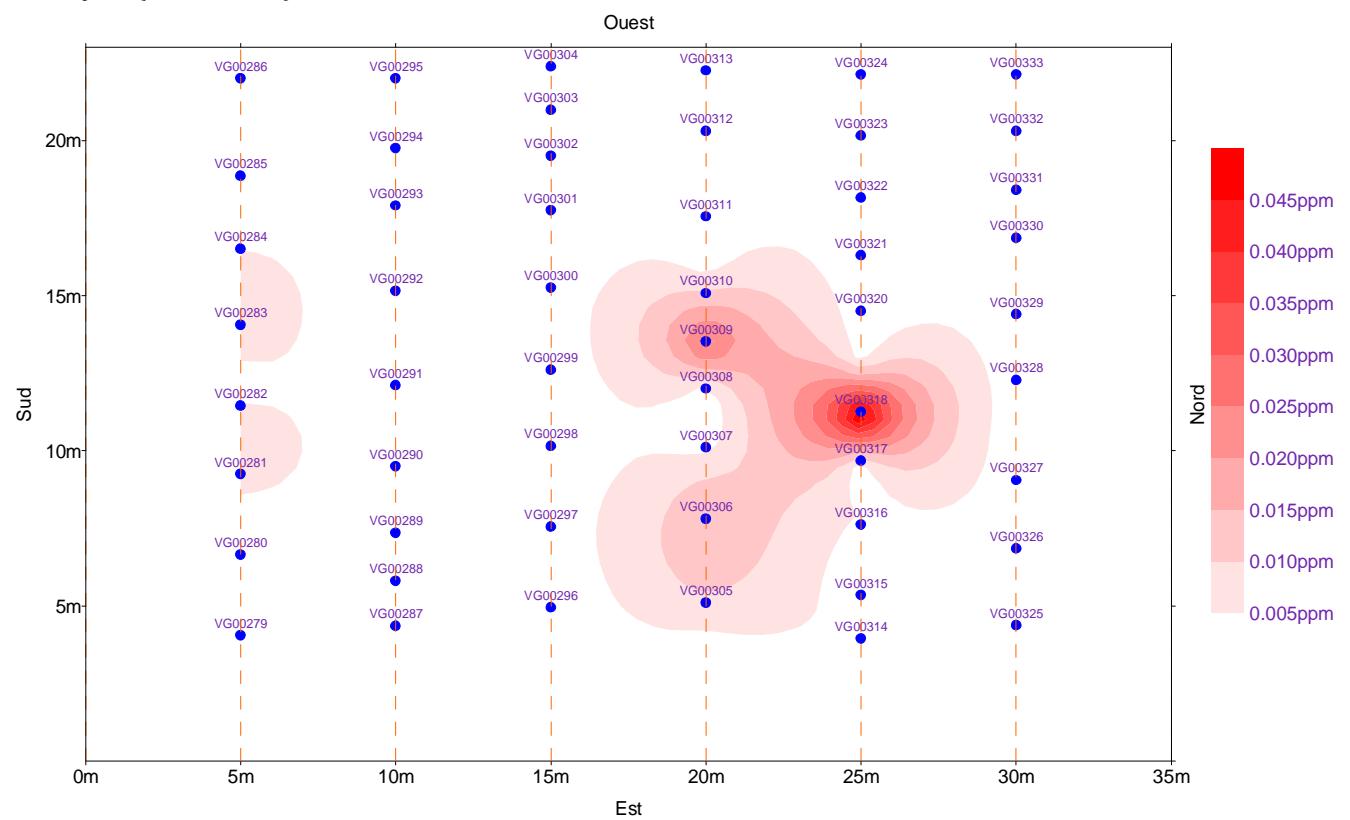
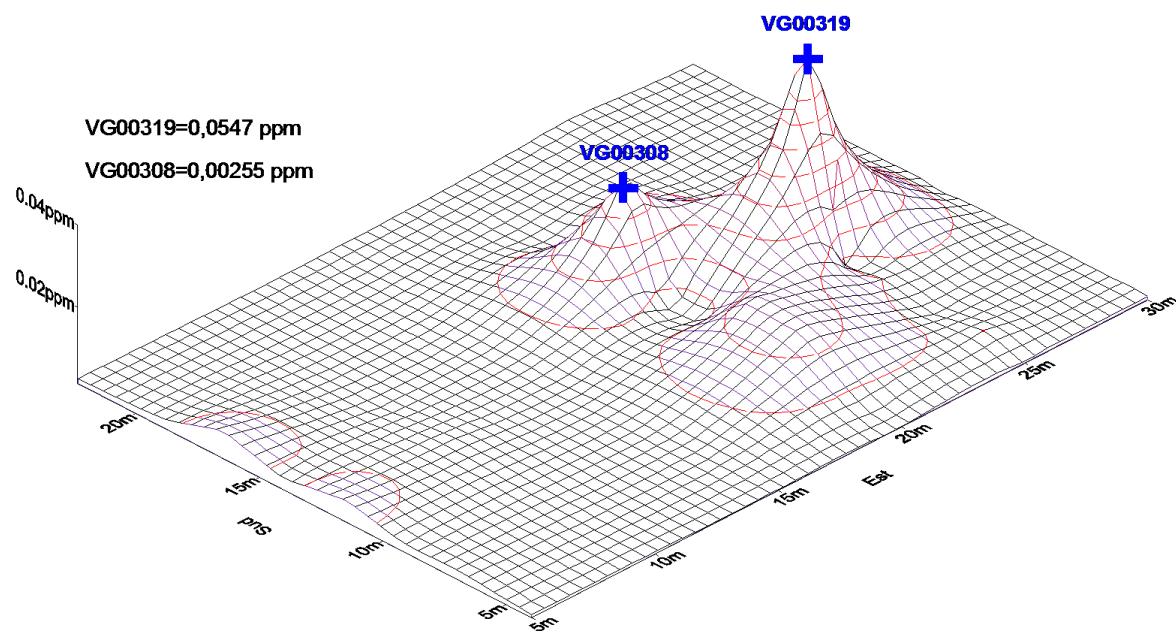


Figure 33: Carte d'Isoteneur selon les résultats d'analyse de l'OMNIS au niveau -4m



Graphe 11: Représentation graphique des concentrations remarquables du résultat d'analyse de l'OMNIS (niveau -4m)

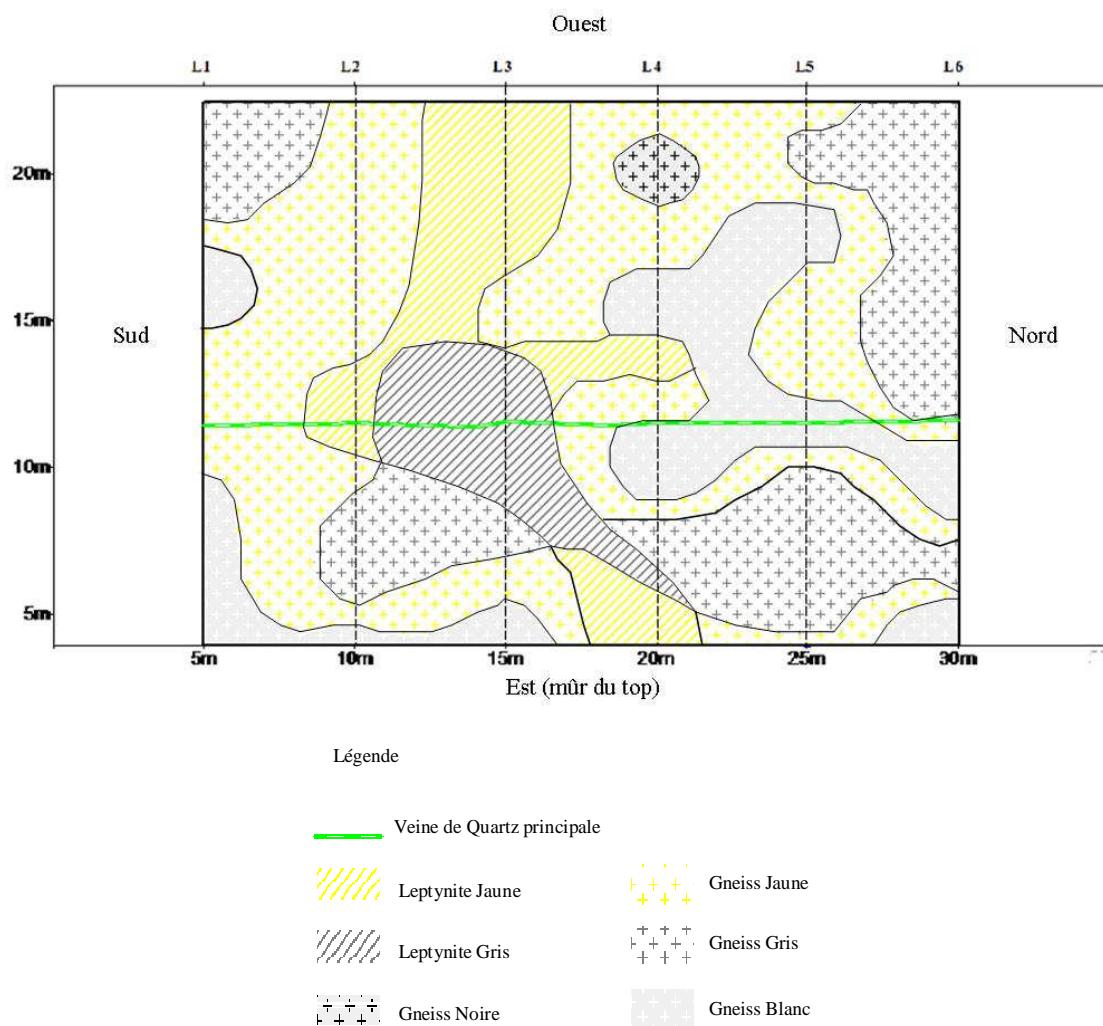


Figure 34: Carte représentative des contours de couleur des couches géologiques (niveau -4m)

## **IV. 5. Représentation par ligne**

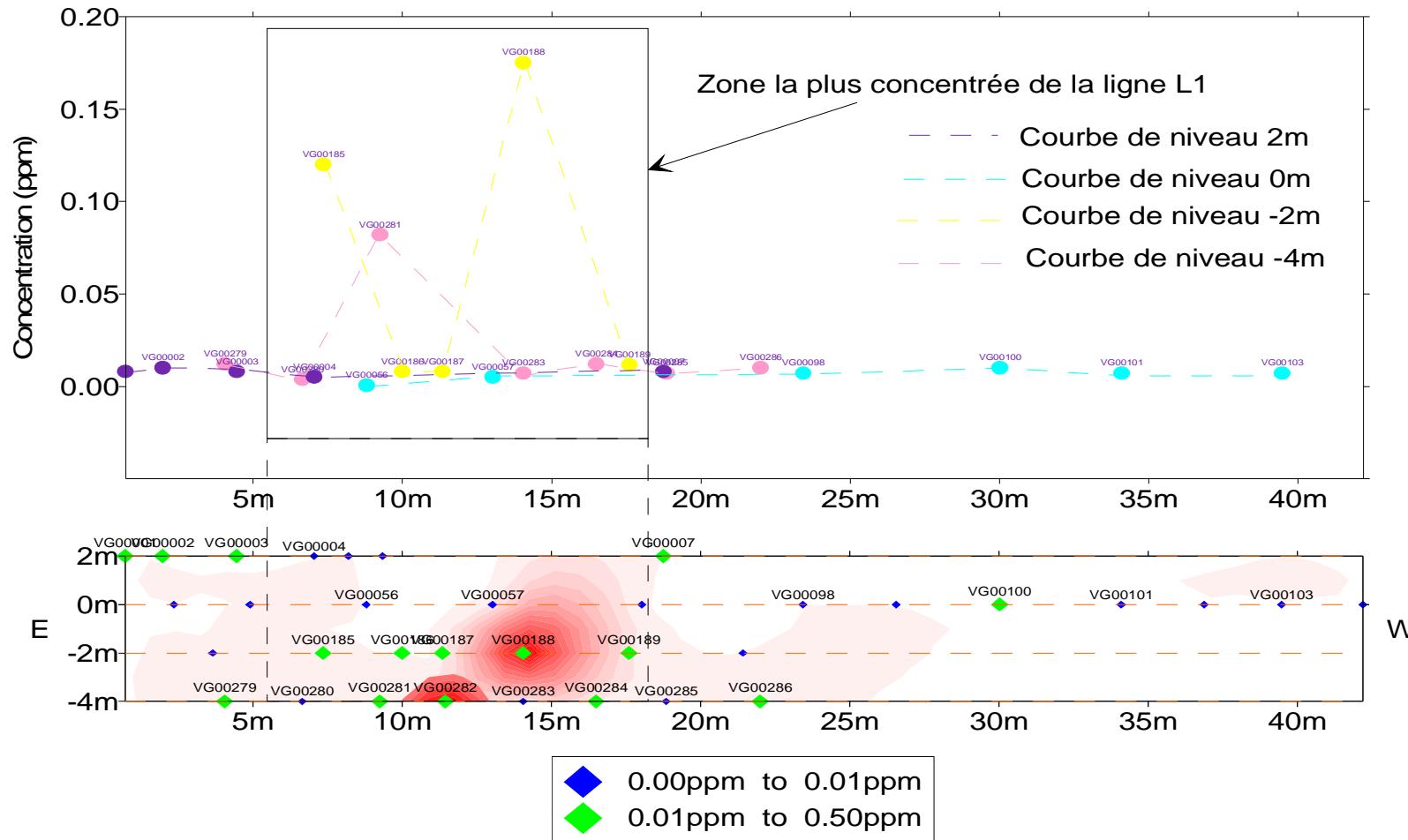
Nous allons classer les résultats d'analyse selon leurs laboratoires d'origine. Les lignes, numérotées du Sud (L1) vers le Nord (L12), sont des lignes virtuelles mesurées à partir du mur du top (Est vers Ouest).

Pour chaque ligne, des coupes transversales de direction Est-Ouest ont été effectuées. Le pas d'échantillonnage étant trop large, il a fallu procéder à des interpolations afin que les coupes soient réalisables et virtuellement compréhensibles.

Le but de cette opération est de déterminer l'anomalie de concentration en fonction de la longueur et de la profondeur de chaque ligne.

#### IV. 5. 1. Ligne 1

Nous n'avons pas intégré dans les courbes représentatives les échantillons de valeurs nulles et les plus élevées.

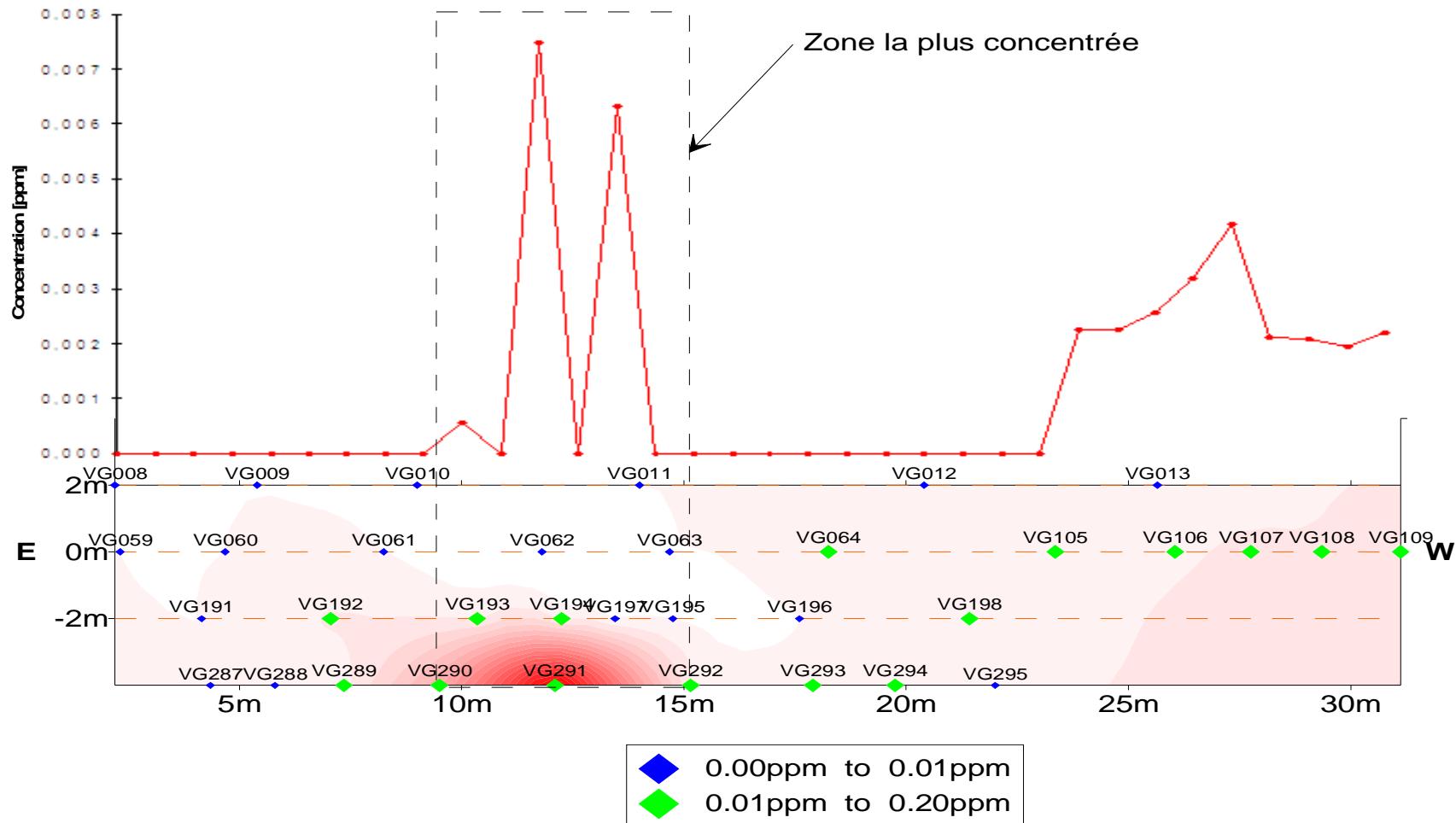


Graphe 12: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L1

Le graphe montre que la partie la plus concentrée se trouve entre 10m et 17m du mur du top.

#### IV. 5. 2. Ligne 2

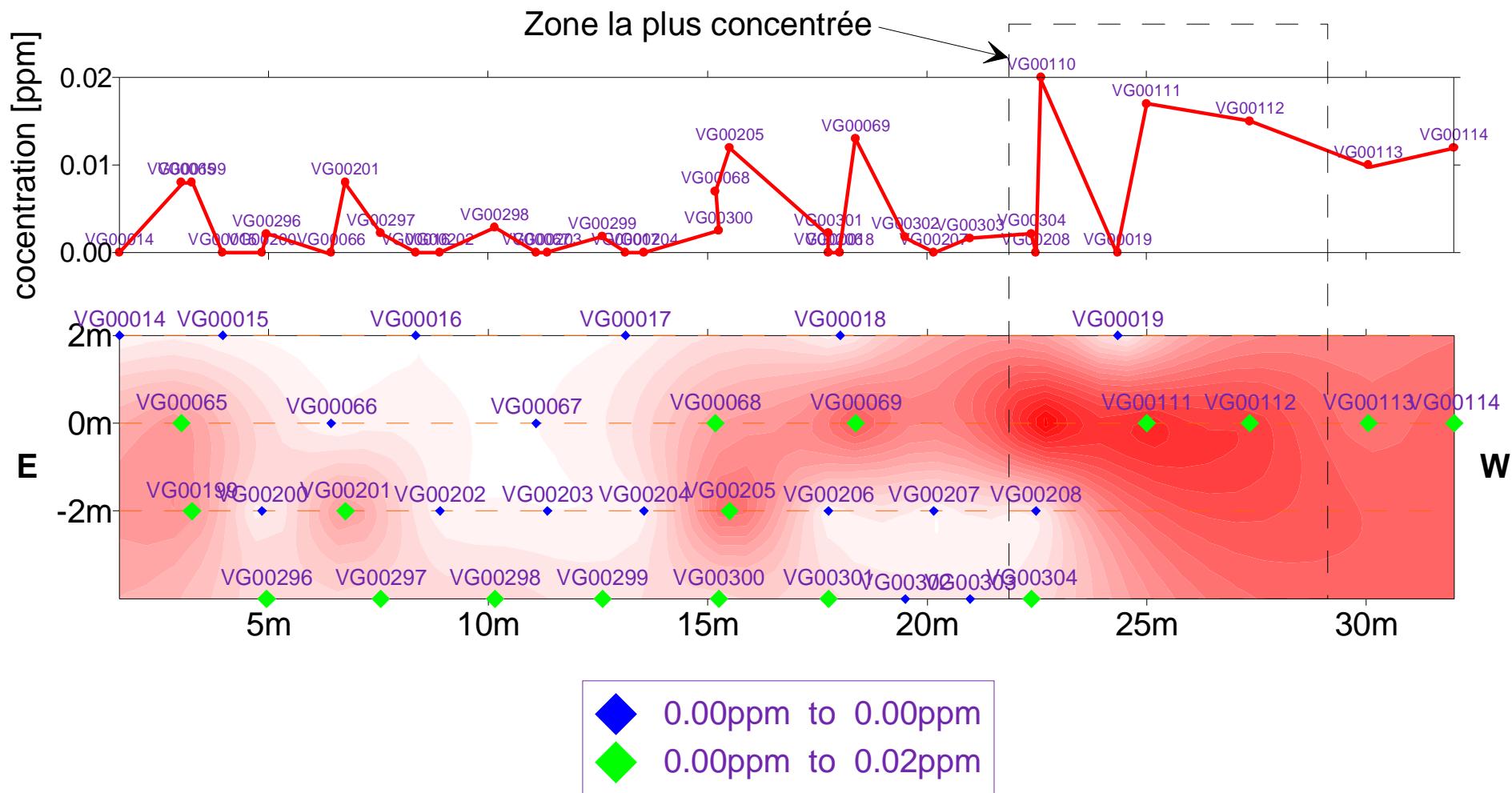
Nous avons sélectionné les concentrations venant des deux résultats, pour les représenter dans une même courbe.



**Graphe 13: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L2**

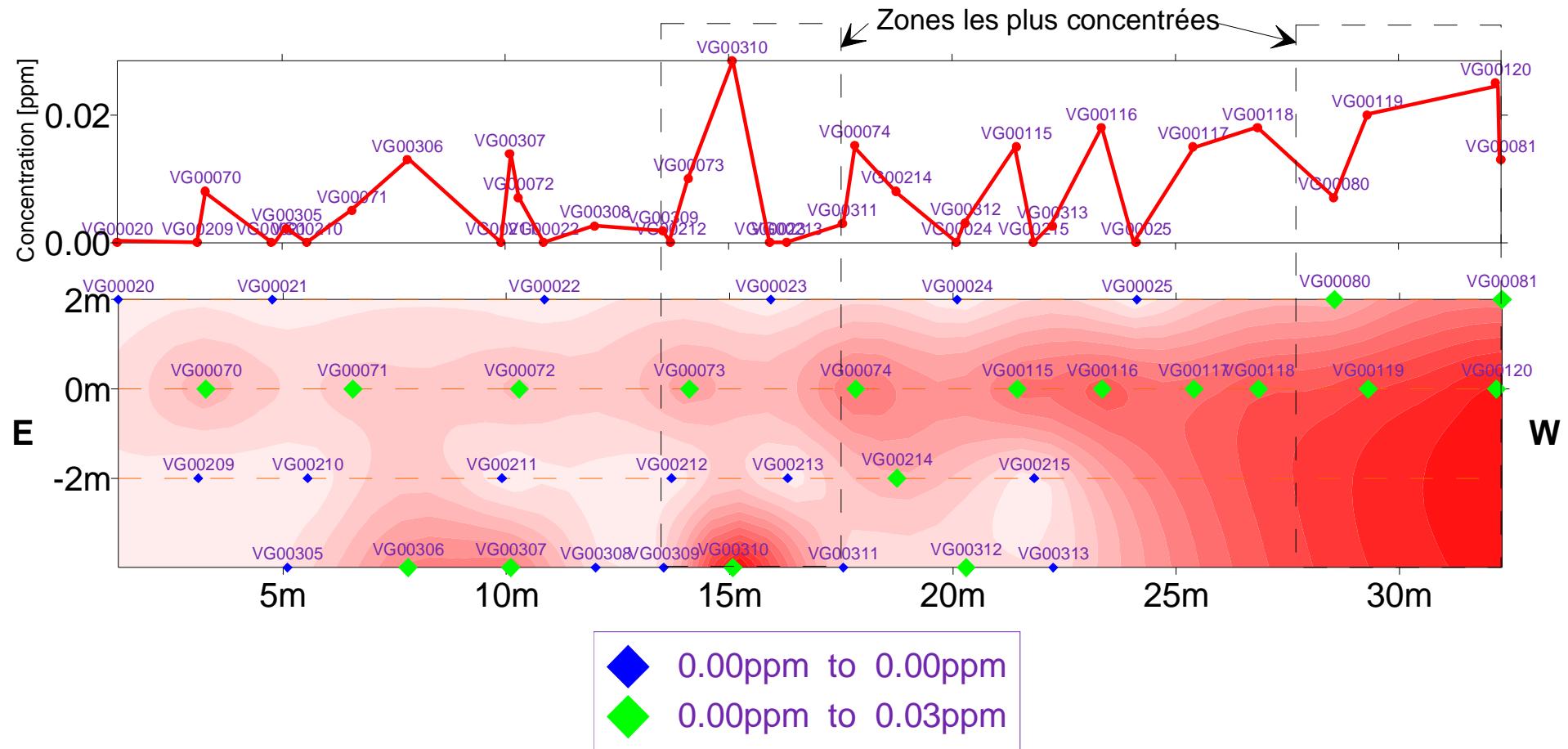
Le graphe montre que la partie la plus concentrée est sur le niveau -4m et entre 10m et 15m du mur de top.

#### IV. 5. 3. Ligne 3



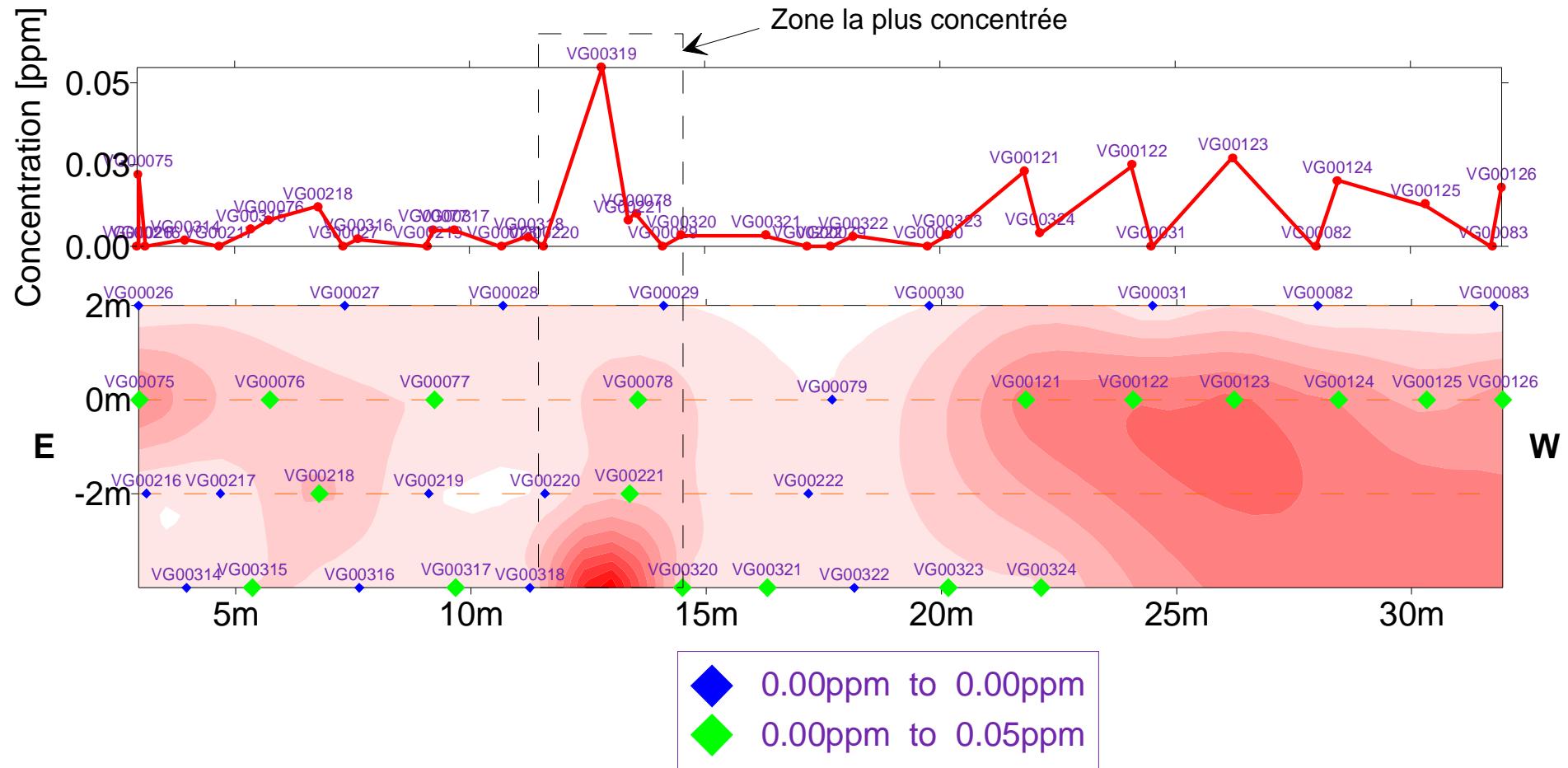
Graphe 14: Courbe repr esentative des concentrations suivant la ligne L3

#### IV. 5. 4. Ligne 4



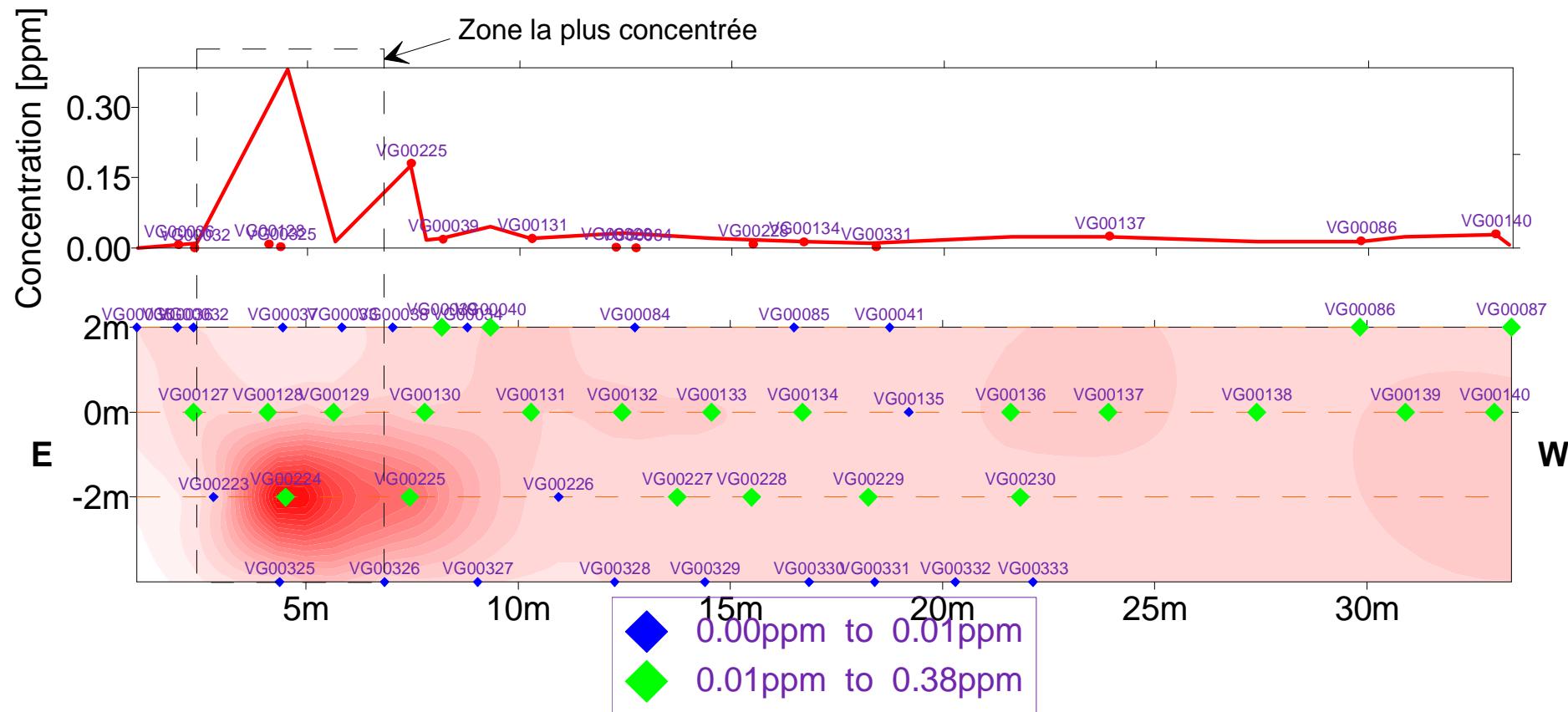
### Graphe 15: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L4

**IV. 5. 5. Ligne 5**



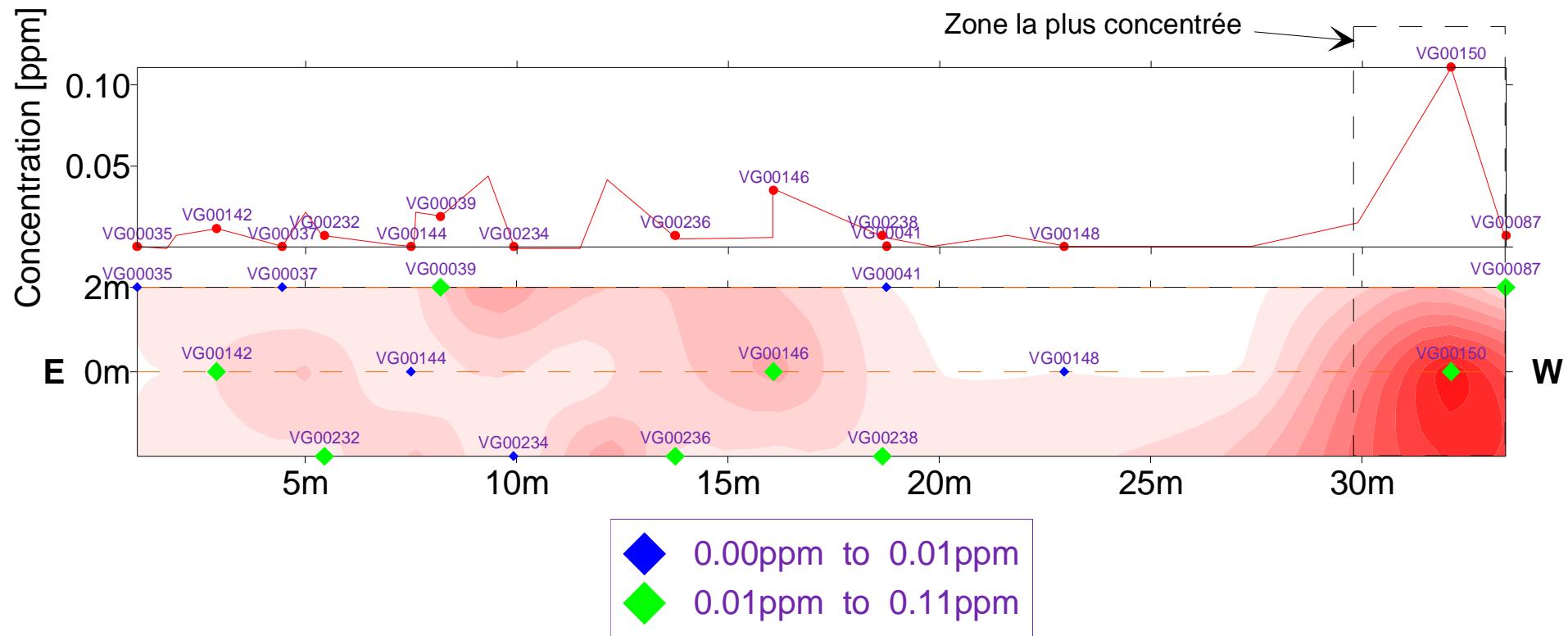
Graphe 16: Courbe repr esentative des concentrations suivant la ligne L5

**IV. 5. 6. Ligne 6**



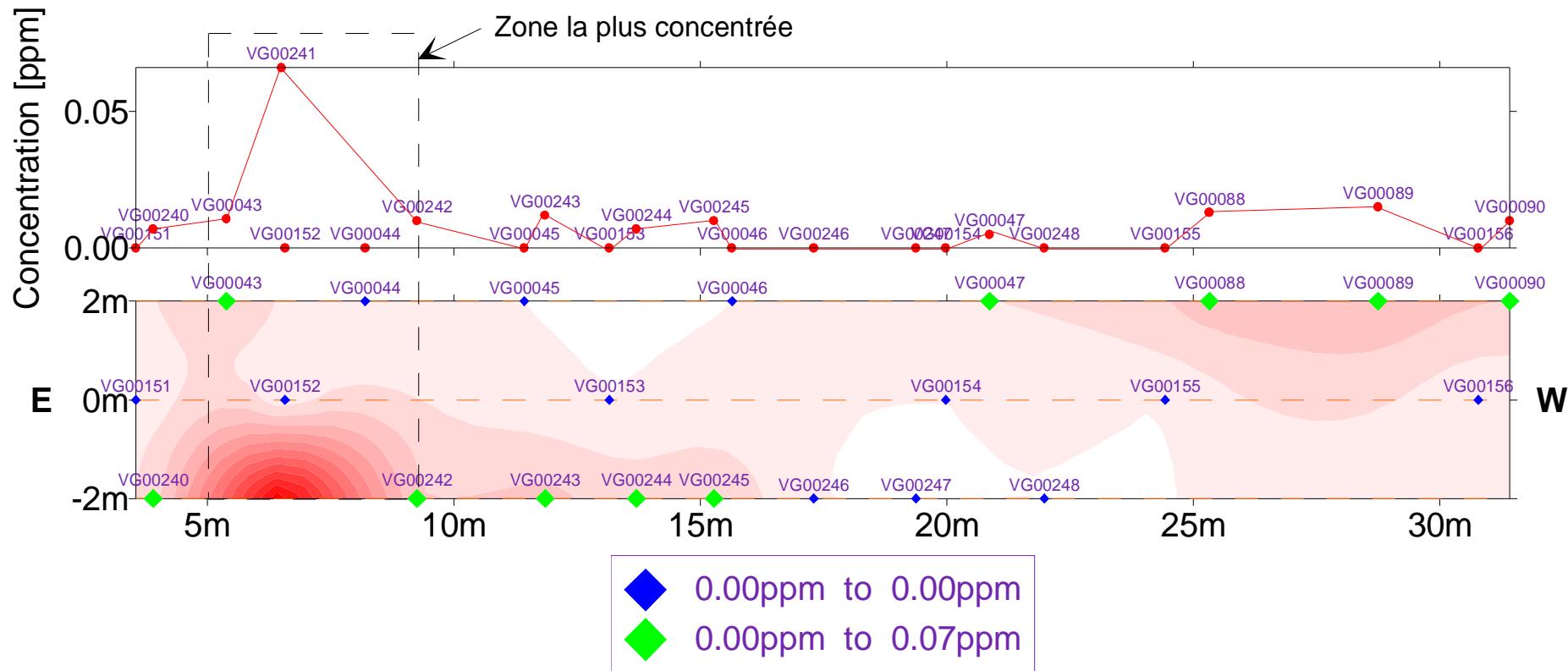
Graphe 17: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L6

#### IV. 5. 7. Ligne 7



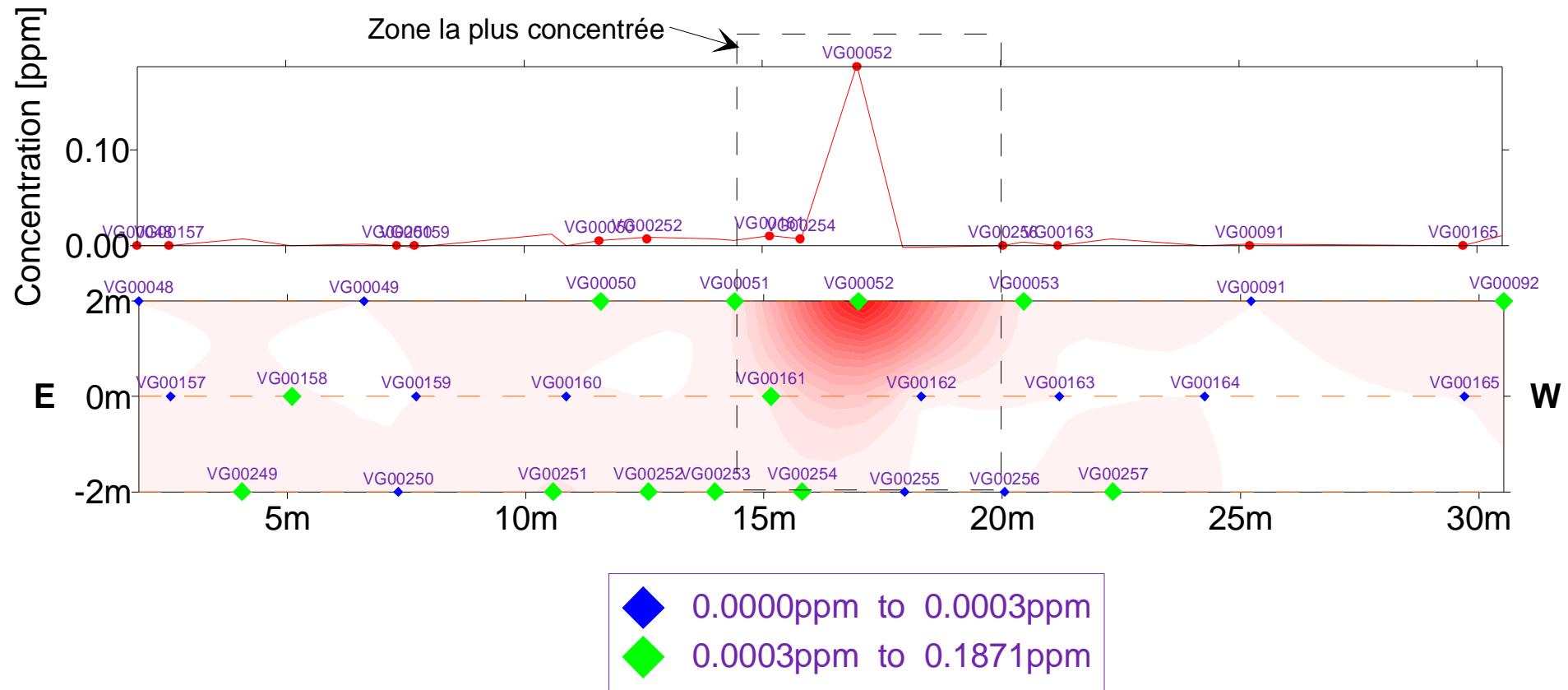
### Graphe 18: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L7

**IV. 5. 8. Ligne 8**



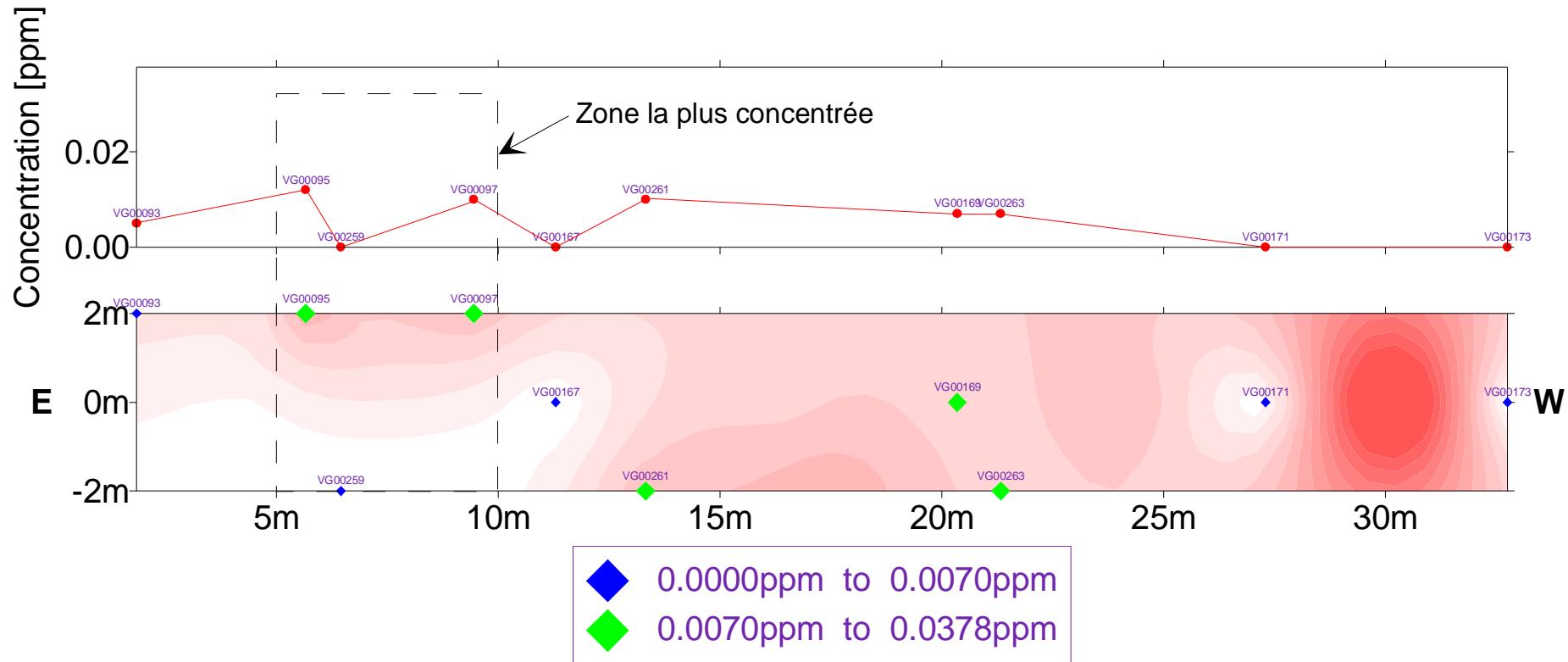
**Graphe 19: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L8**

#### IV. 5. 9. Ligne 9



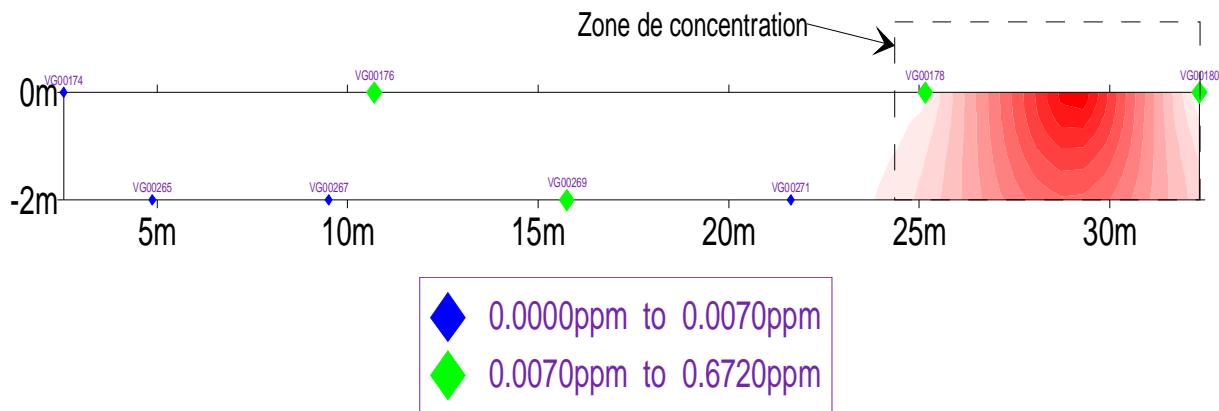
## Graphe 20: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L9

**IV. 5. 10. Ligne 10**



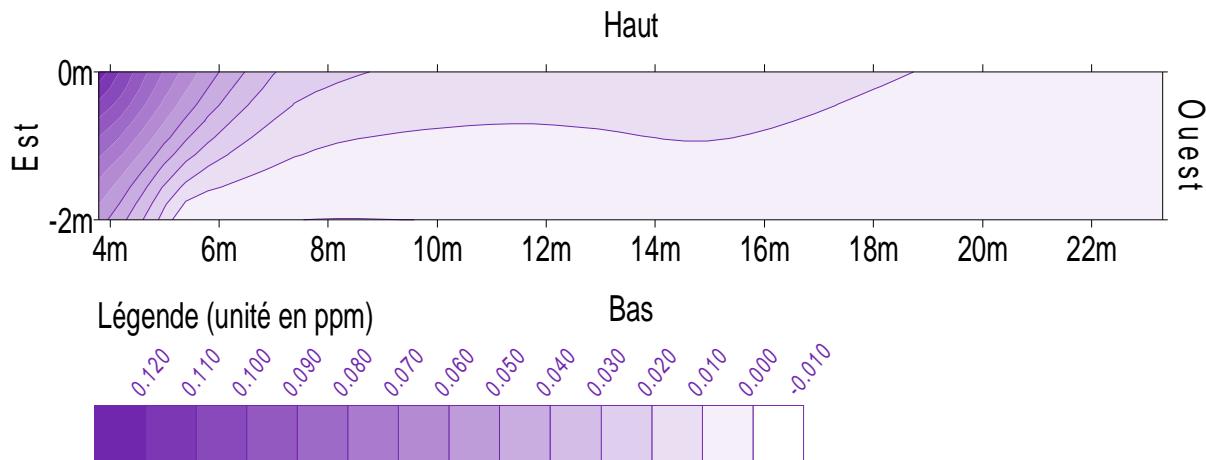
Graphe 21: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L10

#### IV. 5. 11. Ligne 11



Graphe 22: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L11

#### IV. 5. 12. Ligne 12



Graphe 23: Courbe représentative des concentrations suivant la ligne L12

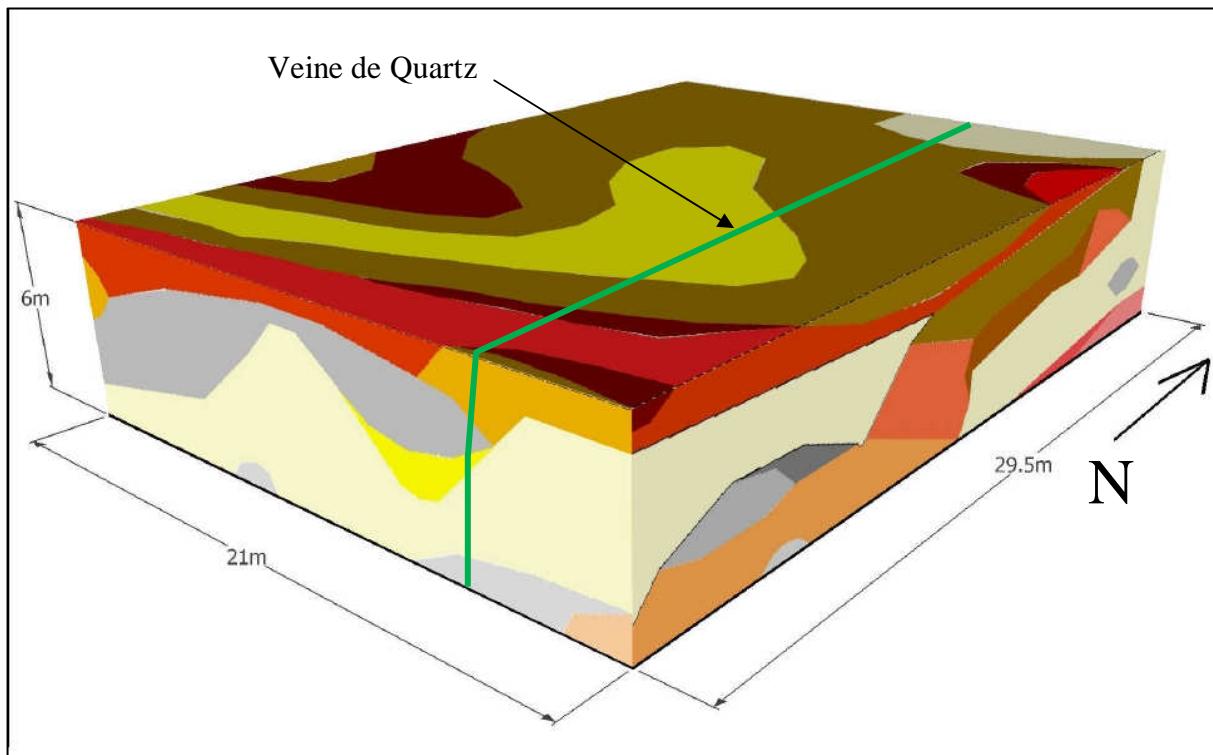
### IV. 6. Représentation des résultats

Pour une meilleure compréhension et traitement des résultats obtenus, il a fallu procéder à une représentation dans l'espace des données géochimiques (tableau 13). Cette représentation utilise les couleurs respectives des couches observées sur le terrain, couleur également représentative d'une certaine teneur en or d'après les résultats obtenus par analyses géochimiques (figure 36). Ainsi à chaque couleur a été attribuée une valeur correspondant à sa teneur en or telle que :

Marron :	0 ppm-0,01 ppm	Rose :	0 ppm
Jaune :	0 ppm-0,01 ppm	Grise :	0 ppm-0,0027 ppm
Rouge :	0,004 ppm-0,0115 ppm	Noire :	0 ppm-0,003 ppm

Tableau 13: Représentation comparative des pics de résultats ligne par ligne

Ligne	OMNIS			Genalysis		
	Echantillons	Pic de concentration [ppm]	Concentrations moyennes [ppm]	Echantillons	Pic de concentration [ppm]	Concentrations moyennes [ppm]
L1	VG00188	0,175	0,00045	VG00282	0,5	0,005
L2	VG00064	0,00748	0,000553	VG00291	0,2	0,007
L3	VG00068	0,00382	0,0024	VG00110	0,02	0,012
L4	VG00310	0,0285	0,009	VG00120	0,025	0,013
L5	VG00319	0,0547	0,008	VG00123	0,027	0,0154
L6	VG00224	0,384	0,0403	VG00225	0,18	0,0254
L7	VG00150	0,111	0,026	VG00235	0,04	0,0145
L8	VG00043	0,0107	0,009	VG00043	0,008	0,015
L9	VG00052	0,187	0,1	VG00251	0,012	0,0073
L10	VG00172	0,0378	0,02	VG00095	0,012	0,0085
L11	VG00179	0,672	0,157	VG00266	0,016	0,008
L12	VG00181	0,126	0,019	VG00181	0,01	0,01



<span style="color: darkred;">■</span>	Marron	[0 ppm— 0,01 ppm]
<span style="color: yellow;">■</span>	Jaune	[0 ppm— 0,01 ppm]
<span style="color: red;">■</span>	Rouge	[0,004 ppm— 0,0115 ppm]
<span style="color: magenta;">■</span>	Rose	[0 ppm— 0,0116 ppm]
<span style="color: green;">■</span>	Verte	[0 ppm]
<span style="color: grey;">■</span>	Grise	[0 ppm— 0,0027 ppm]
<span style="color: black;">■</span>	Noire	[0 ppm— 0,003 ppm]

Figure 35: Répartition des couleurs en fonction de la teneur en or

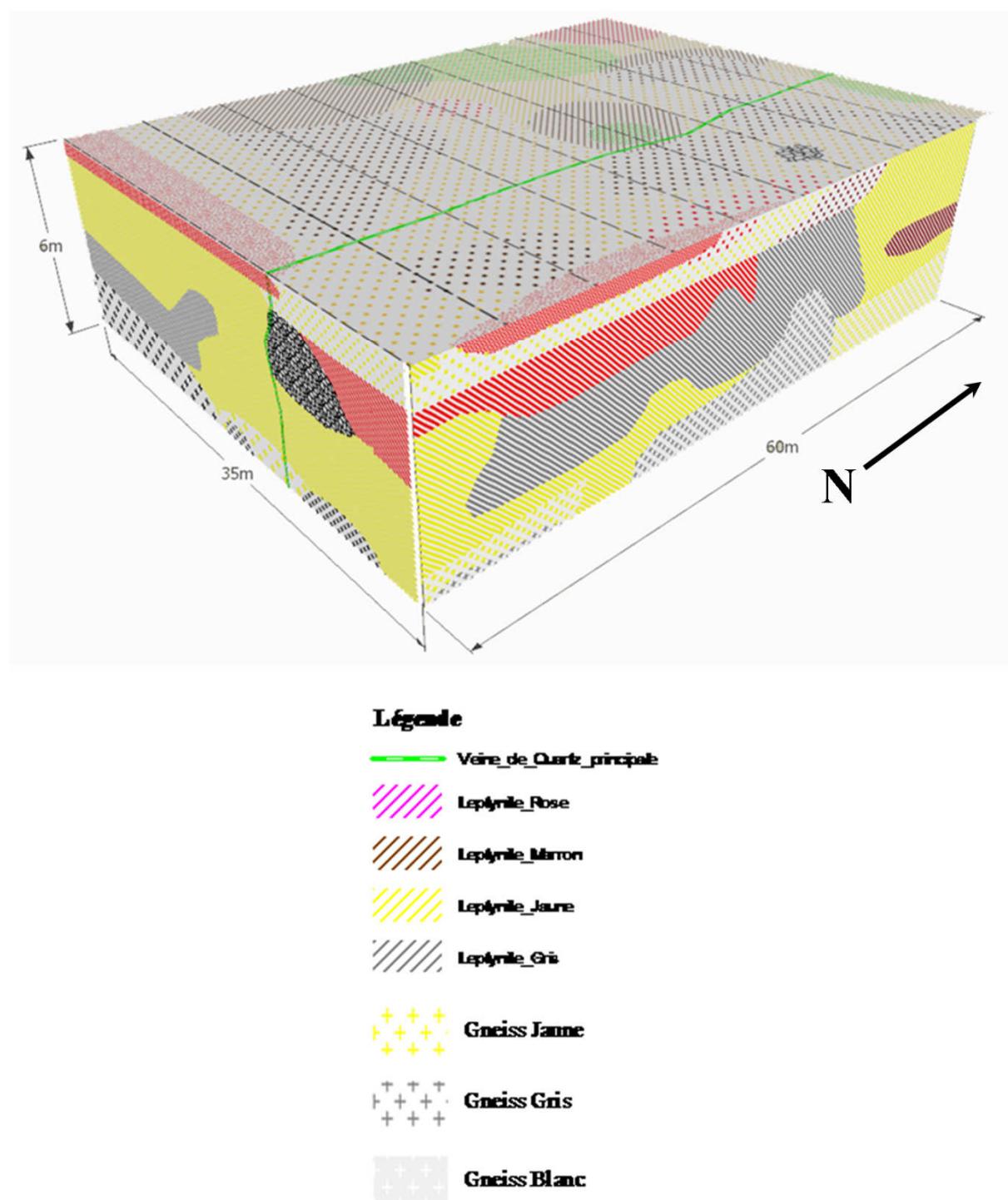


Figure 36: Bloc diagramme des couches prélevées

**N.B.** L'échelle des hauteurs a été exagérée pour une meilleure visibilité des différentes

## IV. 7. Interprétation des résultats

Pour représenter la répartition des échantillons récoltés durant la prospection, nous avons classé les couches selon leur degré d'altération (tableau 14).

**Tableau 14: Représentation du degré d'altération**



Roche	Gneiss				Leptynite				
couleur	Blanc	Gris	Jaune	Noir	Gris	Jaune	Rose	Rouge	Marron
Teneurs moyennes (ppm)	0,0034	0,002708	0,13	0,003	0,02	0,037	0,0116	0,0152	0,01

La coloration est une caractéristique importante qui renseigne sur l'état d'oxydation du fer ( $\text{Fe}^{2+}$  vert) et sur la présence de matière organique (minéraux noirs).

Le changement de couleur dépend du Potentiel d'oxydo-réduction (Eh), tel que :

- $\text{Eh} > 0$  : milieux oxydants en contact avec l'air : milieux aériens, milieux aquatiques superficiels ou agités
- $\text{Eh} < 0$  : milieux réducteurs, à l'abri de l'air : milieux aquatiques calmes, eaux stratifiées, sols hydromorphes.

Le potentiel d'oxydo-réduction régnant dans le milieu de dépôt agit sur l'intensité de l'activité biologique, sur l'état d'oxydation de certains éléments (fer, manganèse...), sur l'évolution de la matière organique. Les minéraux à base de fer sont des oxydes ferriques ( $\text{Fe}^{3+}$ ) en milieu oxydant, des oxydes, carbonates et sulfures à fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en milieu réducteur. La couleur du sédiment varie du rouge ou jaune (oxydant) au vert-gris (réducteur). Les restes organiques disparaissent par oxydation pour un  $\text{Eh} > 0$  ; ils sont conservés, s'accumulent et sont réduits en hydrocarbures et carbone en Eh négatif : le sédiment est noir.

## IV. 8. Origine du filon de quartz et de concentration d'or

### IV. 8.1. Le filon de quartz

Le filon de quartz est dû aux remplissages des cassures par des fluides provenant du magma, liées à la tectonique de la région. La tectonique est rattaché à la compression de la force D2 (figure 11) qui s'est produite il y a 1008 M a. Le filon de quartz est en forme de dyke.

### IV. 8.2. La concentration d'or dans le filon de quartz

Ce sont des circulations d'eau chaude venues des profondeurs de la terre qui permettent d'entraîner les pépites et paillètes d'or vers des filons où ils se concentrent. Ce sont des phénomènes hydrothermaux (figure 37).

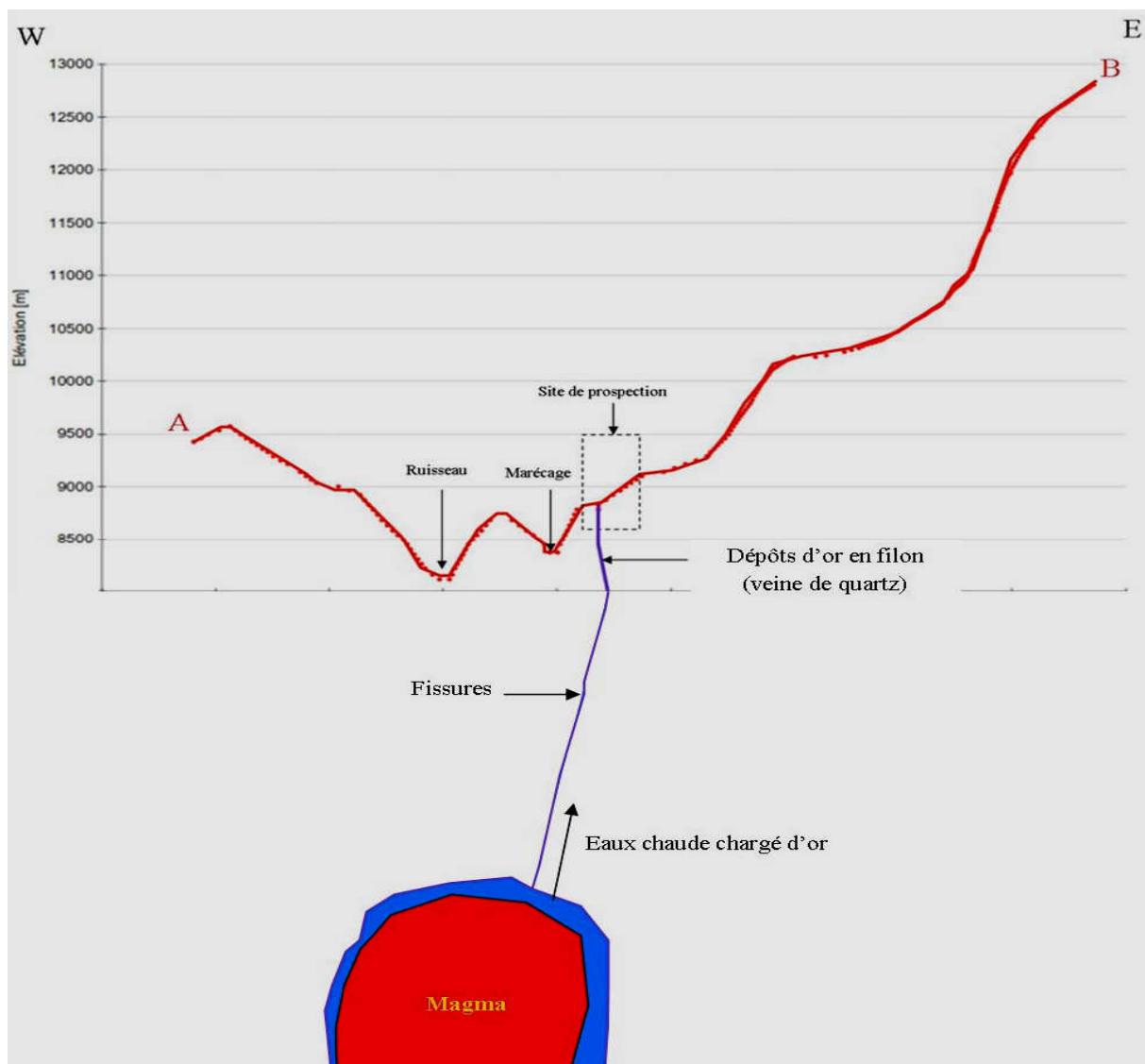


Figure 37: Schématisation du phénomène hydrothermal (pas d'échelle en profondeur pour le magma)

## **IV. 9. Continuité du travail**

D'après les résultats des analyses des échantillons dans les laboratoires, ainsi que les traitements des données, montrent que la campagne de prospection peut entrer dans la phase de forage. Ce qui pourrait apporter plus de précision sur la qualité de l'estimation du gisement reconnu.

## **IV. 10. Crédibilité de la méthode PIT GEOLOGY**

Cette méthode donne de bons résultats dans la prospection aurifère, car elle fournit des renseignements niveau par niveau du gisement. Cette méthode est plus sûre que les autres, mais elle demande beaucoup plus d'investissements par rapport aux méthodes classiques. Par ailleurs, cette méthode présente l'inconvénient d'être très destructrice de l'environnement. Dans ce cas, si le site est rentable pour une future industrie minière, l'investissement dans cette méthode ne sera pas une perte pour l'entreprise minière.

## **IV. 11. Remarque à propos du travail sur terrain**

### **IV. 11.1. Excavation des déblais et nettoyage du site**

Les matériels techniques sont sophistiqués, mais leur effet sur le site pose encore du problème pour le géologue prospecteur. Les engins excavateurs émettent beaucoup de rainures sur les murs et le banc après leur passage. Ce qui ne facilite pas l'observation sur terrain. Donc, l'équipe de génie civil lisse les parois pour apparaître les couches géologiques du côté des murs. Cette opération est toujours répétée à chaque changement de niveau. Aussi, sur le banc de chaque niveau, les mêmes rainures gênent et les aides géologues devraient enlever les poussières avant de prendre de l'échantillon. La solution est de remplacer l'un des excavateurs par un bulldozer pour causer moins de rainures et un travail plus avancé.

### **IV. 11.2. Mode d'échantillonnage sur le site**

Pour avoir des résultats plus crédibles à propos du gisement, il faut augmenter le taux des échantillons VR (échantillonnage suivant la verticale). Car les veines de quartz suivent de fissures verticales. Alors que ce sont ces veines de quartz qui sont les responsables de la minéralisation en or. En suivant trop le plan horizontal (échantillons VG), les prospecteurs risquent de rater beaucoup de couches minéralisées intéressantes.

#### **IV. 11.3. Prestation de la population autochtone envers le site**

La population est formée majoritairement par des chercheurs d'or. Les gens utilisent des matériels rudimentaires, avec un rendement peu satisfaisant. Donc, les déblais sur le site attisent la convoitise.

#### **IV. 12. Conclusion partielle**

Les résultats d'analyses déterminent l'importance de la propriété de chaque couche géologique rencontrée sur chaque niveau. Chaque couche a sa propre teneur en or.

Les résultats pourront servir à une phase ultérieure qui sera l'estimation proprement dite du gisement étant donné que le nombre actuel des échantillons prélevés n'est pas assez représentatif pour réaliser une estimation fiable de la réserve. Il faudra alors connaître la genèse et le mode de dispersion des pépites sur l'endroit à prospector.

Sur tous les niveaux, les résultats d'analyse du laboratoire Genalysis ont donné une concentration moyenne de 0,0085ppm et de 0,0069ppm pour le laboratoire de l'OMNIS. Ce qui détermine l'importance du gisement.

Comme cette étape de la prospection n'est encore qu'à sa phase initiale (découverte), les modèles représentés sur les figures 35 et 38, pourront servir de guide dans la connaissance du mode de dispersion de l'or dans chaque couche rencontrée sur le terrain.

# CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, nous pouvons donc dire que l'or est un minerai très recherché à Madagascar. Dans le monde, il détermine la puissance économique d'un pays. Ses métallotectes sont relativement liés au mode et au type du gisement. A Madagascar ces gîtes ne sont pas encore tous connus par les autorités.

De plus, les indices géologiques et métallogéniques sont abondants dans toute l'île attirant ainsi les investisseurs.

Le type de prospection adopté lors de cette campagne a pu fournir une estimation assez précise du gisement surtout sur le point de vue de la répartition verticale et horizontale de l'or.

Le site de prospection de Vatovorona-Vatovaky se trouve dans le Shear Zone de Zazafotsy. C'est une zone très propice à une minéralisation issu du phénomène hydrothermique, minéralisations qui accompagnent les veines de quartz et qui alors transportées par un fluide dû au magmatisme ainsi qu'à la tectonique de la région.

L'étude sur le terrain a montré que le site prospecté fait partie d'une zone de plissement qui a été à l'origine de l'intrusion de la veine de quartz minéralisée en or. L'ancienne carrière des orpailleurs artisanaux laissée sur le site d'étude est déjà un indice favorable pour la prospection.

Les résultats d'analyse utilisés dans les divers traitements développés dans ce mémoire (traitement d'image, Surfer, MapInfo, Envi, Autocad, JMP, Google SketchUp, Microsoft Works) ont montré l'efficacité de la méthode de prospection par tranchée (Pit Geology). La combinaison des traitements a permis de modéliser la répartition des niveaux riches en or.

Les résultats de cette phase d'exploration réalisée dans la région de Vatovorona, ont montré que les principales zones aurifères sont localisées dans le filon de quartz et au voisinage de ce filon (couleur : jaune, marron, gris).

Pour parvenir à l'objectif final de Varun qui est de mettre en place une exploitation industrielle, il faudrait approfondir l'étude du gisement pour déterminer la (ou les) roche(s) mère(s) aurifère(s). Il faudrait planter plus de forages d'exploration pour délimiter avec plus de précisions les dimensions du gisement et la répartition spatiale des teneurs en or.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BACHAOUI B., BACHAOUI E.M., HARTI A. EL, BANNARI A. et GHMARI A. EL (2007). *Cartographie des zones à risque d'érosion hydrique : exemple du haut atlas marocain*. Revue Télédétection, vol. 7, n° 1-2-3-4. pp. 393-404.
- BESAIRIE, H. (1966). *Gîte Minéraux de Madagascar. Annales géologiques de Madagascar*. Fasc. XXXIV, Vol.1. pp. 267 –269.
- BESAIRIE, H. (1973). *Précis de la géologie de Madagascar. Annales géologiques de Madagascar*. Fasc. XXXVI, pp. 109 –112.
- BOULVAIN F. (2006). *Introduction à la cartographie géologique*. Cours en ligne, Université de Liège-Faculté des Sciences-Département de Géologie-Laboratoire de pétrologie sédimentaire. 69p.
- BRGM (1984). *Plan directeur d'action pour la mise en valeur des ressources du sol et du sous-sol de Madagascar*. Contrat d'étude N°01/84/MIEM-DME/FED. pp.333- 345.
- CHAUSSIER J.B. (1989). *Initiation à la géologie et à la topographie à l'usage des aides-géologues, techniciens de chantiers et d'exploitation minière*. Série Manuels et méthodes (BRGM), 181p.
- COLLINS and WINDLEY, (2002). *The tectonic evolution of central and northern Madagascar and its place in the final assembly of Gondwana*. Journal of Geology. pp. 325 – 340.
- DICTIONNAIRE DE GEOLOGIE. [www.Tunisia-Sat.pdf](http://www.Tunisia-Sat.pdf). Page : 148, 153, 185, 205.
- EILU Pasi, OJALA V. Juhani and SARALA Pertti (2011). *Exploration for orogenic gold deposits – with emphasis on geochemical exploration in glaciated Precambrian terrain*. Workshop, 21 August 2011. 25th International Applied Geochemistry Symposium 2011- 22-26 August 2011 Rovaniemi, Finland.
- GONCALVES P. (2002). *Pétrologie et géochronologie des granulites de ultra-hautes températures de l'unité basique d'Andriamena (centre-nord Madagascar)*. Thèse doctorale en Pétrologie. Université BLAISE Pascal. pp 21-40.
- GONCALVES P., NICOLLET C., LARDEAUX J.M. (2001). *Finite strain pattern in Andriamena unit (north-central Madagascar): evidence for late Neoproterozoic-Cambrian thrusting during continental convergence*, Article de presse. <http://www.sciencedirect.com>. pp 2-3.
- HOTTIN, G. (1976). *Présentation et essai d'interprétation du Précambrien de Madagascar, Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières IV (2nd séries)*. pp. 117– 153
- HUMBLE William (1840). *Dictionary of geology & mineralogy*, Ed. H. Washbourne, 2<sup>nd</sup> edition.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE (2005). *Monographie des 22 régions*. DSM/EPM. Région d'Ihorombe.

- JAQUET Jean-Michel (2008). *Introduction à la Géomatique : Télédétection et Systèmes d'information Georeferee*. Cours UNIGE no 1411, MER : Unité de Télédétection / SIG et GRID/PNUE. Page 37.
- Meert, J. G. & Voo (1997). *The assembly of Gondwana 800-550 Ma*. Journal of Geodynamics N°23, pp. 223-235.
- MELCHIOR Alain (2009). *La prospection minière*. pp. 15-18. Site web: <http://users.skynet.be/alain/Prospection/>
- MENANT G., ORIA M. (1964). *Géologie à l'usage des élèves d'Afrique et de Madagascar*, Collection Hatier/Paris. pp. 158- 163.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ELEVAGE ET DE LA PECHE/UPDR (2003). *Monographie de la Région d'Ihorombe*. 72p.
- MINISTÈRE DES MINES (2006). *Or de Madagascar*. Revue du Ministère des mines (Madagascar) .Service géologique. 18p.
- NERCI K (2006). *Géophysique et géochimie de la croûte profonde*. Thèse doctorale en géologie, Université Québec. pp. 7-55.
- RAKOTOMAVO G., RAKOTOMANDIMBY et RANDRIANASOLO L. (1966). *Etude géologique et prospection de la feuille de Zazafotsy (L55)*, Service Géologique de Madagascar, Rapport de fin de mission. 18p.
- RANDRIANASOLO E. B. (2009). *Nouvelles méthodes de cartographie sur le socle protérozoïque du sud de Madagascar*, Thèse doctorale en géologie. Université Joseph FOURIER. 306p.
- ROBEQUAIN Charles (1953). *Géologie et morphologie à Madagascar*. In: Annales de Géographie, t. 62, n°329. pp. 60-67.
- WINDLEY B.F., RAZAFINIPARANY A., RAZAKAMANANA T., and ACKERMAND D., (1994). *Tectonic framework of the Precambrian of Madagascar and its Gondwana connections: a review and reappraisal*, Geologische Rundschau. pp. 642–659.

## WEBOGRAPHIE

- <http://germigny.creteil.iufm.fr> (Août 2011)
- <http://users.skynet.be/alain/Prospection> (Août 2011)
- <http://www.24hgold.com> (Décembre 2012)
- <http://www.cite.mg/mine> (Août 2011)
- <http://www.dani2989.com> (Août 2011)
- <http://www.freshney.org> (Décembre 2012)
- <http://www.silver-phoenix-investments.com> (Décembre 2012)
- <http://www.Tunisia-Sat.pdf>. (Septembre 2012)
- <http://www.u-picardie.fr> (Août 2011)

# Glossaire

**3D** : Trois dimensions

**Amphibole** : Inosilicate en chaîne double, en général du système monoclinique, hydroxylé (ion OH-), et ferromagnésien. Les amphiboles constituent une famille de minéraux en prismes plus ou moins allongés, en aiguilles ou en fibres, à section transversale losangique, à angles tronqués, montrant deux clivages à 124°. La couleur est noirâtre, vert sombre à vert clair, brune, parfois bleu lavande ou gris bleuâtre (glaucophane). Leur classification est complexe et est liée aux variations progressives des teneurs en Mg et Fe en Ca, et en Na.

**Archéen** : Période la plus ancienne des temps géologiques, antérieure à 2 500 m.a.

**Au** : Or

**Biotite** : mica noir

**BRGM** : Bureau de Recherche Géologique et Minière

**Calcaire** : Roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de calcite CaCO pouvant être accompagnée d'un peu de dolomite, d'aragonite, de sidérite. Les calcaires sont de faible dureté (rayés au couteau), et font effervescence (dégagement bouillonnant de CO<sub>3</sub>) à froid sous l'action d'un acide dilué (p. ex. HCl à 10%), ce qui les distingue des dolomies, qui ne le font pas. Ils contiennent souvent des fossiles d'où leur importance en stratigraphie, et ont de nombreuses applications pratiques (pierreries de construction, fabrication de chaux et de ciment, réservoir d'eau, d'hydrocarbures, de gaz).

**CAO** : Conception assistée par ordinateur

**DAO** : Dessin assisté par ordinateur

**E** : Est, **N** : Nord, **S** : Sud, **W** : Ouest

**Eh** : Potentiel d'oxydo-réduction

**Epigénie** : En pétrographie, remplacement lent au sein d'une roche d'un minéral par un autre, molécule à molécule, ce phénomène étant lié à un apport de substance au point considéré, d'où le terme également employé de métasomatose. Il y a en général conservation très précise des formes de l'élément originel.

**Epigénique** : Qui procède de l'épigénie ou qui s'y rapporte. Un gisement métallifère épigénique formé secondairement dans une roche, les apports étant liés, par exemple à des solutions hydrothermales.

**Filon hydrothermal** : Filon dont le remplissage est dû à des circulations aqueuses chaudes liées à des intrusions de roches magmatiques.

**Genalysis** : Laboratoire d'analyses géochimiques qui a traité une partie des échantillons, et qui se trouve en Afrique du Sud

**Gneiss** : Roches métamorphiques du métamorphisme général, très commune, méso- à catazona le plus souvent, à grain moyen ou grossier (du mm au cm), à foliation souvent nette caractérisée par des lits généralement de teinte sombre, riches en minéraux ferromagnésiens (micas, amphiboles, ...) alternant avec des lits clairs (blancs, gris, rosés) de quartz et de feldspaths, ces derniers nombreux et visibles à l'œil nu (différence d'avec les micaschistes). La structure est lépido- à nématoblastique pour les lits sombres, et granoblastique pour les lits clairs. Les minéraux autres que quartz, feldspath, et mica peuvent être très variés, et on les mentionne dans la dénomination des gneiss : gneiss à grenat, à sillimanite, à cordiérite, à jadéite.

**GPS** : Global Positioning System est un système de navigation radio qui est composé de 24 satellites et d'une base terrestre. Ce qui permet de fournir à l'utilisateur sa position précise en trois dimensions (latitude, longitude, altitude), sa vitesse de déplacement et l'heure exacte.

**Lanthanidique**: Relatif aux terres rares

**Leptynite** : Lecogneiss ou roche métamorphique de type gneissique, de teinte claire, assez homogène et à grain fin, compacte, et à foliation peu marquée, fréquemment à débit en pavés,

composée de quartz et feldspath alcalin dominants, souvent riche en grenat, pauvre en mica et/ou amphibole. Elle dérive du métamorphisme de grès arkosiques (paraleptynite) ou de granites (ortholeptynite) ; en général, il s'agit de la catazone ; les leptynites à cordiérite et/ou grenat, et sans biotite, définissent parfois l'ultrazone (V. métamorphisme, isograde, et zone) ; roche voisine granulite.

**Linéation** : Terme général désignant dans une roche toute structure acquise tectoniquement, se traduisant par des lignes parallèles entre elles.

**Ma** : Millions d'année

**Métallogénie** : Etude de formation des gîtes métallifère. C'est la science des gisements métallifères basée sur l'analyse des paragenèses minérales, sur leurs successions et leurs évolutions chronologiques, en liaison avec l'histoire géologique des secteurs où sont situés ces gisements, il s'y ajoute, pour le praticien, l'estimation de leur intérêt économique.

**Métallotecte** : Structure géologique ayant facilité une concentration de minéraux métalliques.

**Mur du Top** : c'est le mur du talus à l'Est de la tranchée, transversal aux lignes de prospection.

**OMNIS** : Office Malagasy Nationale pour les Industries Stratégiques

**PAO** : Publication assistée par ordinateur

**Permo-triasique** : Adjectif tiré du nom **Permo-Trias**, ce nom est utilisé pour designer des formations (généralement gréseuses et rouges) où l'on a trouvé des fossiles du Permien et du Trias, ou qui, au contraire, sont mal datées, et pour lesquelles on ne peut éliminer l'hypothèse quelles se soient déposées durant l'une et/ou l'autre de ces deux périodes.

**PGRM** : Projet de Gouvernance des Ressources Minérales

**Phénomène hydrothermique** : Circulations d'eau chaude venues des profondeurs de la terre qui permettent d'entraîner les poussières ou particules d'or vers des filons où ils se concentrent.

**Pit Geology** : géologie des pépites

**ppm** : Partie par millier

**Précambrien** : Période précédant le Cambrien (Système le plus ancien de l'ère primaire.). C'est la plus longue des ères géologiques et qui se divise en quatre périodes : inférieur, moyen, supérieur, et terminal.

**Protérozoïque** : Portion la plus récente des temps précambriens (2 500 à 570 ou 530 m.a.).

**Pyroxène** : Inosilicate en chaîne simple, ferromagnésien avec, en proportions variables, Ca et Na, du système orthorhombique (orthopyroxène) ou monoclinique (clinopyroxène). C'est une famille complexe de minéraux, en prismes plus ou moins allongés, à sections rectangulaires à angles tronqués montrant en général deux clivages presque orthogonaux, rarement fibreux, à couleur noire à éclat métallique, parfois verte, violacée, grise ; ils peuvent être maclés et zonés.

**Shear zone** : cisaillement dans une roche, bande où les cristaux ont été fortement étirés et aplatis, ou même ont recristallisé, lors d'un mouvement cisaillant. Ces bandes parfois nombreuses donnent à la roche une foliation tectonique, et les cristaux disposés en rubans allongés dessinent une linéation minérale parallèle à la direction du cisaillement.

**SIG** : Système d'Information Géographique

**Sillimanite** : Nésosilicate d'alumine  $Al_2SiO_5$ , du système orthorhombique, en prismes fins et allongés, souvent cannelés, blanc porcelaine, ou en bouquets de fibres ; elle est présente dans les roches métamorphiques de type micaschiste et gneiss

**TBG** : Travaux de bureau géologique

**Tillite** : Conglomérat résultant de la compaction d'un dépôt morainique ou fluvioglaciaire ancien, les éléments sont souvent striés, de tailles variées (du gravier au bloc), mal classés, emballés dans une matrice argilo-sableuse et parfois bariolée. Son période de formation est au Précambrien, au Paléozoïque, et qui se traduise au période d'anciennes glaciations.

**Transpressives** : Force tectonique latérale D2 qui agissait sur le bloc de la partie sud de Madagascar et responsable de la cause des shear zones

**Wasp** : rinçage des échantillons sur un bâti par de l'eau pour se débarrasser des stériles

# **ANNEXES**

## Annexe 1 : Valeur des pièces d'or dans les pays développés

Tableau 15 : Cours de pièce en or (Source : ESG Edelmetall-Service GmbH &amp; Co. KG)

Pièce en or	Prix d'achat	Pièce en or	Prix d'achat
20 Euros en or Allemagne	168,86 €	2 Rands Afrique du Sud	317,76 €
100 Euros en or Allemagne	675,02 €	1 Rand Afrique du Sud	158,88 €
200 Euros en or Allemagne	1 350,05 €	50 Pesos Mexique	1 627,87 €
1 DM Pièces de Goldmark	520,92 €	20 Pesos Mexique	61,15 €
5 Mark Pièces de Reichsgold	77,70 €	10 Pesos Mexique	325,57 €
10 Mark Pièces de Reichsgold	155,40 €	5 Pesos Mexique	162,78 €
20 Mark Pièces de Reichsgold	310,81 €	2,5 Pesos Mexique	81,17 €
Vreneli / Helvetia suisse 20 Fr	252,21 €	2 Pesos Mexique	65,11 €
Vreneli suisse 10 Fr	125,88 €	100 Pesos Chili	794,40 €
4 Ducats	597,32 €	50 Pesos Chili	397,20 €
1 Ducat	149,33 €	20 Pesos Chili	158,88 €
100 Couronnes	1 323,13 €	20 Dollars américains de Double-Eagle	1 306,20 €
20 Couronnes	264,36 €	10 Dollars américains d'Eagle	652,88 €
10 Couronnes	132,40 €	5 Dollars américains de HalfEagle	326,44 €
8 Fiorinos	252,21 €	10 Roubles de Tscherwonetz	33599 €
4 Fiorinos	125,88 €	15 Roubles Nicolas II	503,99 €
1000 Shillings	527,43 €	10 Roubles Nicolas II	335,99 €
100 Shillings	918,98 €	7,5 Roubles Nicolas II	251,77 €
25 Shilling	229,63 €	5 Roubles Nicolas II	167,99 €
20 Couronnes Hongrie	264,36 €	100 Roubles de médailles commémoratives	675,02 €
20 Francs France	252,21 €	10 Florins Pays-bas	262,63 €
10 Francs France	125,88 €	20 Francs Belgique	252,21 €
20 Lire Italie	252,21 €	20 Couronnes Danemark	349,88 €
Souverains 1 Livre	317,76 €	20 Francs Tunisie	251,77 €
Souverains 1/2 Livres	158,88 €		

## Annexe 2 : Les cartes magnétométrique et géologique de la feuille L55

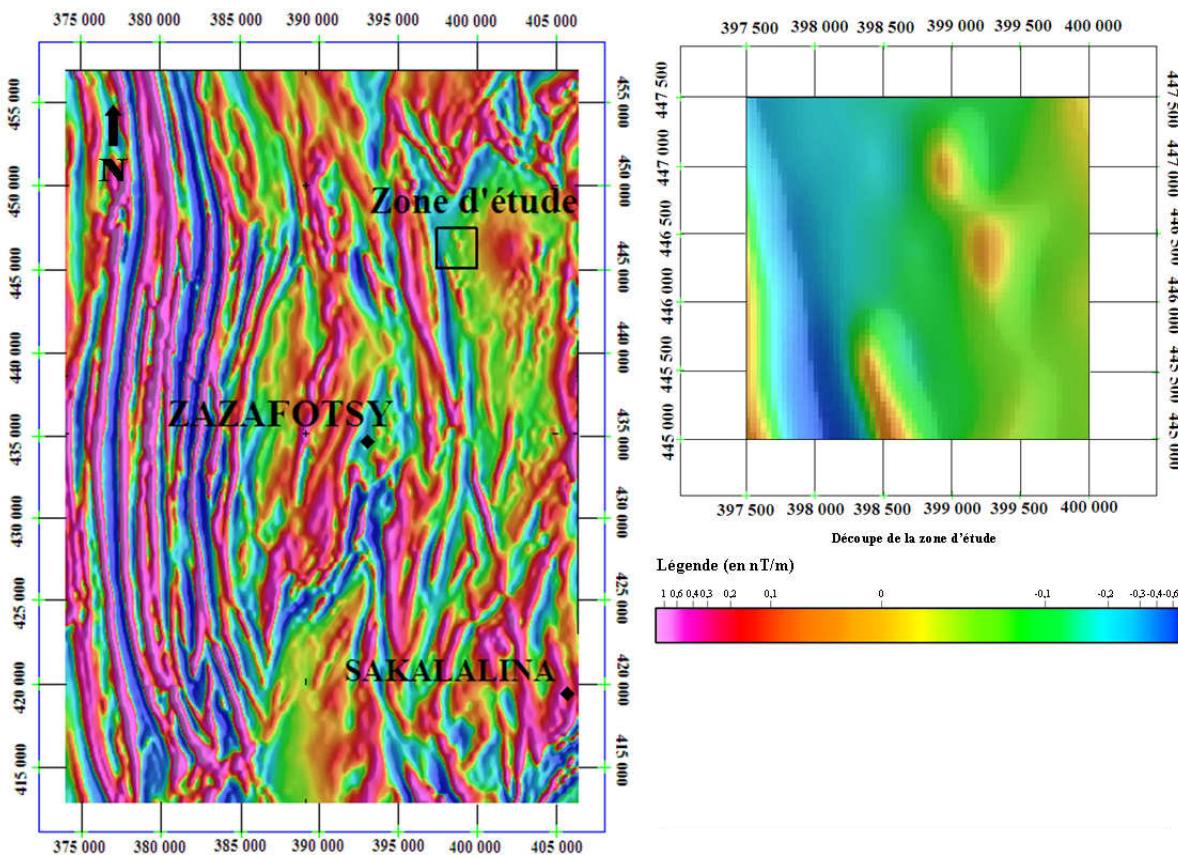


Figure 38: Carte de la magnétométrie de la feuille L55 et de la zone d'étude (PGRM, 2006)

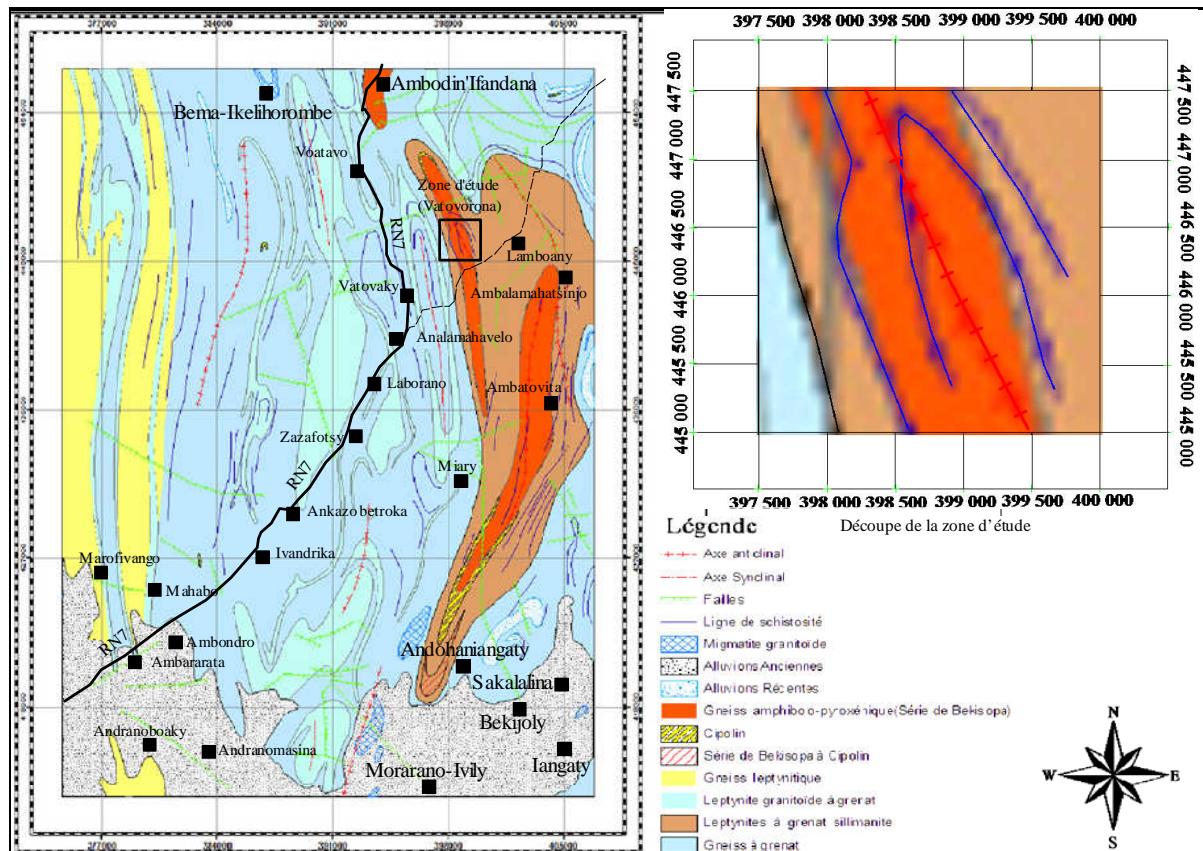


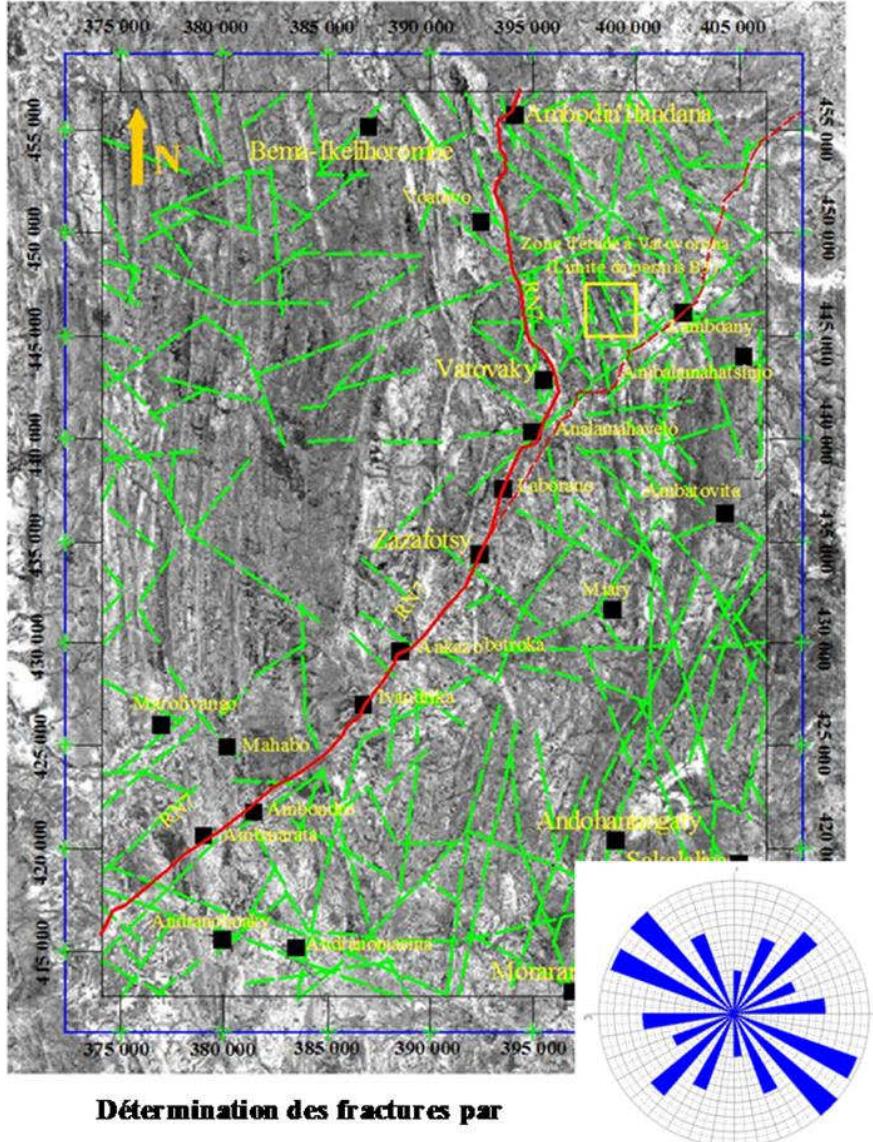
Figure 39: Carte géologique de la feuille L55 et de la région Vatovaky-Vatovorona

## Annexe 3 : Imagerie satellitaire

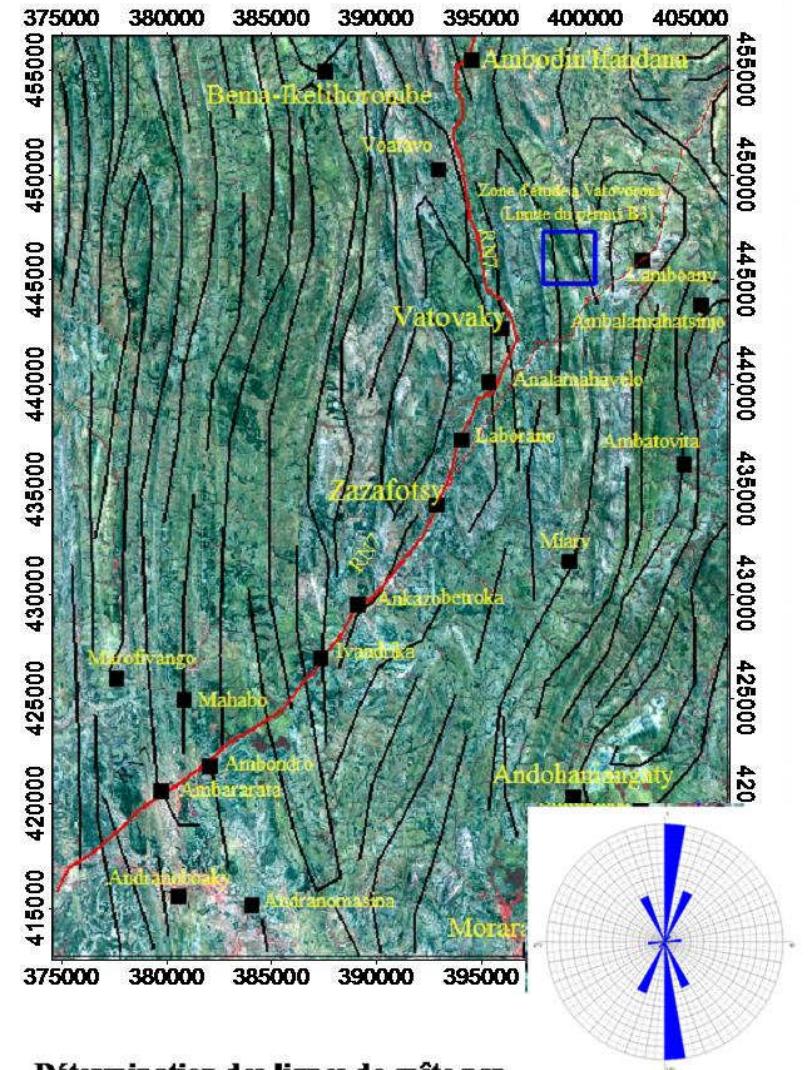
Les caractéristiques des canaux ETM+ sont : les bandes TM30, TM40, TM50, et TM70 présentent un maximum inférieur à  $2.10^6$ m ; les bandes TM10, TM20, TM62, et TM80 un maximum compris entre  $2.10^6$  et  $4.10^6$ m. Les Canaux TM61 et TM62 présentent une distribution dont la fréquence est largement supérieure aux autres bandes. Les valeurs des fréquences sont obtenues en tenant compte de la vitesse des ondes électromagnétiques (= vitesse de la lumière).

**Tableau 16: Les principales caractéristiques des canaux ETM7+ (Source : *Introduction à la Géomantique : Télédétections et Systèmes d'information Georeferree, Jean-Michel Jaquet*)**

Bande	Longue ur	Fréquences		Résolution (m)	Usage
	( $\mu$ m)	(Hz ou s-1)	$\times 105$ GHz		
TM10 (bleu – vert- RVB)	0,45	$6,66205 \times 10^{14}$	6,6	30	Végétation, hydrologie, neige, eaux côtières, géologie
	0,515	$5,82121 \times 10^{14}$	5,8		
TM20 (vert – rouge- RVB)	0,525	$5,71033 \times 10^{14}$	5,7	30	
	0,605	$4,95525 \times 10^{14}$	4,9		
TM30 (rouge – IR- RVB)	0,63	$4,75861 \times 10^{14}$	4,7	30	
	0,69	$4,34482 \times 10^{14}$	4,3		
TM40 (infrarouge) (NIR)	0,76	$3,94464 \times 10^{14}$	3,9	15	
	0,9	$3,33103 \times 10^{14}$	3,3		
TM80 (panchromatique)	0,52	$5,76524 \times 10^{14}$	5,7	15	
	0,9	$3,33103 \times 10^{14}$	3,3		
TM50 (infrarouge moyen I -SWIR)	1,55	$1,93414 \times 10^{14}$	1,9	30	Température volcans, Température lacs/océans
	1,75	$1,7131 \times 10^{14}$	1,7		
TM70 (infrarouge moyen II - SWIR)	2,09	$1,43441 \times 10^{14}$	1,4	30	
	2,35	$1,27571 \times 10^{14}$	1,2		
TM6L (ou 61), infrarouge thermique faible gains - TIR	10,4	$2,88262 \times 10^{13}$	0,2	60	Urbain
	12,5	$2,39834 \times 10^{13}$	0,2		
TM6H (ou 62), infrarouge thermique gains élevés - TIR	10,4	$2,88262 \times 10^{13}$	0,2	60	
	12,5	$2,39834 \times 10^{13}$	0,2		



Détermination des fractures par  
Image panchromatique



Détermination des lignes de crête par  
la composition colorée 4-3-2

Figure 40: Carte représentative des fractures et des lignes de crête dans L55 avec les rosaces respectives

## Annexe 4 : Représentations caractéristiques des échantillons avec les résultats d'analyse

### 4. 1. Echantillonnage sur le niveau 2m

Tableau 17: Classification des échantillons (niveau 2m) [source : laboratoire de l'OMNIS, laboratoire de Genalysis et l'auteur 2013]

Lignes	Echantillon	Concentration de Au en ppm		Couleur		Couche	Minéraux accessoires		Texture
		OMNIS	Genalysis	dominante	en tachetée		dominants	non dominants	
L1	VG00001		0,008	Marron		Sol			Grains fins
	VG00002		0,01	Marron	Jaune	Sable			Grains fins
	VG00003		0,008	Grise		Sable	Argile	Silt	Grains fins
	VG00004		0,005	Jaune	Marron	Sable			Grains fins
	VG00005			Jaune		Sable			Grains fins
	VG00006			Jaune	Marron	Sable			Grains fins
	VG00007		0,008	Rouge	Marron	Sol			Grains fins
L2	VG00008			Rouge	Marron	Sable	Matières organiques		Grains fins
	VG00009			Marron		Sable			Grains fins
	VG00010			Jaune	Marron	Sable			Grains fins
	VG00011			Marron	Jaune	Sable			Grains fins
	VG00012			Jaune		Sable			Grains fins

	VG00013			Jaune	Marron	Sable			Grains fins
L3	VG00014			Marron	Rouge	Sol	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00015			Marron	Jaune	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00016			Jaune		Sable			Grains fins
	VG00017			Jaune	Marron	Sable			Grains fins
	VG00018			Marron		Sable			Grains fins
	VG00019			Marron	Rouge	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00020			Rouge	Marron	Sol	Quartz		Grains fins
L4	VG00021			Jaune	Marron	Sable	Quartz	Matières organiques	Grains fins
	VG00022			Jaune		Sable	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00023			Jaune	Marron	Sable	Matières organiques		Grains fins
	VG00024			Marron	Jaune	Sable	Quartz	Matières organiques	Grains fins
	VG00025			Marron		Sable			Grains fins
	VG00080	0,007	Marron	Jaune	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath		Grains fins
	VG00081	0,013	Marron	Grise	Leptynite altérée	Quartz			Grains fins

L5	VG00026			Rouge	Marron	Sable	Matières organiques		Grains fins
	VG00027			Marron	Jaune	Sable	Matières organiques		Grains fins
	VG00028			Jaune	Marron	Sable	Matières organiques		Grains fins
	VG00029			Jaune		Sable	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00030			Jaune	Marron	Sable			Grains fins
	VG00031			Rouge	Marron	Sable			Grains fins
	VG00082			Marron	Jaune	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00083			Marron	Jaune & Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
L6	VG00032			Rouge	Marron	Sable			Grains fins
	VG00033			Marron		Sable			Grains fins
	VG00034			Marron	Jaune	Sable			Grains fins
	VG00084			Marron	Jaune	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00085			Marron	Jaune & Noire	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
L7	VG00035			Jaune	Marron	Sable			Grains fins
	VG00036	0,0068		Jaune	Grise	Sable	Quartz		Grains fins

	VG00037			Grise	Jaune	Silt	Quartz		Grains fins
	VG00038	0,00184		Jaune	Grise	Sable	Quartz	Matières organiques	Grains fins
	VG00039	0,0187		Marron	Jaune	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00040	0,0435	0,005	Jaune	Marron	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00041	0,000243		Jaune	Grise & Marron	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00086		0,015	Jaune	Grise & Verte & Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains fins
	VG00087		0,007	Jaune	Verte	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
L8	VG00042	0,00611		Jaune	Grise	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00043	0,0107	0,008	Jaune		Sable	Quartz		Grains fins
	VG00044			Marron	Jaune	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00045			Marron	Grise	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00046			Jaune	Marron	Sable	Quartz		Grains fins
	VG00047		0,005	Marron	Jaune	Sable	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00088		0,013	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains fins
	VG00089		0,015	Jaune	Verte	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins

## ANNEXES

	VG00090		0,01	Jaune	Rouge	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
L9	VG00048			Marron	Jaune	Sable	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00049			Jaune	Rouge	Sable	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00050		0,005	Jaune	Grise	Sable	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00051		0,005	Jaune		Sable	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00052	0,187		Marron	Jaune	Sable	Matières organiques		Grains fins
	VG00053		0,005	Marron		Sable			Grains fins
	VG00091			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00092		0,01	Rouge	Verte	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
L10	VG00093		0,005	Jaune	Noire	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00094		0,005	Jaune	Rose & Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00095		0,012	Jaune	Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00096		0,008	Jaune	Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00097		0,01	Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins

## 4. 2. Echantillonnage pour le niveau 0m

Tableau 18: Classification des échantillons (niveau 0m) [source : laboratoire de l'OMNIS, laboratoire de Genalysis et l'auteur 2013]

Lignes	Echantillon	Concentration d'Au en ppm		Couleur		Couche	Minéraux accessoires		Texture
		OMNIS	Genalysis	dominante	en tachetée		dominants	non dominants	
L1	VG00054			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath, Matières organiques	Grains fins
	VG00055			Marron	Jaune & Grise	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00056	0,000443		Grise		Argile	Quartz		Grains fins
	VG00057		0,005	Marron	Jaune & Grise	Leptynite altérée	Quartz		Grains fins
	VG00058			Grise		Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00098		0,007	Jaune	Noire	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00099			Jaune	Noire	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00100		0,01	Jaune	Noire	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00101		0,007	Jaune	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00102			Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00103		0,007	Jaune	Marron & Grise	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00104			Jaune	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains fins

## A N N E X E S

L2	VG00059			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Quartz	Argile	Grains fins
	VG00060			Marron	Jaune & Grise	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00061			Grise		Leptynite altérée	Argile		Grains fins
	VG00062	0,000553		Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains fins
	VG00063			Marron	Jaune & Rouge	Leptynite altérée	Quartz		Grains fins
	VG00064	0,00748	0,01	Noire	Marron	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00105		0,008	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00106	0,00632	0,008	Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00107		0,013	Marron		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00108		0,01	Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00109		0,018	Rouge	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L3	VG00065		0,008	Marron	Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00066			Jaune	Noire	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00067			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00068	0,00382	0,007	Marron	Grise	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00069		0,013	Jaune	Grise	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00110		0,02	Grise		Gneiss Altéré	Veine de	Feldspath	Grains moyens

						Quartz		
VG00111		0,017	Jaune	Marron	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
VG00112	0,003	0,015	Jaune	Marron	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
VG00113		0,01	Jaune	Marron	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
VG00114		0,012	Jaune	Rouge	Contacte Gneiss/ Leptynite	Leptynite		Grains moyens
VG00070		0,008	Marron	Jaune	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
VG00071		0,005	Marron	Jaune	Leptynite altérée	Quartz		Grains fins
VG00072		0,007	Grise		Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
VG00073		0,01	Marron	Jaune & Grise	Leptynite altérée	Quartz		Grains fins
VG00074	0,0152	0,015	Marron	Jaune & Grise	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
VG00115		0,015	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Minéraux noirs	Grains moyens
VG00116		0,018	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains moyens
VG00117		0,015	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Minéraux noirs	Grains moyens
VG00118		0,018	Grise		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Minéraux noirs	Grains moyens
VG00119		0,02	Grise	blanche	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Minéraux noirs	Grains moyens
VG00120		0,025	Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Minéraux noirs	Grains moyens

## A N N E X E S

L5	VG00075	0,022		Marron	Jaune	Leptynite altérée	Quartz		Grains fins
	VG00076		0,008	Marron	Jaune	Leptynite altérée	Quartz		Grains fins
	VG00077	0,000472	0,005	Marron	Jaune	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00078	0,00351	0,01	Marron	Grise	Leptynite altérée	Quartz	Feldspath	Grains fins
	VG00079			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Quartz		Grains fins
	VG00121		0,023	Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains fins
	VG00122		0,025	Grise		Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00123		0,027	Marron		Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00124		0,02	Grise		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Minéraux noirs	Grains moyens
	VG00125		0,013	Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Minéraux noirs	Grains moyens
	VG00126		0,018	Rouge		Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains moyens
L6	VG00127		0,015	Grise	Marron	Leptynite dure			Grains moyens
	VG00128		0,008	Marron		Leptynite dure			Grains moyens
	VG00129		0,015	Marron		Leptynite dure			Grains moyens
	VG00130		0,018	Jaune	Grise	Leptynite dure			Grains moyens
	VG00131		0,02	Grise		Leptynite dure	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00132		0,027	Grise	Marron	Leptynite	Veine de		Grains moyens

A N N E X E S

					mouillée	Quartz			
VG00133		0,023	Grise	Marron	Leptynite mouillée	Veine de Quartz		Grains moyens	
VG00134		0,013	Grise		Leptynite dure			Grains moyens	
VG00135			Marron		Leptynite dure			Grains moyens	
VG00136		0,03	Jaune	Grise	Leptynite dure			Grains moyens	
VG00137		0,025	Rose	Grise	Leptynite dure			Grains moyens	
VG00138		0,015	Grise	Marron	Leptynite mouillée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens	
VG00139		0,023	Jaune	Marron	Leptynite mouillée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens	
VG00140		0,03	Rouge	Jaune	Leptynite dure			Grains moyens	
L7	VG00141			Jaune	Grise	Leptynite mouillée	Argile		Grains moyens
	VG00142	0,0113		Jaune	Rose	Leptynite mouillée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00143		0,022	Jaune	Grise	Leptynite dure			Grains moyens
	VG00144			Jaune	Grise	Leptynite dure			Grains moyens
	VG00145			Jaune	Grise & Rose & Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00146	0,0124	0,035	Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00147			Jaune	Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00148			Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens

	VG00149			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00150	0,111		Jaune	Rose	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L8	VG00151			Jaune	Grise	Leptynite mouillée	Argile	Feldspath	Grains moyens
	VG00152			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00153			Jaune	Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00154			Jaune	Blanche	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00155			Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00156			Grise	Jaune & Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L9	VG00157			Jaune	Rose	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00158	0,00027		Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00159			Jaune		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00160			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00161		0,01	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00162			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00163			Rose	Jaune & Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00164			Rose	Jaune & Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens

## A N N E X E S

	VG00165			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
L10	VG00166	0,00188		Jaune	Rose	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00167			Jaune	Grise & Noire	Leptynite altérée	Argile	Minéraux noirs	Grains moyens
	VG00168		0,007	Jaune	Rose & Noire	Leptynite altérée	Argile	Minéraux noirs	Grains moyens
	VG00169		0,007	Jaune	Rose & Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00170		0,01	Jaune	Rose & Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00171			Jaune	Rose	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00172	0,0378		Jaune	Rose	Leptynite altérée	Quartz		Grains moyens
	VG00173			Jaune	Rose & Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00174	0,00462		Jaune	Rose	Leptynite altérée	Quartz		Grains moyens
L11	VG00175			Jaune	Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00176	0,0434		Jaune	Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00177	0,0299		Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00178	0,0347	0,007	Jaune	Rose & Grise	Leptynite mouillée			Grains moyens
	VG00179	0,672	0,007	Jaune	Rose & Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00180		0,007	Rose		Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens

L12	VG00181	0,126	0,01	Jaune		Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00182	0,0273		Jaune	Rose & Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00183	0,0189		Jaune	Noire	Leptynite altérée	Minéraux noirs		Grains moyens

#### 4. 3. Echantillonnage pour le niveau -2m

Tableau 19: Classification des échantillons (niveau -2m) [source : laboratoire de l'OMNIS, laboratoire de Genalysis et l'auteur 2013]

Lignes	Echantillon	Concentration de Au en ppm		Couleur		Couche	Minéraux accessoires		Texture
		OMNIS	Genalysis	dominante	en tachetée		dominants	non dominants	
L1	VG00184			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00185		0,12	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00186		0,008	Jaune		Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00187		0,008	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00188	0,175		Jaune	Grise & Rouge	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00189	0,0116		Jaune	Grise	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00190			Grise		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
L2	VG00191			Grise		Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00192		0,012	Jaune	Rouge	Leptynite altérée	Quartz		Grains moyens

L3	VG00193		0,008	Jaune	Grise	Leptynite mouillée	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00194		0,008	Jaune		Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00195			Jaune		Leptynite mouillée	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00196			Jaune		Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00197			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00198		0,008	Grise		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00199		0,008	Grise	Jaune	Leptynite altérée	Quartz		Grains moyens
	VG00200			Grise	Noire	Leptynite altérée	Quartz		Grains moyens
	VG00201		0,008	Grise	Rouge	Leptynite altérée	Quartz		Grains moyens
	VG00202			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens

## A N N E X E S

L4	VG00209			Grise	Jaune	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00210			Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00211			Grise		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00212			Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00213			Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00214		0,008	Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00215			Grise	Jaune	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L5	VG00216			Jaune		Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00217			Grise	Jaune	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00218		0,012	Marron		Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00219			Grise	Marron	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00220			Grise		Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00221		0,008	Grise	Marron	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00222			Grise		Leptynite altérée			Grains moyens
L6	VG00223			Grise	Jaune	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00224	0,384	0,007	Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens

L7	VG00225	0,18	Grise	Jaune	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00226		Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00227	0,008	Grise	Marron	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00228	0,008	Grise		Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00229	0,008	Grise	Marron	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00230	0,008	Grise	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
L8	VG00231	0,007	Grise	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00232	0,007	Grise		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00233	0,022	Grise		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00234		Grise	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00235	0,04	Grise		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00236	0,007	Marron		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00237	0,007	Rouge	Jaune	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00238	0,007	Jaune	Marron	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00239	0,007	Rose	Jaune	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
L8	VG00240	0,007	Grise		Gneiss Altéré	Veine de Quartz		Grains moyens

L9	VG00241		0,066	Grise		Gneiss Altéré	Argile	Leptynite	Grains moyens
	VG00242		0,01	Grise	Marron	Gneiss Altéré	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00243		0,012	Grise		Gneiss Altéré	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00244		0,007	Grise		Gneiss Altéré	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00245		0,01	Grise		Gneiss Altéré	Argile		Grains moyens
	VG00246			Grise	Marron	Gneiss Altéré	Minéraux noirs		Grains moyens
	VG00247			Rouge	Marron	Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00248			Grise	Jaune	Leptynite altérée			Grains moyens
L9	VG00249		0,007	Grise		Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00250			Grise	Marron	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00251		0,012	Marron		Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains moyens
	VG00252		0,007	Grise		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00253		0,007	Grise		Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00254		0,007	Grise		Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00255			Rose	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00256			Grise		Leptynite altérée	Argile		Grains moyens

	VG00257		0,005	Jaune		Leptynite altérée			Grains moyens
L10	VG00258			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile		Grains moyens
	VG00259			Marron		Leptynite altérée			Grains moyens
	VG00260			Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00261		0,01	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00262		0,012	Rose	Grise	Leptynite altérée	Argile	Veine de Quartz	Grains moyens
	VG00263		0,007	Rose	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz		Grains moyens
L11	VG00264		0,007	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00265			Marron		Leptynite altérée	Quartz		Grains moyens
	VG00266		0,016	Marron	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00267			Marron	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00268		0,007	Marron		Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00269		0,007	Marron		Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00270		0,007	Grise	Jaune & Rose	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00271			Rose		Leptynite altérée	Quartz	Quartz	Grains moyens
L12	VG00272		0,012	Jaune	Marron	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens

	VG00273			Marron	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00274		0,007	Jaune		Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00275			Marron	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00276			Marron	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00277			Marron	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens
	VG00278			Grise	Jaune	Leptynite altérée	Argile	Quartz	Grains moyens

#### 4. 4. Echantillonnage pour le niveau -4m

Tableau 20: Classification des échantillons (niveau -4m) [source : laboratoire de l'OMNIS, laboratoire de Genalysis et l'auteur 2013]

Lignes	Echantillon	Concentration de Au en ppm		Couleur		Couche	Minéraux accessoires		Texture
		OMNIS	Genalysis	dominante	en tachetée		dominants	non dominants	
L1	VG00279	0,00222	0,012	Blanche	Noire & Jaune	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00280	0,00373		Blanche	Grise & Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00281	0,00351	0,082	Blanche	Grise & Rouge	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00282	0,00678	0,5	Jaune	Grise & Rouge	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00283	0,00418	0,007	Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00284	0,0083	0,012	Blanche	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00285	0,0036	0,007	Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens

	VG00286	0,00263	0,01	Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L2	VG00287	0,00225		Blanche	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00288	0,00225		Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00289	0,00257	0,007	Grise Jaune		Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00290	0,00318	0,057	Jaune	Rouge	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00291	0,00418	0,2	Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00292	0,00211	0,01	Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00293	0,0021	0,007	Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00294	0,00195	0,007	Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00295	0,00219		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00296	0,00211		Blanche	Jaune & Noire	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L3	VG00297	0,00223		Grise	Jaune & Noire	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00298	0,00287		Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00299	0,00187		Grise	Jaune & Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00300	0,00249		Jaune	Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00301	0,00223		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens

	VG00302	0,00181		Jaune	Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00303	0,00164		Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00304	0,00215		Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L4	VG00305	0,00213		Jaune	Grise	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00306	0,013		Grise	Jaune & Rouge	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00307	0,0139		Verte	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00308	0,00255		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00309	0,0018		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00310	0,0285		Blanche	Jaune & Noire	Leptynite altérée	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00311	0,00293		Jaune	Noire	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00312	0,00301		Noire	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00313	0,00254		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
L5	VG00314	0,0019		Jaune	Rouge & Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00315	0,00524		Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00316	0,00229		Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00317	0,00499		Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens

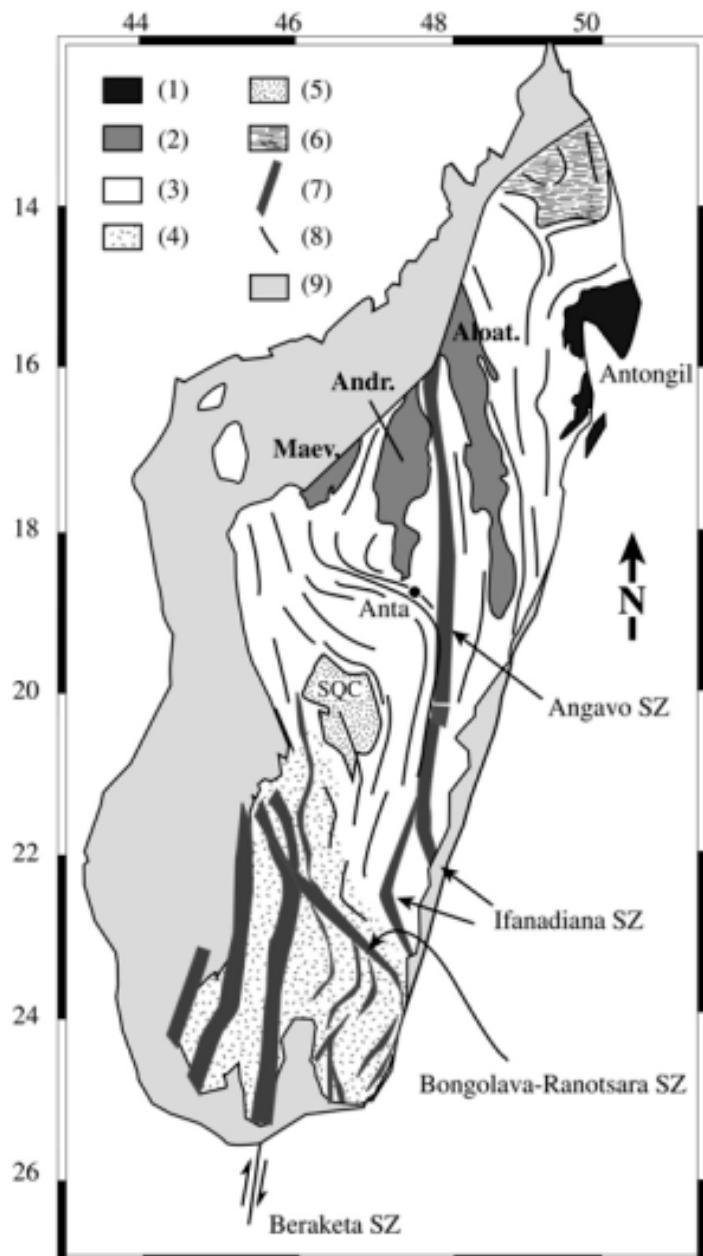
L6	VG00318	0,00269		Blanche	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00319	0,0547		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00320	0,00348		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00321	0,00348		Jaune	Grise & Noire	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00322	0,00298		Blanche	Grise & Noire	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00323	0,0036		Grise		Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00324	0,00409		Jaune	Grise	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00325	0,00247		Blanche	Jaune & Rouge	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00326	0,0023		Grise	Jaune & Blanche	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00327	0,00251		Blanche	Jaune & Rouge	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00328	0,00173		Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00329	0,00227		Grise	Jaune	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00330	0,00224		Grise	Jaune & Blanche	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00331	0,00204		Grise	Noire & Jaune & Rouge	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00332	0,0015		Grise	Noire	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens
	VG00333	0,00169		Grise	Jaune & Blanche	Gneiss Altéré	Veine de Quartz	Feldspath	Grains moyens

## Annexe 5 : Aperçu des réserve et production mondiale d'or en 1983

Tableau 21: Réserves et Production mondiale d'or en 1983 (Source : Plan directeur d'action pour la mise en valeur des ressource du sol et du sous-sol de Madagascar. Page : 342)

Pays	Réserves identifiées en %	Production en 1983	
		En tonne	En %
USA	6,3	60,9	4,2
Canada	3,3	70,7	4,9
Afrique du Sud	59,4	677,8	46,7
Japon	0,8	3,1	0,2
Australie	1,8	32,3	2,2
La Russie et les autres pays de l'ex URSS	15,6	394,2	27,2
Mexique	2,3	6,4	0,5
Brésil	1,8	51,3	3,5
Ghana	0,5	8,6	0,6
Zimbabwe	0,8	14,1	1
Philippines	1,4	25,2	1,7
Papouasie-Nouvelle Guinée	2	18,3	1,3
Chili		19,8	1,4
Colombie		13,4	0,9
République Dominicaine		11,2	0,8
Restes du monde	4	42,9	2,9
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>1450,2</b>	<b>100</b>

## Annexe 6 : Modèle de Martelat issue de la carte géologique de Bésairie



La carte géologique simplifiée de Madagascar montre les 5 grands ensembles, avec les formations lithologiques et structurales du socle Précambrien et les traits structuraux majeurs

- (1) Craton Archéen de l'Antongil ;
- (2) Unités basiques de Beforona incluant Maevatanana (Maev.), Andriamena (Andr.) et Aloatra-Beforona (Aloat.) ;
- (3) socle granito-gneissique Archéen - Néoprotérozoïque ;
- (4) socle granito-gneissique Néoprotérozoïque ;
- (5) Série Schisto-Quartzo-Calcaire (SQC) ;
- (6) Unités de Bemarivo ;
- (7) traces de foliations majeures ;
- (8) zones de cisaillement fini- Néoprotérozoïque-Cambriennes ;
- (9) sédiments phanérozoïques.

Figure 41: Carte géologique simplifiée de Madagascar (Martelat, 1998)

## Annexe 7 : Modèle géologique de PGRM sur les domaines tectono-métamorphiques

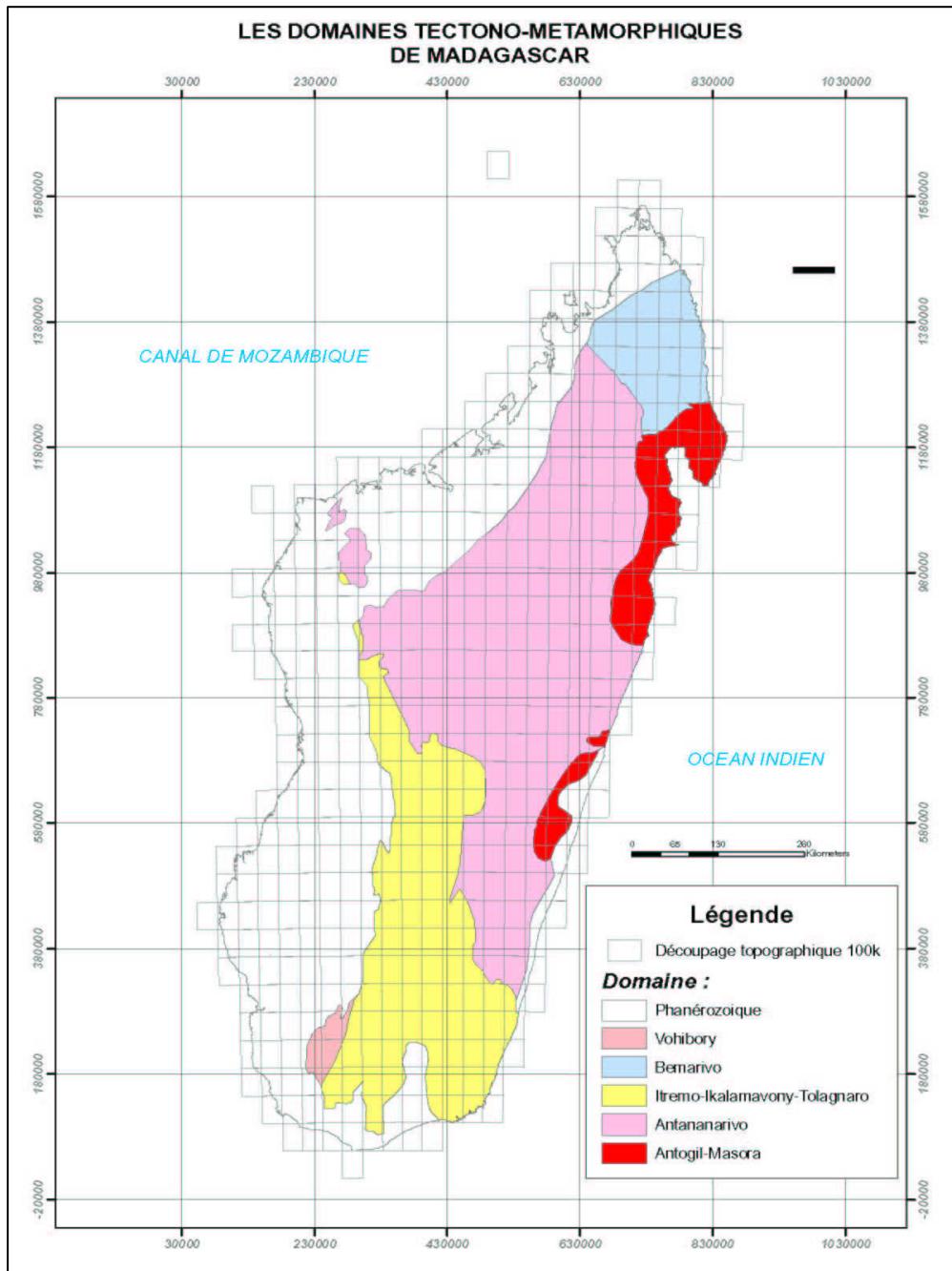
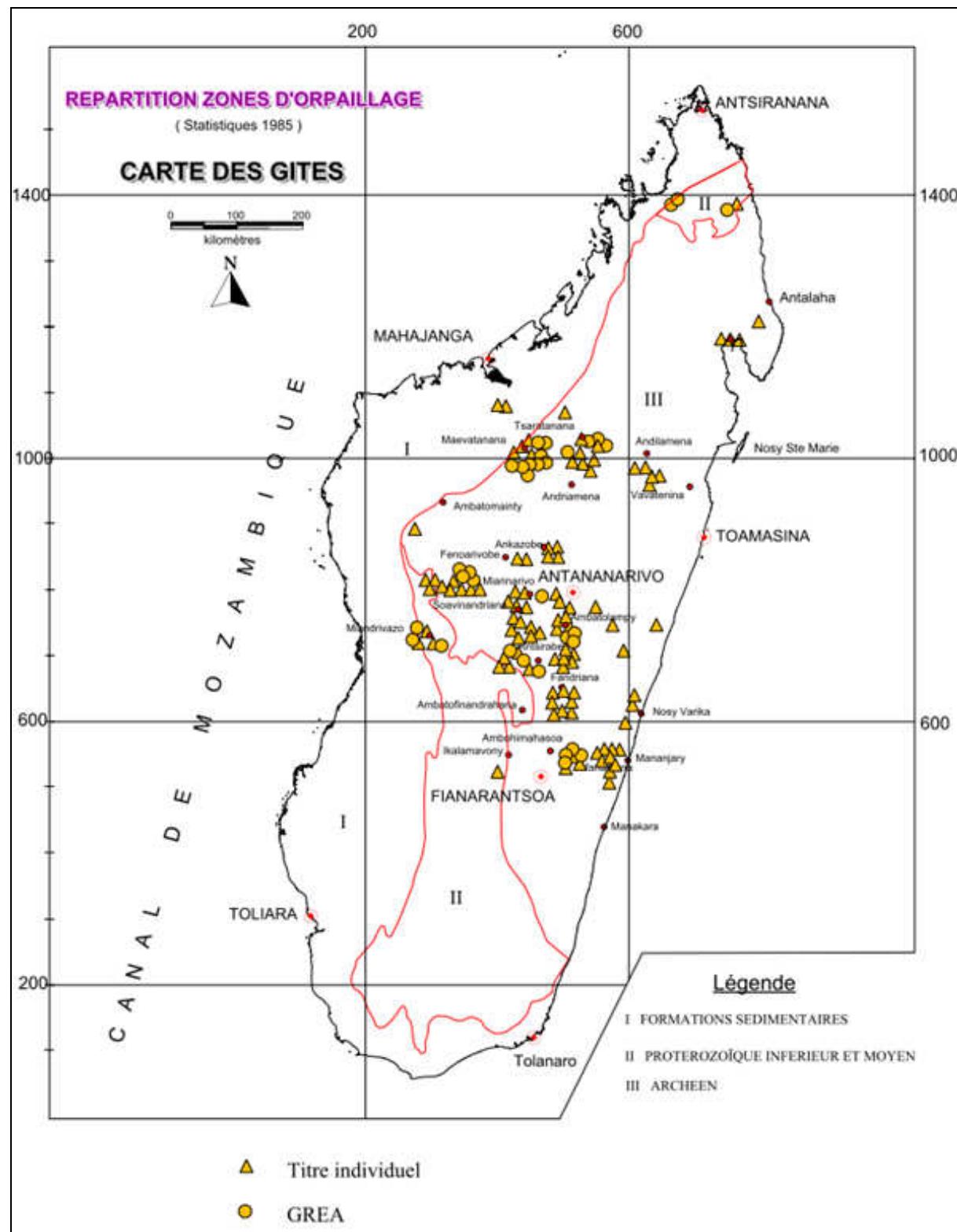


Figure 42: Carte géologique du socle cristallin de Madagascar (PGRM/MEM)

En 2008, le MEM et le PGRM ont contribué pour des nouvelles perceptions de la géologie du socle précambrien de Madagascar d'après les récentes révisions de la cartographie géologiques et minière. Cette nouvelle hypothèse est basée sur les évènements tectono-métamorphiques (âges, déformations et relation d'agencement conséquentes).

## Annexe 8 : Carte des gîtes de Madagascar 1985



**Figure 43: Carte de répartition des zones d'orpaillage à Madagascar (PGRM 2006)**

# TABLE DES MATIERES

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>A</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>B</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>C</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>E</b>
<b>LISTE DES ORGANIGRAMMES.....</b>	<b>E</b>
<b>LISTE DES GRAPHES .....</b>	<b>F</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>PARTIE I : GENERALITES</b>	
<b>CHAPITRE I- CARACTERISTIQUES DE L'OR .....</b>	<b>2</b>
I. 1. Symbolisme et historique.....	2
I. 2. Propriété physique et mécanique de l'or.....	2
I. 3. Propriété chimique de l'or .....	3
I. 4. Minéralogie de l'or .....	4
I. 5. Métallogénie de l'or.....	5
I. 6. Utilisation .....	5
I.6.1. Alliages .....	5
I.6.2. Valeur monétaire .....	6
I.6.3. Art et artisanat : Poinçon de l'or .....	6
I.6.4. Industrie .....	6
I.6.5. Médecine.....	7
I. 7. L'or dans le monde .....	7
I.7.1. La production de l'or .....	7
I.7.2. Réserves des banques centrales .....	8
I.7.3. Marché de l'or.....	8
I. 8. L'or à Madagascar.....	9
I.8.1.Cadre géologique .....	9

I.8.2.Statistiques de production .....	11
I.8.3.Répartition des gîtes aurifères à Madagascar.....	14
I. 9. Conclusion partielle .....	15
<b>CHAPITRE II- LE SITE D'ETUDE.....</b>	<b>16</b>
II. 1. Présentation du District .....	16
II. 1.1.La région d'Ihorombe .....	16
II. 1.2.Le District d'Ihosy.....	17
II. 1.3.Le site de prospection .....	17
II. 2. Aperçu géologique.....	19
II. 2. 1. Géologie de Madagascar.....	19
II. 2. 2. Contexte géologique de la zone d'étude .....	24
II. 2. 3. Tectonique et évolution structurale .....	25
II. 2. 4. Travaux antérieurs concernant la zone d'étude.....	27
II. 3. Conclusion partielle .....	27

## **PARTIE II : TRAVAUX REALISES**

<b>CHAPITRE III- TRAVAUX SUR TERRAIN.....</b>	<b>29</b>
III. 1. Enoncé de la méthode de prospection par cheminement ou Pit Geology.....	29
III. 2. Objectif de l'étude sur terrain .....	29
III. 3. Matériels .....	29
III. 2. Méthodologie du travail.....	30
III. 3. Répartition des tâches sur le terrain.....	31
III. 4. Aperçu des méthodes de prospection sur le terrain.....	32
III. 4. 1. Le mode d'accumulation de l'or sur le site étudié (veines de Quartz).....	32
III. 4. 2. Recherche de filon.....	32
III. 4. 3. Traitement des bases de données pour la réalisation de tranchées .....	33
III. 4. 4. Caractéristiques de la tranchée.....	39
III. 5. Observations sur terrain .....	40
III. 6. Mode d'échantillonnage .....	41
III. 7. Description des échantillons par batée (ou Wasp) sur le terrain :.....	42
III. 8. Transport des échantillons vers les laboratoires .....	42
III. 9. Illustration du mode d'échantillonnage.....	42
III. 10. Conclusion partielle .....	43

## **PARTIE III : TRAITEMENT & INTERPRETATIONS DES RESULTATS**

<b>CHAPITRE IV- TRAITEMENT DES RESULTATS DE LA METHODE DE PROSPECTION PAR CHEMINEMENT ou PIT GEOLOGY .....</b>	<b>52</b>
--	-----------

---

IV. 1. Résultat appréciatif des échantillonnages Wasp.....	52
IV. 2. Résultats venant des laboratoires .....	52
IV. 3. Représentation par niveau.....	52
IV. 3.1. Niveau 2m.....	52
IV. 3. 2. Niveau 0m.....	56
IV. 3. 3. Niveau -2m.....	59
IV. 3. 4. Niveau -4m.....	65
IV. 5. Représentation par ligne.....	68
IV. 5. 1. Ligne 1 .....	69
IV. 5. 2. Ligne 2 .....	70
IV. 5. 3. Ligne 3 .....	71
IV. 5. 4. Ligne 4 .....	72
IV. 5. 5. Ligne 5 .....	73
IV. 5. 6. Ligne 6 .....	74
IV. 5. 7. Ligne 7 .....	75
IV. 5. 8. Ligne 8 .....	76
IV. 5. 9. Ligne 9 .....	77
IV. 5. 10. Ligne 10.....	78
IV. 5. 11. Ligne 11.....	79
IV. 5. 12. Ligne 12.....	79
IV. 6. Représentation des résultats .....	79
IV. 7. Interprétation des résultats .....	82
IV. 8. Origine du filon de quartz et de concentration d'or .....	83
IV. 8.1. Le filon de quartz .....	83
IV. 8.2. La concentration d'or dans le filon de quartz .....	83
IV. 9. Continuité du travail .....	84
IV. 10. Crédibilité de la méthode PIT GEOLOGY .....	84
IV. 11. Remarque à propos du travail sur terrain .....	84
IV. 11.1. Excavation des déblais et nettoyage du site .....	84
IV. 11.2. Mode d'échantillonnage sur le site .....	84
IV. 11.3. Prestation de la population autochtone envers le site.....	85
IV. 12. Conclusion partielle .....	85
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>87</b>
<b>WEBOGRAPHIE .....</b>	<b>88</b>

<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>89</b>
------------------------	-----------

## ANNEXES

<b>Annexe 1 : Valeur des pièces d'or dans les pays développés .....</b>	<b>I</b>
<b>Annexe 4 : Représentations caractéristiques des échantillons avec les résultats d'analyse.....</b>	<b>IV</b>
4. 1. Echantillonnage sur le niveau 2m .....	IV
4. 2. Echantillonnage pour le niveau 0m.....	IX
4. 3. Echantillonnage pour le niveau -2m.....	XVI
4. 4. Echantillonnage pour le niveau -4m.....	XXII
<b>Annexe 5 : Aperçu des réserve et production mondiale d'or en 1983.....</b>	<b>XXV</b>
<b>Annexe 6 : Modèle de Martelat issue de la carte géologique de Bésairie .....</b>	<b>XXVI</b>
<b>Annexe 7 : Modèle géologique de PGRM sur les domaines tectono-métamorphiques.....</b>	<b>XXVII</b>
<b>Annexe 8 : Carte des gîtes de Madagascar 1985 .....</b>	<b>XXVIII</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>XXIX</b>