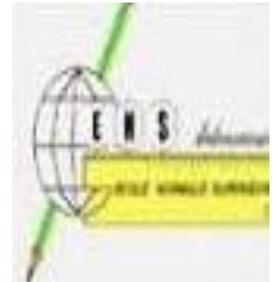


UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE

DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHES
SCIENCES NATURELLES



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU CERTIFICAT D'APTITUDE
PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE
(C.A.P.E.N)

TYPLOGIE DES SEDIMENTS MINERALISES EN OR DANS LA COMMUNE RURALE DE MAHASOLO



Présenté par : RABEMAROLAHY Jean Emile Modeste

Promotion TAMBATRA

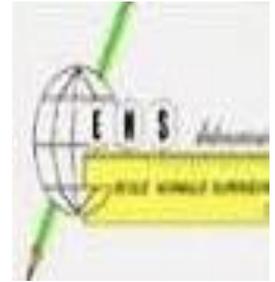
Date de soutenance : 31 Mars 2015

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE

DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHES
SCIENCES NATURELLES



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU CERTIFICAT D'APTITUDE
PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE
(C.A.P.E.N)

TYPLOGIE DES SEDIMENTS MINERALISES EN OR DANS LA COMMUNE RURALE DE MAHASOLO



Présenté par : RABEMAROLAHY Jean Emile Modeste

Promotion TAMBATRA

2015

LES MEMBRES DU JURY DU MEMOIRE DE RABEMAROLAHY Jean Emile Modeste

PRESIDENT : **Monsieur le Professeur RAKOTONDRADONA Rémi**

Spécialiste en Microbiologie et Physiologie Végétale

Enseignant chercheur à l'**Ecole Normale Supérieure**

UNIVERSITE d'ANTANANARIVO

EXAMINATEUR : **Monsieur le Docteur ANDRIAMAMONJY Solofomampiely
Alfred**

Spécialiste en Pétrologie et Géologie appliquée

Enseignant chercheur au département des Sciences de la terre
de la Faculté des Sciences et à l'**Ecole Normale Supérieure**

UNIVERSITE d'ANTANANARIVO

ENCADREUR : **Monsieur le Docteur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné**

Spécialiste en Métallogénie, Minéralogie et Pédologie

Enseignant Chercheur en Géologie à l'**Ecole Normale Supérieure**

UNIVERSITE d'ANTANANARIVO



*EXPOSE TON ACTIVITE AU SEIGNEUR
ET TU REALISERAS.*

Prov. 16, 3

REMERCIEMENTS

Ce mémoire de fin d'études pour l'obtention de Diplôme du Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale (C.A.P.E.N) n'aura vu le jour si nous n'avions pas été encadrés de près par plusieurs personnes ressources qui nous ont aidé dans sa réalisation et que nous tenons à remercier sincèrement.

Il s'agit, en particulier :

- **Le Professeur ANDRIANARIMANANA Jean Omer**, Directeur de l'Ecole Normale Supérieure, qui a bien voulu autoriser la présentation de ce mémoire.
- **Le Professeur RAKOTONDRADONA Rémi**, Spécialiste en microbiologie et physiologie végétale, Enseignant chercheur à l'Ecole Normale Supérieure qui, malgré vos lourdes occupations, a bien voulu accorder de présider la Soutenance de ce mémoire. Nous vous témoignons nos sincères reconnaissances.
- **Le Docteur ANDRIAMAMONJY Solofomampielly Alfred**, Spécialiste en Pétrologie et Géologie appliquée, qui a bien voulu d'accepter d'examiner et de juger ce travail. Nous vous adressons nos sincères remerciements.
- **Le Docteur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné**, Enseignant chercheur à l'Ecole Normale Supérieure, pour votre grande contribution lors de l'encadrement, pour vos appuis scientifiques, pour vos aides matériels et vos conseils judicieux, vives reconnaissances « *Que Dieu eternal vous bénisse !* ».
- Nos pensées vont également à tous les formateurs de l'ENS, qui nous ont donné l'opportunité d'acquérir des connaissances durant toutes les années universitaire depuis le début de l'étude et jusqu'à nos jours.
- Et enfin, nous nous tournons vers toute ma famille, ainsi qu'à mes amis qui nous ont soutenus moralement et financièrement, pour leur témoignage nos vives reconnaissances et gratitude.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Extrait de quelques compositions théoriques et expérimentales minerais aurifères	7
Tableau II : Les principaux alliages d'or	8
Tableau III : Evolution de la production d'or de 2006-2009.....	29
Tableau IV : La morphoscopie des grains d'or.....	66

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Joyaux et décorations tombales des Egyptiens	4
Figure 2 : Or sur la veine de quartz	6
Figure 3 : Connecteurs électriques dorés.....	10
Figure 4 : Enlèvement du terrain de recouvrement.....	11
Figure 5 : Machine de débouillage.....	11
Figure 6 : Machine de broyage.....	11
Figure 7 : Schéma du traitement par cyanuration.....	13
Figure 8 : Lingots d'or avec Krugerrands.....	14
Figure 9 : Une batée en acier	15
Figure 10 : Drague suceuse	16
Figure 11 : Une rampe de lavage	16
Figure 12 : Schéma explicatif des dépôts hydrothermaux.....	17
Figure 13 : Frontières de deux plaques en subduction	18
Figure 14 : Carte des principaux gisements d'or à Madagascar	22
Figure 15 : Carte administrative de la région de Bongolava.....	30
Figure 16 : Hydrographie du secteur Sud dans la région de Bongolava	32
Figure 17 : Les lianes	33
Figure 18 : Heteropogon contortus (Danga)	33
Figure 19 : Elevage bovin dans la region de Bongolava	33

Figure 20 : La culture de Maïs et du Manioc.....	34
Figure 21 : Carte géologique et métallogénique de Madagascar.....	39
Figure 22 : Amphibolite à hornblende verte.....	42
Figure 23 : Le gabbro à olivine.....	43
Figure 24 : La cuirasse ferrugineuse.....	45
Figure 25 : Carte géologique de la zone d'étude.....	47
Figure 26 : Le village de Tangena	50
Figure 27 : Vue générale du gisement d'or de Tangena (vue de loin)	50
Figure 28 : Vue générale du gisement d'or d'Ankijana (vue de loin)	51
Figure 29 : Puits de recuperation d'or	52
Figure 30 : Galerie d'or de Tangena	52
Figure 31 : Orpillage dans la zone d'étude.....	53
Figure 32 : Log de l'ensemble sédimentaire à Tangena	56
Figure 33 : Les galets de quartz	57
Figure 34 : Les alluvions aurifères	58
Figure 35 : Les minéraux constitutifs de la batée	58
Figure 36 : Log de l'ensemble sédimentaire d'Ankijana	61
Figure 37 : Les galets de petite taille.....	62
Figure 38 : Les débris de quartzites.....	62
Figure 39 : La morphoscopie des grains d'or (objectifs 4x10).....	66

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Les échantillons observés et les matériels utilisés.....	I
ANNEXE II : Les fiches pédagogiques	II
ANNEXE III : Statistiques de la production d'or de Madagascar entre 1897-1978.....	X
ANNEXE IV : Production d'or dans le monde.....	XI

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SYMBOLES

Av. J. C : **Avant Jésus Christ**

E.N.S : **Ecole Normale Supérieure**

F.M.I : **Fond Monétaire International**

G.P.S : **Global Positioning System**

I.N.S.T.A.T : **Institut National de Statistique**

MEI/CREAM : **Ministère de l'Economie et de l'Industrie/ Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui à l'analyse économique à Madagascar**

O.R.S.T.O.M : **Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer**

P.G.R.M : **Projet de Gouvernance de Ressources Minérales**

P.C.D : **Plan Communal pour le Développement**

Q.M.M : **Qit Madagascar Minerals**

S.Q.C : **Schisto-Quartzo-Calcaire (Unité de l'Iremo-Ikalamavony : Carte de Collins et Windley)**

GLOSSAIRE

Carats : Ce sont l'unité de mesure qui détermine soit la quantité de l'or, soit celle de l'alliage d'or contenue dans un minerai. Autrefois, ils sont utilisés pour titrer les autres métaux mais ils sont actuellement utilisés pour titrer l'or. Ils sont chiffrés en nombre entier naturel allant 0 à 24.

Catalyseurs : Substance qui servent pour favoriser la réaction chimique.

Chalcolithique : Période de transitions entre le Néolithique et l'âge de Bronze, elle est à cheval sur ces deux périodes, le cuivre va commencer à être travaillé ce qui va avoir des conséquences économiques et sociales. Les bases économiques et sociales sont les mêmes, que celle des peuples du Néolithique, la technique de production à l'époque ne permettent pas d'en produire en grande quantité, en effet, il va tout d'abord être travaillé par martelage à froid. Les métaux travaillés sont natifs, mais on trouve aussi de la malachite (Source : archéologie, unblog.fr).

Cyanure de sodium : Poison très toxique dont l'utilisation est délimitée strictement par la loi.

Collision : Affrontement de deux masses continentales résultant de la fermeture d'un domaine océanique intermédiaire et s'accompagnant de déformations très importantes (orogénèse, chaîne de montagne).

Cratons : Partie de la masse continentale formée par les plates formes et les Boucliers c'est-à-dire la croûte continentale à l'exclusion des chaînes de montagnes formées au cours de l'histoire géologique.

Densité : Quotient de la masse d'un certain volume d'un corps par la masse du même volume d'un fluide de référence.

Ductilité, Malléabilité : Ces deux propriétés sont dues à la manière dont les atomes sont liés entre eux ; tassés et solidaires grâce aux mouvements intenses des électrons.

Etalon-monnaire : Monnaie de référence définie à partir de l'abandon du bimétallisme or/argent.

Eaux régales : Acide très fort, mélange de deux acides (acide chlorhydrique et acide sulfurique).

Etat natif : Ce qui se réfère à sa composition à l'état primaire.

Faciès : Ensemble des caractères pétrographiques et paléontologiques d'une roche qui renseignent sur les conditions de dépôts et de formation ou catégorie dans laquelle on peut ranger une roche ou un terrain et qui est déterminé par un ou plusieurs caractères lithologiques (litho faciès), ou paléontologiques (biofaciès).

Faciès granulites : Faciès métamorphique de haute pression avec orthopyroxène, plagioclases basiques, grenats et disthènes ou sillimanite.

Filons : Lambe de roche, épaisse de quelques centimètres à quelques mètres, recoupant les structures de l'encaissant (différence avec le sill ou filon-couche). Un filon correspond le plus souvent au remplissage d'une fracture (diacalse, faille) et est constitué soit de roche magmatique soit de roche dont le matériel souvent enrichi en substance utile provient de roche magmatique ou de l'encaissant.

Gondwana : Masse continentale d'un seul tenant, du Carbonifère au Trias, et maintenant dissociées en plusieurs morceaux (Amérique du Sud, Afrique, Madagascar, Inde, Australie). Son unité a été pour beaucoup dans le développement de la théorie de la dérive de continent, et est maintenant intégrée dans celle de la tectonique de plaque.

Galets : Cailloux polis par le frottement des eaux. En géologie ; les galets sont des constituants des roches sédimentaires à l'état meuble de taille supérieure à 2 cm et généralement arrondis.

Gisement : Accumulation naturelle, locale, de matière minérale solide, liquide ou gazeux susceptible d'être exploitée.

Hydrothermal : Qui se rapporte aux circulations d'eaux chaudes liées à la fin d'une éruption volcanique, ou à celle de la cristallisation d'un magma, et aux sources qui peuvent éventuellement en résulter. Les solutions hydrothermales à 100°-400° et sous pression, contiennent divers corps avec Fe, Ti, Cu, Pb, Zn, Sn, Hg, U.

Hydrométallurgie : Action de préparer un métal par l'utilisation de liquide en vue de l'extraire dans ses éléments accompagnateurs.

Inoxydable et inaltérable : Propriété de ceux qui ne peut pas altérer. L'or est dit inoxydable et inaltérable du fait de sa structure électronique composée d'un seul et unique électron libre et au volume de chaque atome.

Nucléosynthèse : Synthèse artificielle d'un élément à partir d'autres éléments. Pour l'or, elle consiste à bombarder du mercure avec des neutrons. Les isotopes obtenus étaient tous radioactifs.

Mollesse : Etat ou nature de ce qui est mou, faiblesse, manque de fermeté, de vigueur, et d'énergie.

Technologie spatiale : La technologie spatiale est une nouvelle technologie qui s'approche sur la recherche de moyen de se communiquer dans le dessus de la Terre.

Lixiviation ou lessivage : C'est une étape qui consiste à extraire l'or de sa gangue initiale ou de ses éléments constitutifs par l'emploi de cyanure.

Sluice : C'est un canal incliné recouvert de feuille de cuivre.

Veine de quartz : C'est le dérivé de filon de moindre importance.

Sidérophile : Propriété de ce qui aime la surface. L'or est dit sidérophile car de grande quantité se trouve dans la croûte terrestre.

Orfèvrerie : C'est l'art spécial de l'or.

Rhumatologie : Partie de la médecine qui traite des affections rhumatismales. Le rhumatisme est une maladie caractérisée par des douleurs dans les muscles ou dans les articulations.

Raffinage : Action de raffiner l'or, c'est-à-dire rendre plus pur. C'est la dernière étape de la purification de l'or en vue d'obtenir un lingot plus pur.

Substratum ou base : En anglais, on parle bed-rock.

Lingots : C'est la forme commercialisable de l'or dans le secteur formel.

Skarns : Roche de type méta somatique. Variété de roche Sédimentaire argileuse métamorphisée. Le Skarns est défini par sa position locale comme zone de passage entre granite et des marbres. Ils sont définis aussi par la présence de petit nombre des minéraux impliquant la mobilité des plusieurs éléments et ainsi que par sa composition chimique.

Phanérozoïque : Division stratigraphique rassemblant l'ensemble des temps géologiques depuis le début de l'ère paléozoïque ou primaire.

Ultra-métamorphique : C'est une formation à ultra-métamorphique à leptynites granulites qui correspond au système de Vohibory à Madagascar.

Tectono-métamorphique : Formation métamorphique affectée par des mouvements tectoniques. Madagascar est perçu actuellement comme étant un ensemble façonné par des événements tectono-métamorphiques successifs et serait constitué par 5 blocs tectoniques, une zone de suture, et trois nappes de charriage.

Lie-de-vin : Couleur de la latérite résultant de l'altération de micaschiste.

Ocre : Type d'argile de couleur proche de Jaune, couleur de sédiment minéralisé en or dans les gisements d'or de Mahasolo.

Pénéplaine : Surface de grandes dimensions à peu près plane, parcourue par les cours d'eau à faible pente et qui résulte de l'action prolongée de l'érosion et qui constitue le stade final en absence de rajeunissement du relief.

Plate-forme continentale : Se trouve sous la mer épicontinentale. C'est une zone périphérique plus ou moins vaste des continents ayant subi l'action de l'érosion marine. La plate-forme ancienne se trouve au voisinage des boucliers.

Tactites : Formations plus ou moins silicifiées et qui correspondent aux gisements d'or dans les régions d'Itea dans la formation malgache.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : CADRES GENERAUX	
Chapitre I : GENERALITES SUR L'OR	4
I.1 Historique de l'or.....	4
I.2 Minéralogie de l'or.....	5
I.2.1 Propriétés physiques de l'or.....	5
I.2.2 Propriétés mécaniques de l'or.....	5
I.2.3 Propriétés chimiques de l'or.....	5
I.3 Etat naturel	6
I.4 Titrage de l'or	8
I.5 Utilisations	8
I.5.1 Bijouterie.....	9
I.5.2 Monnaie	9
I.5.3 Médical	9
I.5.4 Electronique	10
I.6 Méthodes et moyens d'exploitations.....	10
I.6.1 Exploitations dans les dépôts primaires.....	10
I.6.1.1 Extractions de minerais.....	10
I.6.1.2 Traitements de minerais.....	12
I.6.1.3 Purification	13
I.6.1.4 Raffinage	14
I.6.2 Exploitations dans les dépôts secondaires.....	14
I.6.2.1 La batée	14
I.6.2.2 Le pan	15
I.6.2.3 Drague suceuse	15
I.6.2.4 Rampe de lavage.....	15
I.6.2.5 Situation de l'exploitation à Madagascar.....	16
I.7 Métallogénie de l'or.....	16

I.7.1	Les dépôts primaires.....	16
I.7.2	Les dépôts secondaires.....	18
Chapitre II	L'OR A MADAGASCAR.....	19
II.1	Les types de gisements à Madagascar.....	19
II.1.1	Les gisements primaires.....	19
II.1.1.1	Les gites primaires appartenant au domaine Archéen.....	20
II.1.1.2	Les gites primaires appartenant au domaine Protérozoïque.....	20
II.1.1.3	Les gites primaires liées au tectonique Permo-triasiques.....	21
II.1.2	Les gisements secondaires.....	21
II.2	Les principaux gisements d'or à Madagascar.....	23
II.2.1	Région du Nord.....	23
II.2.2	Région Centrale.....	26
II.2.3	Région Est.....	27
II.3	Production d'or à Madagascar.....	28
 DEUXIEME PARTIE : CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE ET SON CADRE GEOLOGIQUE		
Chapitre III	CADRE ADMINISTRATIF ET GEOGRAPHIQUE.....	30
III.1	Cadre administratif.....	30
III.2	Milieux physiques.....	31
III.2.1	Le Climat.....	31
III.2.2	Les Reliefs.....	31
III.2.3	Hydrographie.....	32
III.2.4	Les Végétations.....	33
III.3	Milieux économiques.....	33
III.3.1	L'élevage.....	33
III.3.2	L'agriculture.....	34
III.4	Les infrastructures.....	35
III.4.1	Education	35
III.4.2	Santé.....	35
III.4.3	Sécurité.....	35
III.5	Milieu humain.....	35

Chapitre IV : CADRES GEOLOGIQUES.....	37
IV.1 Rappel sur le Précambrien.....	37
IV.2 Situation de la zone d'étude.....	40
IV.3 Pétrographie de la zone d'étude.....	40
IV.3.1 Les formations métamorphiques.....	40
IV.3.1.1 Les migmatites.....	40
IV.3.1.2 Les gneiss.....	41
IV.3.1.3 Les gneiss oeillés.....	41
IV.3.1.4 Les micaschistes.....	41
IV.3.1.5 Les quartzites.....	42
IV.3.1.6 Les amphibolites.....	42
IV.3.2 Les formations magmatiques.....	42
IV.3.2.1 Diorite et gabbro.....	42
IV.3.2.2 Granites et microgranites.....	43
IV.3.2.3 Pegmatites et filons de quartz.....	44
IV.3.3 Les formations superficielles.....	44
IV.3.3.1 Les cuirasse.....	44
IV.3.3.2 Les latérites.....	45
IV.3.3.3 Les alluvions fluviales	45
III.4 Tectonique de la zone d'étude.....	45

TROISIEME PARTIE : METHODOLOGIE D'APPROCHE

Chapitre V : METHODOLOGIE D'APPROCHE.....	48
V.1 Travaux de recherches bibliographiques.....	48
V.2 Travaux de recherches sur terrain.....	49
V.2.1 Matériels d'études.....	49
V.2.2 Choix de la zone d'étude.....	49
V.2.3 Observation des puits de forage.....	51
V.2.4 Technique de la batée.....	53
V.2.5 Les travaux effectués pour chaque gisement.....	53
V.3 Travaux de recherches au laboratoire.....	54
V.3.1 Séparation densimétrique.....	54
V.3.2 Séparation sous loupe binoculaire.....	54

QUATRIEME PARTIE : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Chapitre VI : DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES GISEMENTS	55
VI.1 Gisement de Tangena	55
VI.1.1 Situation géologique	55
VI.1.2 Description pétrographique et sédimentologique	55
VI.1.2.1 La séquence à alluvions aurifères	57
VI.1.2.2 La séquence stérile	59
VI.2 Gisement d'Ankijana	59
VI.2.1 Situation géologique	59
VI.2.2 Description pétrographique et sédimentologique	59
VI.2.2.1 La séquence à galets aurifères de base	62
VI.2.2.2 La séquence stérile	62
VI.3 Analyse et interpretation	63
VI.4 Guide métallogénique	64
VI.5 Morphoscopie des grains d'or	65

CINQUIEME PARTIE : INTERETS ECONOMIQUE ET PEDAGOGIQUE

Chapitre VII : INTERETS REGIONAUX	68
VII.1 Création d'emploi	68
VII.2 Création d'infrastructure	68
VII.3 Source d'argent	68
Chapitre VIII : INTERETS PEDAGOGIQUES	69
VIII.1 Classe de Seconde	69
VIII.1.1 Chapitre Minéralogie	69
VIII.1.2 Chapitre Pétrographie	69
VIII.1.3 Chapitre les Principaux minerais Malgache	70
VIII.2 Classe de Première	70
VIII.2.1 Chapitre Stratigraphie	70

CONCLUSION GENERALE	71
----------------------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	73
--	-----------

INTRODUCTION GENERALE

Madagascar dispose de richesses minières considérables et variables. Son sous-sol regorge de minéralisations variées à fort potentiel métallogénique, allant de minéraux gemmes (émeraude, saphir, rubis, tourmaline, grenat, ...) aux grands gisements miniers (ilménite, terres rares, nickel, cobalt, platine, ...); puis les différents gisements du pétrole et des gaz naturels, en phase d'exploration actuellement sont considérés comme un grand marché du travail pour la génération du 21^{ème} siècle.

Certes, à part les gisements cités ci-dessus, les gisements aurifères constituent des richesses minières historiques et fondamentales à Madagascar, qui ont été identifiées et exploitées depuis très longtemps. Vu actuellement la nécessité mondiale de l'or qui ne cesse pas d'augmenter, la prospection aurifère reste toujours d'importantes ressources qui méritent une meilleure connaissance du type de minéralisation, ainsi qu'une planification de la prospection à différentes échelles locales et stratégiques devraient être développées dans le futur proche par le gouvernement malgache.

Ces minéralisations sont connus dispersées dans l'ensemble du territoire, tant que dans le socle tels que les gisements mésothermaux aurifères associés au socle précambrien dans l'ouest de Madagascar, que dans les formations sédimentaires tels les gisements de type épithermaux dans le Nord de la grande Ile dans les formations sédimentaires.

Un des plus importants gisements d'or malgache se localise dans les alluvions et paléoplacers issus de l'altération des gisements primaires du socle précambrien du centre de Madagascar. Ces formations aurifères du centre de l'île devraient devenir une cible majeure pour la prospection et la production d'or à Madagascar. Plusieurs personnes et des prospecteurs artisanaux ont travaillé dans ces gisements, et, les produits obtenus ne sont pas négligeables dans le marché d'or.

Malgré tout, l'insuffisance de connaissance géologique et métallogénique, l'inexistence d'investigations approfondies dans la caractérisation des différents types de gisement, ainsi que les méthodes d'exploitations inadéquates, sont parmi les facteurs de l'échec et la non-rentabilité de cette exploitation, donc l'étude descriptive sur ces points est nécessaire pour mieux comprendre les caractères sédimentologiques et lithostratigraphiques de ces zones aurifères à l'échelle régionale.

C'est pour cette raison, que nous avons choisi ce travail de mémoire qui s'intitule : **“Typologie des sédiments minéralisés en or dans la commune rurale de Mahasolo”**. C'est un gisement type où les alluvions aurifères restent toujours exploitées depuis longtemps jusqu'actuel par orpaillage. Cette zone s'est rattachée au socle précambrien, dans le domaine d'Antananarivo, au groupe d'Ambatolampy, où l'altération des roches mères aurifères a été probablement l'origine des gisements.

Pour mieux cerner ce problème, nous sommes en droit d'avancer l'hypothèse suivante : les gisements d'or de Mahasolo seraient des gisements alluvionnaires, résultants de l'altération météorique des gisements primaires, et de la réconcentration de l'or par les eaux de surface.

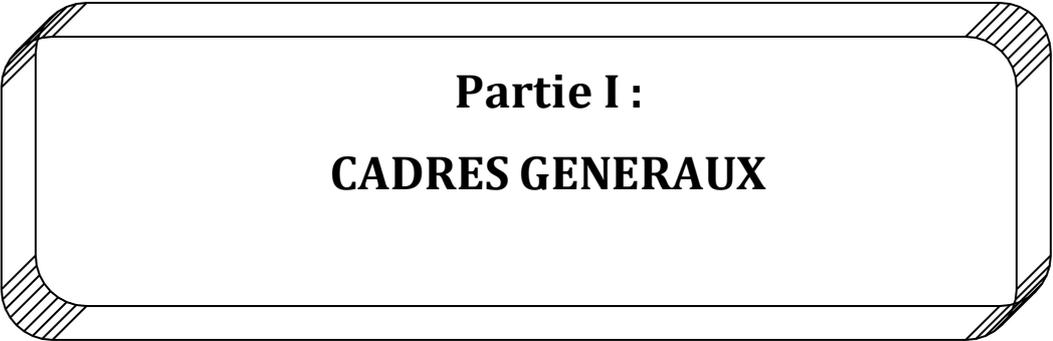
Ceux-ci nous conduisent à mieux apprécier les différents objectifs de l'étude suivants :

- Sur le plan scientifique, décrire les occurrences d'or, c'est-à-dire leur reconcentration par la caractérisation sédimentologique et lithologique des différents gisements.
- Sur le plan pédagogique, donner des informations complémentaires aux enseignants de SVT en classe de Seconde, pour mieux maîtriser l'étude des minerais (en particulier l'or).
- Et enfin, sur le plan économique, donner des modèles métallogéniques du gisement, pour mieux apprécier l'exploitation aurifère d'origine alluvionnaire du centre de Madagascar et qui ouvre un champ potentiel de découverte pour cette ressource.

Pour ce faire, nous avons étudié les thèmes suivants que nous présenterons en parties successives :

- Dans la première partie, nous donnerons quelques informations fondamentales sur les propriétés physico-chimiques de l'or avec ses importances scientifiques et économiques, puis quelques indications sur les gisements d'or à Madagascar.
- Dans la deuxième partie traitera les caractéristiques de la zone d'étude et son cadre géologique.
- La troisième partie traitera la méthodologie qui est très fondamentale pour la caractérisation du minéral.
- La quatrième partie nous présentera les résultats obtenus, suivies des analyse, interprétation, et d'en dégager des enseignements sur les modalités de la formation aurifère alluvionnaire.
- La cinquième partie mettra en exergue les intérêts scientifiques, économiques et surtout pédagogiques du mémoire.

Enfin, la conclusion générale tente de faire le point sur le modèle métallogénique pour l'ensemble des gisements.



Partie I :
CADRES GENERAUX

Chapitre I : GENERALITES SUR L'OR

I.1 Historique de l'or

L'histoire de l'or est classée ancienne. L'Homme l'utilise depuis le Chalcolithique vers la fin de la Préhistoire. Il est sans doute le premier métal à l'usage humain. L'or fut apparaître dès la néolithique dans le pourtour oriental de la Méditerranée, en particulier en Egypte (figure 1) sous forme de bijoux et de décoration tombale [9].



Figure 1 : Joyaux et décoration tombales des Egyptiens

(Source : encarta 2009)

Dès sa découverte, l'Homme lui a donné de plusieurs rôles symboliques : le devin, le soleil, la richesse, et la longévité etc. La permanence de son éclat s'en faisait le symbole de richesse et de la longévité. Sa quasi-inaltérabilité au temps, qui, en fait représente un matériel d'immortalité ; sa couleur jaune éclatante symbolise le devin.

De la plus haute Antiquité, en passant par le Moyen Age et la Renaissance, les alchimistes tentèrent de créer de l'or à partir d'autres matières, comme le plomb ou du mercure [11]. En 1941, ce fut la première nucléosynthèse artificielle de l'or mais son coût de production limite son utilisation et la technique n'est pas viable commercialement [28].

I.2 Minéralogie de l'or

L'or est un élément chimique de symbole **Au**, de numéro atomique **79**. Il s'agit du premier élément de la classification périodique qui possède cinq (05) couches saturées ou pseudo-saturées. Il est un métal du groupe de transition. Physiquement, ce métal a une apparence attirante.

I.2.1 Propriétés physiques de l'or

L'or se présente sous une couleur jaune métallique à reflet complexe qu'on définit "doré". L'or est remarquable par sa grande densité, sa mollesse et son excellente conductivité électrique. À l'état pur, sa densité est de **19,3** et à l'état fondu, sa densité passe de **17,24**. L'or n'a pas d'odeur ni saveur. Il est très bon conducteur thermique et électrique. Il fond au chalumeau vers une température de **1063°**. Sa dureté est comprise de **2,5** à **3**. En joaillerie, l'or est associé à d'autres métaux pour varier sa couleur et pour augmenter sa rigidité [34].

I.2.2 Propriétés mécaniques de l'or

Les atomes d'or sont réunis dans une structure dite "cubique à face centrée". De manière générale, tous les cristaux cubiques à faces centrées sont qualifiés ductiles et malléables. L'or pur se déforme facilement à froid, par martelage ou étirement. En fait, il a été utilisé très tôt pour fabriquer des bijoux et ornements, ou sous forme de feuille fine pour "plaquer" des objets. Un gramme d'or peut avoir une feuille de 1m^2 et $1/15^{\text{e}}$ d'épaisseur [34].

I.2.3 Propriétés chimiques de l'or

L'or est quasiment inaltérable, il résiste aux attaques chimiques, l'air et l'eau n'ont pas d'effet sur l'or (tant à froid qu'à chaud). Les acides nitriques, sulfuriques, halogénés n'ont aucune effet sur l'or à basse température [9]. Seul le mélange d'acide appelé "eau régale" réagit avec l'or. Son nombre d'oxydation pouvant varier de (-I) à (+V). Au(I) et Au(III) sont majoritaires. Sa relative inertie chimique le protège des attaques du dioxygène. En effet, la quantité extraite de ce métal persiste jusqu'à maintenant, c'est pourquoi l'or métallique ne se ternit pas et ne forme pas d'oxyde [34].

I.3 Etat naturel

Dans la nature, l'or est largement dispersé sur toute la surface du globe, surtout dans la croûte terrestre, que dans les océans ; mais toujours en quantité trop faible qu'il est difficilement récupérable. Les diverses formes de sa répartition à l'état natif se trouve dans les filons (figure 2), et le dépôt à l'état libre se trouve dans les formations sédimentaires [9].



Figure 2 : Or sur la veine de quartz

(Source : Encarta 2009)

L'or natif se rencontre généralement sous forme de Tellure d'or ou Tellure double d'or et de l'argent. Dans le tableau I ci-après ; l'or natif est un or pur avec 100% en or dans sa teneur théorique du minerai et de 75,9% à 99,9% en or dans sa teneur expérimentale.

Tableau I : Extrait de quelques compositions théoriques et expérimentales des minerais aurifères

Minerais	Formule	Teneur théorique en %	Teneur expérimentale minimale en %	Teneur expérimentale maximale en %
Or natif	Au	100	75,9	99,9
Calavérite	(Au, Ag)Te ₂	43,59	39,2	42,8
Sylvanite	AuAgTe ₄	24,19	25,4	29,9
Petzite	Ag ₂ Au ₂ Te	25,42	19,0	25,2
Nagyagite	Te, Au, Se, S, Pb	8,33	5,8	12,8

(Source : COLLONGUES, R., et al)

Le Calavérite est une variété de minerai aurifère qui contient 43,59% d'or en teneur théorique du minerai et 39,2% à 42,8% d'or en teneur expérimentale, d'où sa formule : (Au, Ag)Te₂. Le Sylvanite, portant la formule AuAgTe₄, est aussi un minerai contenant 24,19% d'or dans sa teneur théorique et 25,4% à 29,9% en teneur expérimentale. Le Petzite de formule Ag₂Au₂Te, renferme 25,42% d'or dans sa teneur théorique et 19,0% à 25,2% d'or dans sa teneur expérimentale. La Nagyagite ou Te, Au, Se, S, Pb est une variété très pauvre en or avec 8,33% d'or en teneur théorique et 5,8% à 12,5% d'or en teneur expérimentale. En effet, l'or dans les gisements filoniens est associé avec des composés sulfurés ou arséniés tels que : le Pyrite, Blende, Galène, Stibine etc. La gangue est le plus souvent de nature quartzreuse, elle contient parfois de l'hématite [9].

L'or se présente à l'état libre, très souvent en poudre fin, mais parfois en grain ou "pépité" dans les formations sédimentaires. La plus grosse pépité trouvée est celui de Hill End en Afrique du Sud qui pèse environ 350 kg [34].

L'or de Placer est généralement de l'or pur, mais qui contient une faible quantité d'argent, du cuivre, du mercure, du fer et d'autres métaux de la même famille au platine [9]. Leur concentration moyenne dans la croûte terrestre est de 0,005 p.p.m [34].

Dans l'eau de mer, leur teneur semble de quelques milligrammes par tonne d'eau. L'or marine se présente sous forme de particules très fines souvent fixées sur des corpuscules organiques ou minéraux, mais aussi d'ion $[\text{Au Cl}_4]$.

I.4 Titrage de l'or

En joaillerie, la quantité d'or dans un alliage est évaluée en carat. Le « carat » est l'unité souvent utilisée pour titrer l'or. Il représente soit le rapport d'or dans un alliage, soit la quantité même de l'alliage. Il correspond aussi au pourcentage massique d'or comprise dans un métal.

Le tableau II ci-après représente les principaux alliages d'or. L'or pur est titré 24 carats, et l'or de 18 carats par exemple contient 75,01% d'or pur.

Tableau II : Les principaux alliages d'or

Carats	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0
% or	99,9 9	91,6 7	83,34	75,01	66,68	58,35	50,02	41,69	33,36	25,03	16,07	8,37	0
Millièmes	999	917	833	750	667	584	500	417	337	250	167	84	0

(Source : www.wiki#nouveau monde)

On peut utiliser aussi les millièmes. On pourrait parler d'or à 1000 millièmes, 917 millièmes, 833 millièmes, 750 millièmes, 666 millièmes.

I.5 Utilisations

Ce métal est occasionnellement utilisé en bijouterie, dans certains traitements médicaux, dans l'industrie de l'électronique, dans certains procédés chimiques (comme catalyseur). La bijouterie demeure actuellement la plus grosse consommation d'or dans le monde (environ 1/3 de la production mondiale), suivie par les banques (1/3 aussi), puis les particuliers achètent 1/4 de la production mondiale sous forme des pièces et des lingots. L'industrie se réserve les près de 10% restants [34].

I.5.1 Bijouterie

Ce secteur est la première application historique de l'or. Elle utilise actuellement environ 68% de l'or disponible selon World Gold Council pour la période 2004-2008. L'or est utilisé dans la fabrication des médailles, anneaux, colliers et certaines esthétiques précieuses. Le médaille d'or servant pour la récompensations des mérites dans certaines compétitions. C'est le matériel symbolique des médailles sportives correspondant à la première place avant l'argent et le bronze.

Dans certains bijoux asiatiques, il est utile à la fabrication des objets de luxe (montre, stylo et des bracelets) qui ont de particularité déformable. Dans la plupart des ateliers de dorure ornementale, l'or est utilisé pour dorer les boiseries, les livres travaillés par les enlumineurs, les ferronneries par un procédé de dorure au mercure.

I.5.2 Monnaie

Le second usage historique de l'or est la monnaie. La première pièce en or est un alliage d'or et d'argent qui est datée du 8^{ème} siècle avant Jésus Christ. L'or a servi d'étalon-monnaie exclusif après l'abandon du bimétallisme Or/Ag dans les années 1870. C'est la guerre de 1914 qui met fin à ce système et qui ne put jamais être remis en place. Après l'accord de Bretton Woods en 1944, l'or est devenu un étalon de change : le dollar est défini en un certain poids d'or et les autres monnaies en dollar. En 1976, les Etats-Unis suspendirent la convertibilité du dollar en or, et en 1976, accord entre les pays du F.M.I démonétise l'or [33].

I.5.3 Médical

Sur le plan médical, à cause de son caractère inaltérable et inoxydable, l'or trouve des applications en odontologie. Il sert dans la fabrication des couronnes dentaires. Les dérivés organiques de l'or dites " sel d'or " sont utilisés dans certains traitements des affections en Rhumatologies (Chrysothérapie), et la feuille d'or ou d'argent a été utilisée comme enrobage des pilules.

I.5.4 Electronique

De nos jours, le secteur de l'électronique est très développé. Ce métal est très recherché par l'industrie à cause de son caractère inaltérable et de sa bonne conductivité électrique et thermique. Il est souvent utilisé dans la fabrication des objets tels que les contacts électriques inoxydables (figure 3) et en particulier dans les technologies de pointe pour la fabrication des microprocesseurs.

Dans le cadre de la technologie spatiale, l'or est utilisé pour opacifier les organes optiques. L'ensemble des appareils électroniques et informatiques usagés dans le monde représentent un gisement de taille (à partir d'une tonne de vieux téléphone portable, il est possible d'obtenir 230 g d'or). Le secteur de l'électronique consommait environ 318 t d'or en 2003 [34].



Figure 3 : Connecteurs électriques dorés
(Source : wikipedia.org)

I.6 Méthodes et moyens d'exploitations

Elles dépendent de la nature des gisements rencontrés, soit dans les dépôts primaires, soit dans les dépôts secondaires. Le choix de l'exploitation d'un gisement dépend généralement de la nature du dépôt, la taille, la profondeur, la teneur, la sécurité et les incidences sur l'environnement.

I.6.1 Exploitation dans les dépôts primaires

Cette exploitation comporte les différentes phases suivantes : extraction, traitements, purification et enfin le raffinage terminale.

I.6.1.1 Extraction de minerais

La première phase d'extraction des minerais commence d'abord par le décapage.

Cela nécessite ensuite l'enlèvement de la roche de proximité du minerai pour assurer une pente pas trop abrupt. Ceci se fait généralement au bulldozer. La figure 4 montre un exemple d'exploitation munie de quelques matérielles utilisées pour préparer le gisement.

En outre, on extrait les roches minéralisées par un bulldozer. Puis, on transporte les minerais obtenus vers l'usine de débouage (figure 5) pour séparer les partiels non aurifères avec les partiels aurifères.

Les minerais seront broyés et pulvérisés (figure 6). Cette pulvérisation peut se faire en présence d'eau. Et enfin, les minerais finement broyés doivent passer dans des séries de traitements chimiques afin de récupérer l'or.

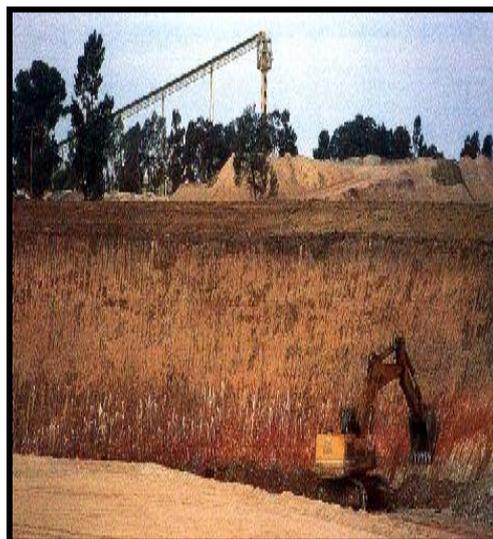


Figure 4 : Enlèvement du terrain de recouvrement

(Source : [wiki/or#nouveau monde](#))



Figure 5 : Machine de débouage

(Source : [wiki/or#nouveau monde](#))



Figure 6 : Machine de broyage

(Source : [www.infoconcasreur.fr](#))

I.6.1.2 Traitements de minerais

Ce sont des traitements chimiques, caractérisés par la fusion du métal d'or et l'élaboration de l'or à partir de cette solution. Les traitements passent à des différentes étapes : la flottation, l'amalgamation et la cyanuration.

✚ **La flottation** : Cette étape commence le traitement du minerai obtenu après broyage. Lorsque les produits de broyage sont suffisamment fins, la flottation permet d'augmenter sensiblement la teneur en or et d'éliminer les sulfures difficiles à séparer par d'autres voies [9]. La flottation sépare les minerais en deux (02) : il y a le concentré qui flotte à la surface sous forme de suspension aqueuse et le résidu stérile qui n'a pas de l'or appelé " haldes ". Les agents mouillants sont le Xanthate et parfois additionnés le traitement avec du sel de cuivre [9].

✚ **Amalgamation** : Les résidus aurifères par flottation sont envoyés dans une table à secousse de cuivre amalgamé. Cette méthode se repose sur la propriété que possède l'or de s'allier avec le mercure métallique pour former des amalgames d'or et du mercure. L'or est récupéré de l'alliage par distillation au mercure vers une température de 400°C à 500°C (température de vaporisation de mercure). Cette procédée peut se faire de deux manières : soit par amalgamation interne du broyeur, soit par amalgamation externe. L'extraction par amalgamation n'excède pas de 60% de la production actuelle. En plus, la toxicité du mercure limite son utilisation, et les minerais obtenus ne sont pas directement de l'or pur. L'élimination des autres métaux dans le minerai nécessite une série de purification et de raffinage terminale.

✚ **La cyanuration** : A l'heure actuelle, beaucoup d'exploitants utilisent l'épuisement par des solutions de cyanures alcalins aux résidus d'amalgamation. Le traitement convient aussi aux minerais finement broyés, aux concentrés par lavage et flottation [9]. Elle consiste à dissoudre les minerais d'or dans une solution de cyanures alcalins, cela donne une solution auro-cyanure alcalin. La solution auro-cyanure obtenus est filtrée puis passée dans un décanteur. L'or est ensuite précipité par ajout de poudre de zinc.

Le précipité d'or est filtré puis calciné et fondu et à la fin coulé en barre (figure 7). Différentes variétés de cette méthode sont maintenant très développées, notamment la lixiviation bactérienne et l'utilisation de charbon actif.

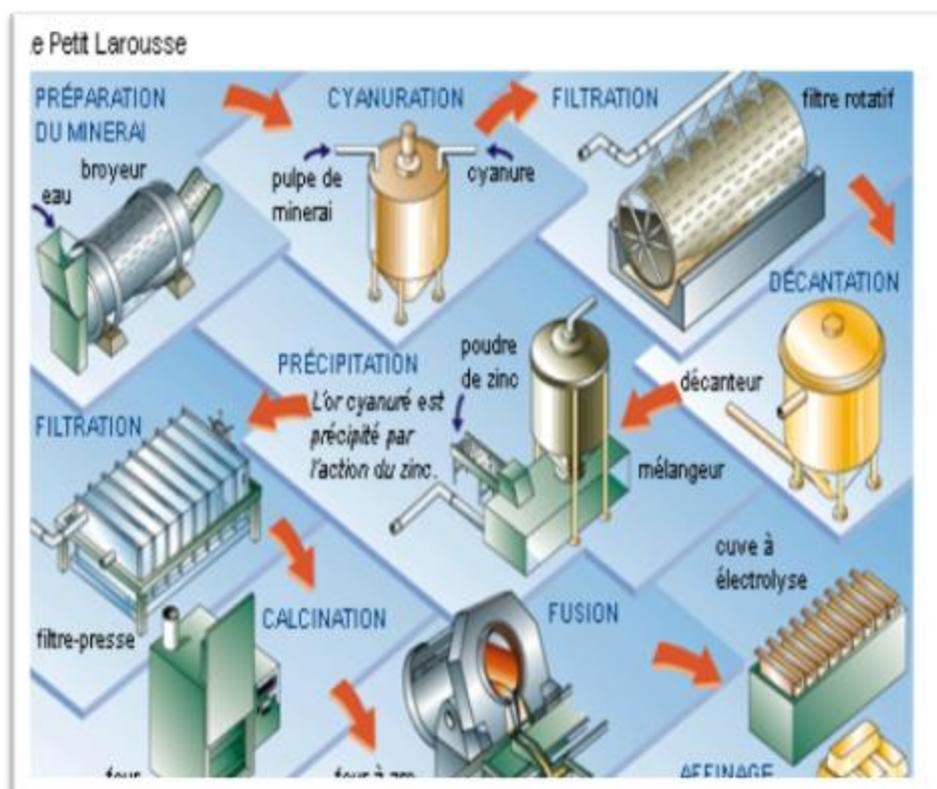


Figure 7 : Schéma du traitement par cyanuration

(Source : petit Larousse)

1.6.1.3 Purification

C'est l'extraction de l'or dans les minerais. Dans le cas où le minerai contient de l'antimoine, la purification s'est fait toujours par addition de thio-urée et dans le cas où le minerai contient une grande quantité de sulfures de métaux (par exemple dans la pyrite), on a utilisé très souvent la lixiviation bactérienne. Dans les minerais contenant des tellures (minéraux rebelles), il est nécessaire d'utiliser soit un grillage liminaire soit lessivage du bromure de cyanogène. L'élimination du platine et les métaux voisins nécessitent une purification à l'eau régale [9].

I.6.1.4 Raffinage

Les lingots ainsi obtenus par purification n'ont pas directement de l'or pur. Ils nécessitent aussi de raffinage terminal. Le raffinage est nécessaire pour éliminer la dernière trace d'impureté (argent). L'or est à la fin coulé en barre généralement de 99,99% d'or et pouvant être vendus sur les marchés mondiaux sous forme de lingots (figure 8).



Figure 8 : Lingots d'or avec Krugerrands

(Source : [wiki/or# nouveau monde](#))

I.6.2 Exploitations dans les dépôts secondaires

Pour les dépôts qui sont trouvés dans les sols, alluvions, latérites, et sédiments, la méthode la plus efficace est la gravimétrie (méthode fondée sur la différence de densité). Voici quelques instruments nécessaires à cette exploitation :

I.6.2.1 La batée (figure 9) : C'est un instrument de lavage ; le plus simple pour extraire l'or. Elle est utilisée par les orpailleurs dans l'exploitation artisanale.

Cette technique consiste à remplir des sables ou des graviers aurifères dans la batée. L'ensemble est soumis à un courant d'eau et de lui imprimer un mouvement de rotation. Les sables et les graviers sont éliminés peu à peu en laissant au centre de la batée les particules des minéraux lourds et l'or.



Figure 9 : Une batée en acier

(Source : orpailleur. Free)

1.6.2.2 Le pan : c'est un instrument de même forme que la batée mais beaucoup plus performant et nécessite des panneurs expérimentés. Le pan en acier possède une table en zig zag sur sa périphérie qui permet de conserver les minéraux à utiliser pour la séparation ultérieure [24].

1.6.2.3 La drague suceuse (figure 10) : c'est un instrument qui permet d'aspirer directement le gravier aurifère d'un fleuve ou d'une rivière par une motopompe, et un tuyau qui déverse directement les graviers aurifères dans une rampe de lavage [24].

1.6.2.4 La rampe de lavage (figure 11) : elle est fabriquée en bois ou en métal, sous forme d'un canal garni de tamis spéciaux et de tasseaux.

On y crée un courant d'eau par motopompe, par déviation d'un cours d'eau ou arrosage directe avec un sceau. La rampe de lavage permet de faire un lavage continu. Le rendement obtenu est 5 fois plus important que le lavage à la batée [24].



Figure 10 : Dragage suceuse
(Source : Congoaffaire.com)



Figure 11 : Une rampe de lavage
(Source : Orpailleur. Free)

1.6.2.5 Situation de l'exploitation à Madagascar

A Madagascar, l'exploitation de l'or se fait encore de façon traditionnelle et artisanale c'est-à-dire par batée. Les petits exploitants dont la plupart sont des paysans, se satisferont d'une méthode de broyage des particules au bord des rivières [37]. Cette filière nécessite beaucoup d'effort à entreprendre si nous voulons avoir de succès à l'exploitation.

1.7 Métallogénie de l'or

1.7.1 Les dépôts primaires

Généralement, les gisements primaires d'or sont des résultats de l'activité hydrothermale (figure 12). Suivant la température de sa formation, il existe trois (03) types de gisements primaires d'or, ce sont : les gisements mésothermaux (30° à 45°), les gisements épithermaux (inférieur à 20°) et les gisements hypothermaux (température entre 20° à 30°) [31].

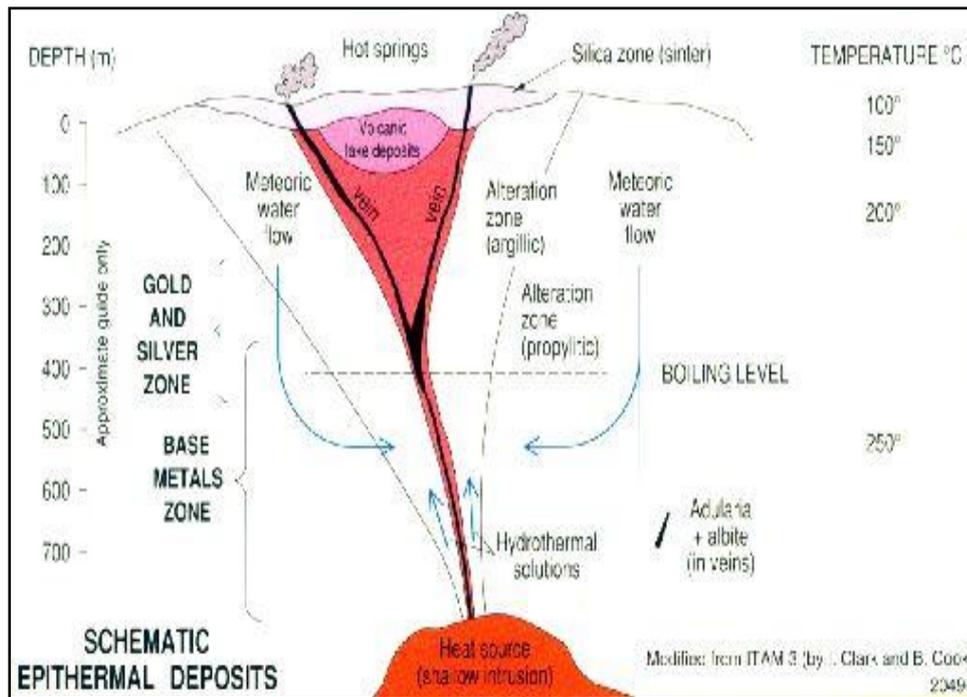


Figure 12 : Schéma explicatif des dépôts hydrothermaux

(Source : <http://olivier pingot.fr>)

Au cours de sa formation, l'or est monté en vapeur avec les minéraux lourds. Il fait partie d'un grand volume de solution chaude qui n'est autre que le magma qui traverse les fissures et les failles de certaines formations rocheuses encaissantes [31].

Un tout petit changement dans les conditions physico- chimiques de la solution entraîne la cristallisation de l'or hors de la solution, notamment dans les fissures et les anfractuosités.

Cette solution provient de différentes manières, soit :

- du magma profond qui va former la roche plutonique hôte, le plus souvent en relation avec les phénomènes de subduction (figure 13).
- du magma provenant du métamorphisme des roches encaissantes qui vont remobiliser à nouveaux l'or et la silice.

Dans certains dépôts disséminés importants, il est associé avec de cuivre : ce sont les fameux dépôts de cuivre porphyrique. La plupart de ces dépôts se produisent autour de l'Océan Pacifique dans les ceintures de feu du Pacifique, à l'intérieur des roches plutoniques intrusives relativement jeunes. Ces dépôts semblent se produire lorsque les plaques lithosphériques entrent en collision.

Les faciès minéralisés sont essentiellement des filons de quartz, contenant quelques fois peu de calcite et de sulfures tels que l'hématite, la pyrite, l'arsénopyrite, le platine et de l'hématite ... Certains filons sont localisés au long de la charnière des plis ; en raison de leur forme, ils sont nommés : les filons arçons. Ils peuvent se trouver également dans des roches argileuses métamorphisées dites "Skarns" [31].

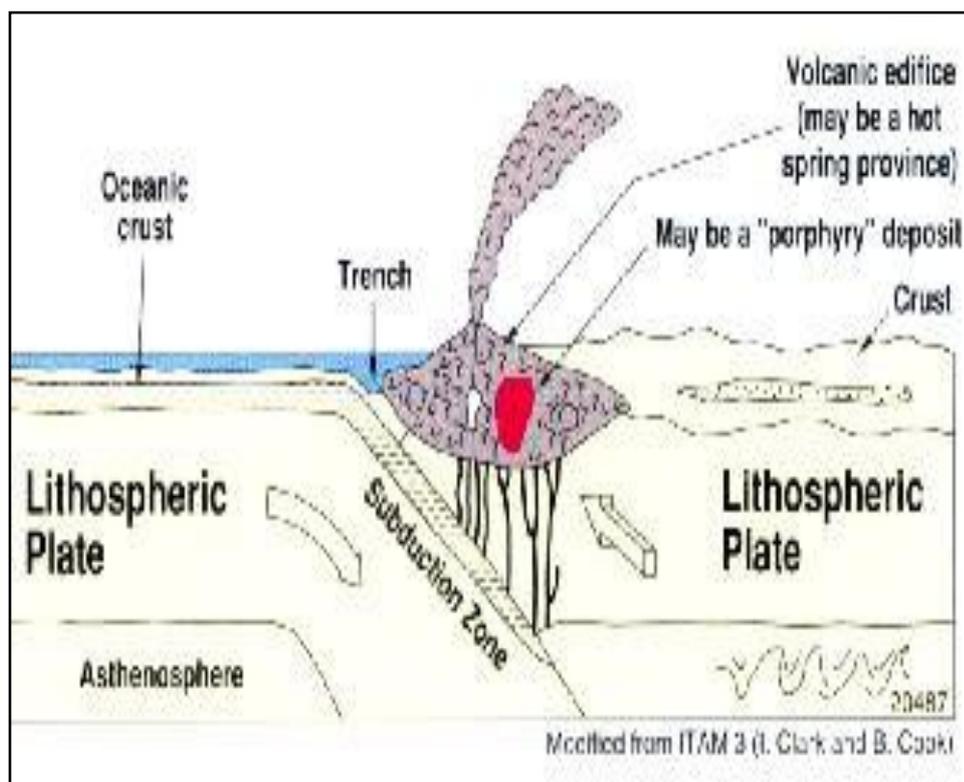


Figure 13 : Frontière de deux plaques en subduction

(Source : [http://olivier pingot.fr](http://olivier.pingot.fr))

I.7.2 Les dépôts secondaires

Les gisements secondaires sont des gisements dérivants des gisements primaires par altération météorique. Ces sont des dépôts alluviaux, éluviaux, et colluviaux. Il s'agit des gisements remobilisés qui s'établissent dans des alluvions ou dans des cours actuels de la rivière.

Chapitre II : L'OR A MADAGASCAR

A Madagascar, l'or est une richesse historique et fondamentale. Il a été découvert en 1845, mais la reine Ranavalona I^{ère} ordonna à l'époque la discrétion. La première exploitation gouvernementale ne fut réalisée qu'à partir de 1883 par corvée (fanompoana) [8].

Selon P.G.R.M du 28-29 Juin 2012, des gisements primaires sont présents partout à Madagascar et ils sont souvent associés à des groupes de placers à or. Les caractéristiques géologiques favorables à un fort potentiel aurifère sont : les zones de cisaillement, les roches basiques et ultrabasiques, les zones à faibles degré métamorphique et les formations géologiques renfermant des pièges géochimiques. En effet, un grand nombre de minéralisation primaire est souvent additionné à des quartzites à magnétite ou parfois à des niveaux graphiteux. Ces formations possèdent des caractéristiques géochimiques favorables à la formation de l'or. Les gisements primaires associés à des veines, à des quartzites à magnétite et aux zones de cisaillement majeur présentent des caractéristiques qui montrent que les méthodes d'explorations modernes et devraient offrir de meilleurs localisations, définitions et estimations pour l'exploitation d'un certain nombre de gisement de moyenne à grande taille. Le gisement associé au type épithermal se trouve dans le Nord surtout dans le secteur d'Andavakoera.

II.1 Les types de gisements d'or à Madagascar

Les gisements d'or de Madagascar sont nombreux et variés (figure 14), mais ils sont groupés en gisements primaires et en gisements secondaires.

II.1.1 Les gisements primaires

Les gisements primaires se subdivisent en trois types, selon leurs âges : d'abord, les gisements primaires appartenant au domaine Archéen. Ces gisements se présentent sous forme de filons généralement en veines interstratifiées. Ensuite, les gisements appartenant au domaine protérozoïque.

Ceux-ci se présentent sous forme disséminés dans des sulfures, et enfin, les gîtes primaires liés à la tectonique permo-triasique dans le contact sédimentaire-socle cristallin au Nord de Madagascar [2].

II.1.1.1 Les gîtes primaires appartenant au domaine Archéen

Ces types de gisements se présentent sous forme de veines interstratifiées associés à :

- Des séries de roche intrusive amphibolique basique de Maevatanana, Andriamena, Alaotra, Ampasary.
- Des quartzites à magnétite de Maevatanana, falaise orientale du Sud d'Antananarivo et du Sud-est, plus accessoirement à Andriamena et à Beforona-Alaotra.
- Aux séries silico-alumineuses de type Ambatolampy, Andriba (quartzite d'Ambatolampy et d'Andriba), série de Sahatany et de Vavatenina, plus accessoirement dans la série de la Maha et de la Vohilava-Ampasary [2].

NB : Dans ces trois (03) types énumérés ci-dessus, un type lié aux intrusions granitoïdes tardives existe, qui remobilise le stock aurifère, sous forme de filons péritholites, des stockwerks et des minéralisations diffuses dans les tactites.

II.1.1.2 Les gîtes appartenant au domaine Protérozoïque

Ils sont connus rattachés aux facies micaschisteux de la région centrale ou à quartzites de la série « schiste-quartzo-calcaire ». En général, ils se présentent sous forme disséminés dans des sulfures. Les deux cas le plus fréquent reconnus sont :

- La région de Betsiriry (Est de Miandrivazo) ou les indices aurifères sont inclus dans la zone de passage entre les gneiss migmatitiques et la série épimetamorphique « schisto-quartzo-calcaire » (front migmatitiques).
- La région d'Itea (Ambatofihinandrahana) ou les indices s'alignent dans les formations plus ou moins silicifiées (tactites) sur la bordure de massif granitique intrusif d'Itea [2].

II.1.1.3 Les gîtes primaires liés à la tectonique permo-triasique

Ce sont les vraies filons aurifères reconnus à Madagascar avec remplissages quartzo-barytiques au niveau du contact sédimentaire socle-cristallin sur une vingtaine de kilomètres de longueur. Ce sont des filons à or natif et à or combiné avec des sulfures. L'environnement géologique comprend le socle-cristallin qui est constitué par des gneiss plus ou moins migmatitiques et des micaschistes recouvert en contact normal ou faillés par la série sédimentaire. Ces gisements s'étendent sur une centaine de kilomètre entre " la vallée du Sambirano " et la côte Est (figure 14).

II.1.2 Les gisements secondaires

Les gites secondaires à Madagascar se subdivisent en trois (03) catégories :

- Les gites éluvionnaires : dans lesquels les matériels latéritiques ont été transportés le long de la pente sur une faible distance.
- Les gites alluvionnaires anciens : correspondent aux anciens lits des rivières et caractérisés par un sol plus ou moins consolidé, aux terrasses généralement surélevés le long des vallées ou entaillés par les cours d'eaux actuels.
- Les gites alluvionnaires récents : formés par des sables et des graviers aurifères. Ces sont les parties récupérées par les orpailleurs sur le cours actuels des rivières. Il s'agit généralement des gisements alluvionnaires remobilisés [2].

NB : Nous notons que les gisements d'or de Mahasolo appartiennent des gites alluvionnaires récents.

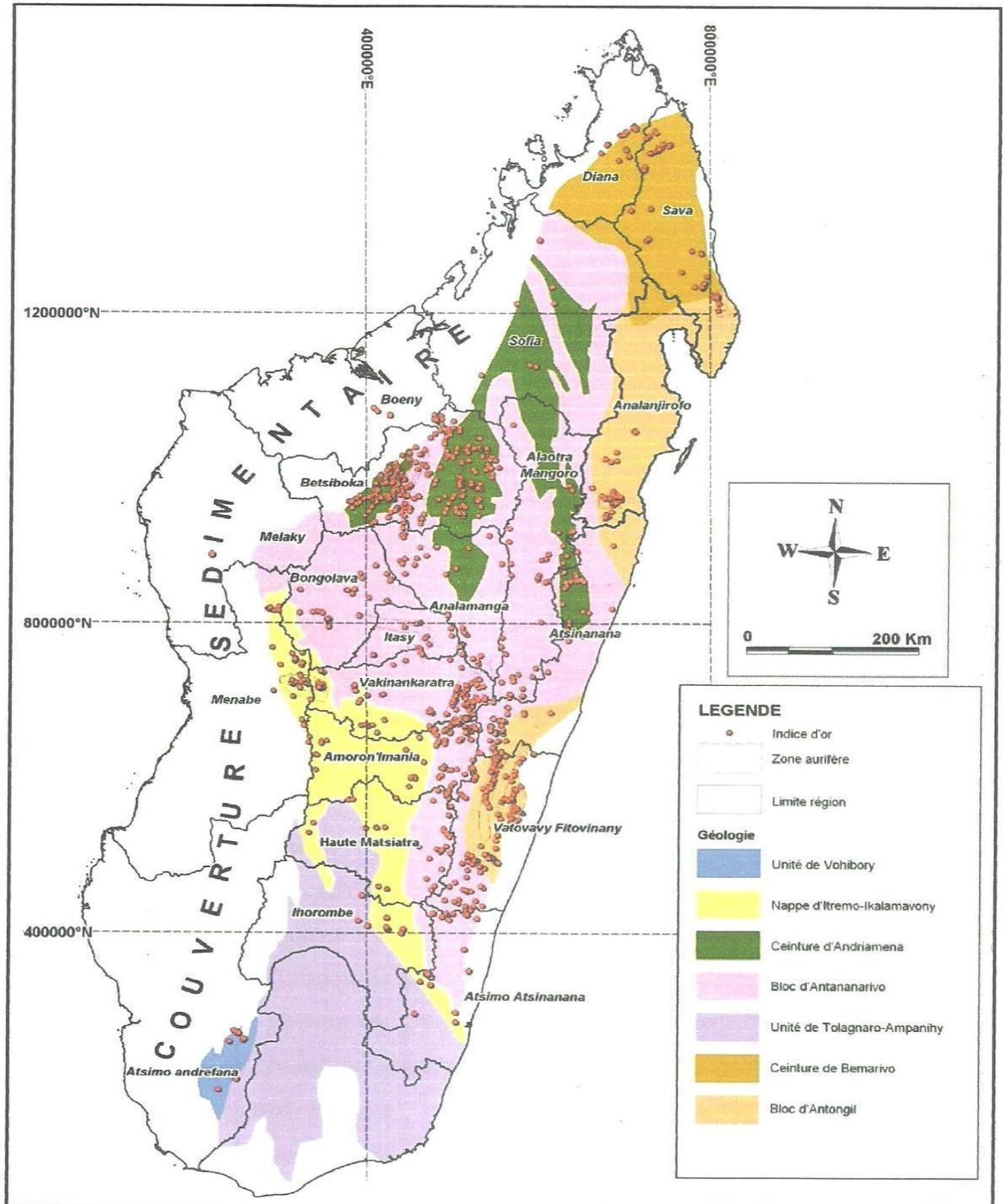


Figure 14 : Carte des principaux gisements d'or à Madagascar

(Source : RANTOSOA ; 2008)

II.2 Les principaux gisements d'or de Madagascar

Les principales provinces aurifères de Madagascar sont la province de Mananjary avec une production de 9 tonnes, suivie par Maevatanana et Diego (Andavakoera) qui ont chacun dépassé 7 tonnes et Tamatave avec 6,5 tonnes. Voici quelques régions aurifères de Madagascar [8] :

II.2.1 Région du Nord

Andavakoera : Il est situé dans l'extrême Nord de Madagascar, à une centaine de kilomètre au Sud de Diego-Suerez. Les filons quartzo-barytiques aurifères de l'Andavakoera s'étendent au voisinage du contact sédimentaire socle cristallin sur une vingtaine de kilomètres de longueur. L'environnement géologique y existe comprend : le socle cristallin de nature gneissique plus ou moins migmatitique et de micaschiste recouvert en contact normal ou faillé par la série sédimentaire avec successivement : les grès argileux du Permien à productus, les schistes pélitiques éotriasiques à poissons et Ammonites, puis les grès continentaux de l'Isalo. La direction générale de ces filons est Nord-Est-Sud-Ouest. L'épaisseur générale des filons est décimétrique mais peut s'épaissir à 1 à 2 mètres. Les gisements s'étendent de quelques kilomètres de Sambirano à la Loky mais ne sont aurifère que dans les secteurs de 20 km de l'Andavakoera. Les exploitations anciennes principales pour Andavakoera sont trouvées à : Betsiaka et Ranomafana.

Vohemar-Antalaha : Cette région n'est que faiblement aurifère. La production aurifère durant la grande période orpaillage de 1905 à 1920 a fourni 276 kg d'or. Les intéressants gisements semblent à ceux de la région d'Antalaha. En 1933, A LENOBLE a distingué les gisements en trois (03) catégories. La première correspond aux gisements alluvionnaires dérivés d'imprégnations ou des veines de quartz interstratifiées dans des gneiss et des micaschistes. La deuxième catégorie correspond aux stockwerks dans un granite gneissique. Les quartzs sont laiteux, bleutés ou hyalins. La dernière catégorie connue seulement au gisement d'Antsahivo, a fait l'objet d'une petite exploitation ancienne en roche et alluvions d'Antalaha.

Le gisement se trouve à 18 km au Sud d'Antalaha dans une zone de contact du massif de granite et la série des schistes et quartzites. Des filons recoupent les schistes en plusieurs endroits. Ces filons renferment souvent des pyrites.

Plusieurs filons existent à l'Ouest de la rivière d'Antsahivo en particulier au point Fantanambo où l'un d'eux partant du sommet jusqu'à 200 mètres. Ces filons sont presque interstratifiés, inclinés à 75° et recoupés par des nombreux filonnets formant un stockwerks à teneur notable.

Région Nord-Est : Les gisements se présentent en alluvions ou éluvions. Les cours d'eau des régions d'Ambanja, Bealanana, Befandriana, Port-Bergé ne montrent que des faibles traces d'or. La prospection dans les hauts affluents de Bemarivo montre toujours sans grand résultat. Les vieux gisements d'Antsevakely (à 55 kilomètres à l'Est-Nord-Est de Tsaratanana) ont donné une notable production. L'or est fréquent depuis la Sofia à Maroala jusqu'à Kimangoro. Le confluent de Kimangoro-Mahajamba et la rivière de la Betsiboka sont aurifères.

Tsaratanana : L'or se présente surtout dans le faciès amphibolique de la nappe de Tsaratanana. Les gisements en place sont en veines de quartz interstratifiés dont quelques fois associés avec des tourmalines, argents, plombs, bismuths, molybdènes, cuivres et barytines. Les anciennes exploitations reconnus sont : Ambohipihaonana (à 4 km au Sud de Tsaratanana et à 1 km à l'Est d'Ambatomitsangana), Andranganala (situé à 40 km au Sud-Est de Tsaratanana), Ambararatakely (Situé à 30 km du Sud Ouest de Tsaratanana), Ambolosikely (à 30 km au Sud de Tsaratanana), Analalava et Analatsimarimbo (à 30 kilomètres au Sud de Tsaratanana).

Masokoamena-Bekabija : Trois terrasses s'étagent le long de Kamoro. La terrasse supérieure la plus développée se poursuit jusqu'à la Mahajamba. Elle comporte une couche à gravier aurifère épaisse de 1 à 2 mètres d'épaisseur surmontée de 8 à 10 mètres de stérile. La terrasse moyenne est bien développée à Masokoamena.

La couche de gravier aurifère à une épaisseur de 1 à 2,5 mètres avec recouvrement des stériles très variables (2 à 10 mètres). Les terrasses inférieures sont mal-connues, les alluvions aurifères de Bekabija sont un peu aurifère.

Maevatanana : La première exploitation de l'or à Madagascar a débuté dans la région de Maevatanana dont la première prospection a commencé de 1888. Ce sont les zones supérieures et moyennes du groupe d'Andriba (Graphite) et la série de Maevatanana (nappe de Tsaratanana) qui sont aurifères. L'or provient surtout de quartzites à magnétite. La région la plus productive a été celle encadrant l'Ikopa, d'Andriba à Maevatanana. L'exploitation alluvionnaire est rentable dans cette région.

Les bassins alluvionnaires les plus riches sont : le bassin de l'Ikopa, Nandrojia (à 1 kilomètre au Sud de Maevatanana), Belambo, Bassin de Kamoro avec Tsiandrara, Bejofa, et Ankerika. Les principaux anciens gisements sont : Betaimby (à 55 kilomètres au Sud de Maevatanana), Ranomandry (à 30 kilomètres au Sud de Maevatanana), Tainangidina (à 25 kilomètres au Sud-Est de Maevatanana), et dans le Sable de l'Ikopa.

Prospection des lits vifs de la Saka et Maha : Cette prospection a été effectuée en 1939 -1940 dans la rivière de Saka et Maha. Plusieurs sondages à Maha en 1939 ont montré une teneur $0,1 \text{ g/m}^3$, 1 g/m^3 , $0,7 \text{ g/m}^3$, $0,5 \text{ g/m}^3$ et $0,3 \text{ g/m}^3$. Plusieurs gisements en place sont connus à Anjaridaina, Morafeno, et à Ambia Sud. L'or est extrait dans une zone mylonitisée riche en quartzo-pégmatitique à Morafeno.

Les quartzs entraînés constituent les gisements à Ambia Sud ; mais à Ambia Nord, il existe de minéralisation pyriteuse dans des veinules de quartz à calcite. À Ambia Ouest, l'or est extrait dans un banc ferrugineux constitué par des quartzites fins à magnétite. Les principaux gisements dans le lit de Saka sont : Andravoravo, Anakondro, Namolika, Ankazomilana, Andakatsiefo, Saka-Manama et Ambodiara.

II.2.2 La région centrale

Antananarivo : La majeure partie de la production pour Antananarivo provient du secteur Itasy-Tsiroanomandidy [8]. La province d'Antananarivo a produit 1260 kg entre 1901-1921. De nombreux gisements en veine ont été travaillés et rapidement abandonnés. Les principaux gisements exploités se présentent en veines de quartz interstratifiées. Ambohimanoa : Situé à 20 km au Nord-Ouest d'Antananarivo ; le gisement dérive d'une grosse lentille de quartzite associée à des sillimanites en bancs alternés. Il semble s'agir d'un gisement d'inclusion, aucune veine interstratifiée n'ayant été trouvée. A Ankadivoribe (à 9 km au Sud d'Antananarivo), à Antanifotsy (à 40 km sud-sud-ouest d'Antananarivo), et à Vohinambo (à 10 km au Sud-ouest d'Arivonimamo) ; les gisements se présentent sous forme de veinules de quartz interstratifiés avec enrichissement des épontes et des contacts latéralisés. Un banc gneissico-micaschisteux à Antsolobato (à 20 km au Sud d'Arivonimamo) renferme de très nombreuses veinules interstratifiées de quartz aurifères. La veine la plus intéressante, épaisse de 1,20 mètre montre un lit à or visible.

Dans le secteur de Tsiroanomandidy, l'or est extrait dans des alluvions dans une zone renfermant de quartzite à magnétite et des amphibolites de Behanana (à 65 kilomètres à l'Est de Tsiroanomandidy), dans les quartzites à magnétite d'Ambohitsivalana (à 35 kilomètres à l'Est de Tsiroanomandidy), et dans des amphibolites, des gneiss, des micaschistes et des quartzites à magnétite de Tsimbolovolo (à 52 kilomètres au Nord-Ouest de Tsiroanomandidy).

Antsirabe : La région d'Antsirabe a fourni une grande production aurifère de la région centrale. Elle a produit 1489kg entre 1901 à 1921. Cette production provient dans des veines de quartz interstratifiées avec éluvions et alluvions dérivés. L'or se répartie surtout dans le front de migmatite dans des zones micaschisteuses, gneissico-micaschisteuses du groupe d'Ambatolampy. Des projets d'exploitation par pompes à sable ont été envisagés dans l'Onive (Tsinjoarivo) mais non réalisés.

Les principaux anciens gisements exploités dans la région d'Antsirabe sont : Sarobaratra (aux environs de l'Onive), Antsofimbato, Andravoravo, Ialatsara (à 24 kilomètres à l'Ouest légèrement de Tsinjoarivo), Andranofito (à 9 kilomètres au Sud du Canton d'Ambatomiady), Soavinarivo (à 31 kilomètres à l'Est-Sud-Est d'Antsirabe), Kitsambo, Tongarivo (à 12 kilomètres à l'Est d'Antsirabe), et Ianamalaza (à 45 kilomètres à l'Ouest-sud-ouest de d'Antsirabe).

Ambositra : L'exploitation de l'or dans cette région a débutée en 1884. La région d'Ambositra a produit 100 kg d'or en 1889 et 3,4 tonnes d'or entre 1901 à 1921.

L'or provient surtout de veinules de quartzs interstratifiés avec éluvions et alluvions de la série micaschisteuse du groupe d'Ambatolampy. Les gisements se trouvent surtout dans le Fisakana (Miarinavaratra) où ils font suite à ceux de l'Ouest d'Antsirabe. J.BOULANGER (Trav.Bur.Géol., n°36, 1952) en a donné une description. Ce sont toujours des veines quartzeuses avec éluvions et alluvions de la série micaschisteuse du groupe d'Ambatolampy. Les gisements très intéressants dans cette région sont : la haute vallée de l'Ivato (à Antetetzambato), Itea (à 70 kilomètres au Sud-Ouest d'Ambositra), Dabolava, Antandrokazo, Isahona, et Betsiriry.

II.2.3 Région Est

Les gisements de petites falaises : ces gisements s'alignent sur le contact oriental du massif granitique de Befody dans le groupe de Masora. Les gisements de petites falaises sont des veines de quartz interstratifiés, mais des zones alluvionnaires très riches comme celui de Fanantara qui fournit 400 kg d'or. Les anciennes exploitations des petites falaises se trouvent à : Bebaso, Sahafandroana, Ambodilafa, Ambalavero, Ambohitsara, Fanantara, Haranana, Volove, Maroantovo, Andrambo, Haute Sahapaka, Tsongolo-Ambodimanga, Ampasimbolo, Andranonambo, Manoraka, Itrozona, Fanantara, Sahandrambo, Maha, Ambia Sud, Mananolona, Saka etc....

Tamatave : La province de Tamatave a fourni 6,5 tonnes d'or de 1901 à 1921 avec des productions annuelles de 400 à 500 kilogrammes entre 1903 à 1910.

La production d'or de Vavatenina, entre le lac Alaotra et Fenerive a été notable autrefois. On note 40kg en six mois en 1902. L'environnement géologique se caractérise par la prédominance de micaschistes à biotite, parfois à disthène et leur imbibition par de nombreux filonnets des pégmatisques très ramifiés et de veines quartzo-feldspathiques interstratifiées correspondant à un front de migmatites. Les anciens gisements exploités de Tamatave sont situés à : Grigri (à 45 kilomètres l'Est de Moramanga), à Marovato (à une cinquantaine de kilomètres au Nord-Est de Moramanga), et Anosibe-Vatomandry.

Mananjary : C'est la première région aurifère de Madagascar avec production de 8,580kg entre 1901-1921. Le secteur le plus riche de la région est celui de l'Ampasary (à 70 kilomètres dans le Nord-Ouest de Mananjary). La rivière d'Ampasary est surtout aurifère dans sa cours supérieure. Des zones alluvionnaires riches ont été travaillées depuis très longtemps : placer Hanning, placers de Betampona, placer Alexander, placers d'Antanambao. Dans le secteur Ambalakaza-Nord, une veine démantelée est à l'origine d'un gisement éluvionnaire. Des nombreuses veines de quartz à Tobilava et Antanambao-Est. L'ensemble de la formation est constitué du système de Vohibory. Des zones riches sont trouvés à Sakaleona et ses affluents des la région d'Ampasinambo : Sahanana, Andranomanjaka, Tsaravinany, Nandravoana, Timbinah et Sahakorinana, la plus grosse production provient d'Ambalarondro, Lavakianja, Ankerana, Ampasimandrevo, Lavakianja, Ikolokala.

II.3 Production d'or à Madagascar

Les statistiques de la production d'or dans chaque région nous montre que la production d'or à Madagascar a été autrefois très importante. Madagascar a produit 51 tonnes entre 1897 à 1959 [8] (voire en annexe III les détails de cette production). Depuis ce temps, la production d'or de Madagascar ne cesse pas de diminuer (tableaux III ci-dessous).

Selon le discours du Premier ministre RAVELONARIVO Jean en 24 Février 2015, la production annuelle d'or à Madagascar est autour de deux (02) tonnes par an, mais l'inexistence de comptoir d'or et surtout, l'explosion de trafic d'or effectuée par les asiatiques ne permet pas d'obtenir une donnée statistique officielle. Donc le tableau III ci-dessous nous montre que des quantités d'or autour de 2 à 5 kilogrammes par an depuis 2006.

Tableau III : Evolution de la production d'or actuelle de 2006-2009

Substance	Année	2006	2007	2008	2009
or	Quantité en grammes	3866,52	2535,9	50682,39	39268,38
	Valeurs en USD (dollar)	37353,75	42222,38	960468,02	8885497,46

(Source : INSTAT 2014)

Ce secteur nécessite beaucoup d'amélioration lorsque nous voulons entrer parmi les grands pays producteurs d'or dans le monde. Concernant la production d'or dans le monde, nous invitons à voir dans l'annexe V.

Partie II :
CARACTERISTIQUES DE LA ZONE
D'ETUDE ET SON CADRE GEOLOGIQUE

Chapitre III : CADRE ADMINISTRATIF ET GEOGRAPHIQUE

III.1 Cadre administratif

Notre zone d'étude se trouve dans la province d'Antananarivo, dans la région de Bongolava, sous-préfecture de Tsiroanomandidy, et dans la commune rurale de Mahasolo. La commune rurale de Mahasolo se trouve à environ 130 km à l'Ouest de Tananarive, dans l'extrême Sud-Est de la région de Bongolava (figure 15).



Figure 15 : Carte administrative de la région de Bongolava

(Source : F.T.M. 2014)

Elle est bordée au Nord par quelques communes : la commune rurale d'Ankadinondry Sakay, Tsinjoarivo, et Ambararatabe, à l'Ouest par la commune rurale de Maritampona, à l'Est par la rivière de Sakay, et au Sud par la commune rurale de Maroharona. La voie de communication qui conduit à Mahasolo est accessible durant toute l'année. Mahasolo se trouve à environ 32 km au Sud d'Ankadinondry Sakay sur une route secondaire. Elle reçoit la route Nationale RN1 à la hauteur d'Ankadinondry Sakay. La commune rurale de Mahasolo comporte 17 fokontany. Le village de Tangena appartient au fokontany Ambalanirana Zone II et Ambohikambana, et le village d'Ankijana appartient au fokontany Mahasolo Sud.

III.2 Milieux physiques

III.2.1 Le climat

Le climat caractéristique du moyen-ouest est chaud et sec. La saison sèche et la saison humide sont bien distinctes. La saison pluvieuse débute du mois de Novembre et se termine au mois de Mars, tandis que la saison sèche se passe de Mi-avril au Mi-octobre. Le climat est défini par une température annuelle inférieure ou égale à 20°C et une précipitation annuelle comprise entre 640 à 1400 mm. Pendant la saison chaude et humide, la température varie de 20°C à 30°C et pendant la saison froide et sèche la température varie entre 13°C et 26°C selon l'information auprès du service de la météorologie d'Ampandrianomby.

III.2.2 Les reliefs

Les versants des reliefs sont caractérisés par le passage du feu chaque année, ce qui fait l'augmentation de coefficient de ruissellement, en provoquant la formation des ravins plus ou moins profonds « Lavaka » qui sont caractéristiques des pentes de la principale formation altérée. La région de Bongolava fait partie de la haute terre centrale. La géomorphologie générale est caractérisée par une surface d'aplanissement [20]. Au sommet du relief on trouve des sols ferralitiques rajeunis, sur les versants avec des fréquents glissements de terrains, et sur les bas-fonds avec de vastes surfaces planes associées à un sol hydromorphe.

III.2.3 Hydrographie

Les principaux fleuves qui traversent le secteur Sud de la région de Bongolava sont surtout ceux de l'Imaga, Le Mandalo et le Sakay (figure 16). La rivière de Sakay traverse notre zone d'étude. Cette rivière sépare le district de Tsiroanomandidy et le district de Soavinandriana. Le Sakay, l'Imaga et Mandalo sont les affluents de Mahajilo. Ces rivières sont caractérisées par ses coulées lents comme toutes les rivières qui se jettent vers l'Ouest.



Figure 16 : Hydrographie du secteur Sud dans la région de Bongolava
(Source : extrait de la carte hydrographique de la région de Bongolava)

III.2.4 Les Végétations

La couverture végétale est très réduite et n'existe qu'un mince lambeau de forêt galerie qui résiste à l'action destructive de l'Homme et qui s'installe sur les bords de principaux fleuves, les espèces accrochées sont représentées par les lianes (figure 17). La savane herbeuse constitue le peuplement végétal dominant, on l'appelle aussi la savane du moyen ouest, qui a un caractère distinctif de Hyperhenia ruffa (Vero) et de Heteropogon contortus (Danga) (figure 18). C'est la formation végétale semble la victime à chaque année dû au feu de brousse effectuée par les malfaiteurs [26].



Figure 17 : Les lianes

Figure 18 : Heteropogon contortus (danga)

(Source : Cliché par l'auteur, année 2014)

III.3 Milieux économiques

III.3.1 Elevage

L'élevage de zébus est une des principales activités dans toute la région. Les pâturages représentent le type traditionnel de l'élevage. L'élevage bovin, porcin, caprin, et l'élevage de volaille sont les principales activités des paysans. Dans la région, chaque éleveur a la possibilité d'avoir jusqu'à centaines pied de zébus, et jusqu'à maintenant la région tient les bœufs comme des richesses et honneurs sociales (figure 19).



Figure 19 : Elevage bovin dans la région de Bongolava
(Source : Monographie de Bongolava)

III.3.2 Agriculture

L'agriculture est la première source économique de la région. Les cultures vivrières sont dominées par le riz, maïs, manioc (figure 20), l'haricot et l'arachide. Le riz constitue la base alimentaire du peuple. Les peuples commencent actuellement à s'introduire la culture de plante industrielle dit " Poivre rouge " .



Figure 20 : La culture de Maïs et du Manioc
(Source : cliché par l'auteur, année 2014)

III.4.1 Education

Mahasolo dispose un Lycée privé FJKM, un CEG, une EPP et un Lycée Publique. C'est le seul lycée pour les deux communes Maroharona et Mahasolo. Il existe encore une école catholique et deux autres écoles privées qui participent aussi et qui assurent une bonne scolarisation des élèves.

Mais c'est l'insuffisance de l'infrastructure scolaire qui contribue parmi les principaux blocages de l'enseignement dans cette région.

III.4.2 Santé

Il est tout de même à noter que la commune dispose un Centre de Santé de Base (CSBII) composé d'un centre d'accouchement et un centre de réception de malade, un laboratoire médical, une salle de pharmacie et des salles de dortoirs pour les serveurs loin de la capitale. Les maladies les plus fréquentes reconnues sont : le paludisme et la fièvre de typhoïde (Source : Enquête auprès de la CSBII, année 2014).

III.4.3 Sécurité

Une brigade de Gendarmerie Nationale composée de 14 personnels sous la direction de l'adjudant chef RADIMILAHY y existe, pour mettre au niveaux la sécurisation de la commune rurale de Mahasolo.

III.5 Milieu humain

Notre zone d'étude est peuplée essentiellement de Merina, mais il y a quelques Betsileo, Antandroy, Mahafaly, Sakalava, Bara, Betsimisaraka et Taisaka. Cette commune est composée de 60.000 habitants en 2014. Le fokontany Mahasolo Sud à la disposition d'Ankijana contient 12.000 habitants, c'est le fokontany le plus peuplé de la commune. Le fokontany d'Ambohikambana contient une partie des habitants de Tangena ayant 1910 habitants d'après le recensement auprès du fokontany.

Selon la répartition au niveau régionale ; les Merina s'installent surtout sur les terres anciennes coloniales, les Betsileo préfèrent plutôt le versant Ouest de Tsiroanomandidy, qui est leur terre de prédilection. Pratiquant l'élevage extensif, les Bara, Antandroy et Mahafaly parcourent les vastes étendues inoccupées à la recherche de pâturages. Enfin, les Sakalava, et Betsimisaraka forment moins de 5 % de la population. Les Bara et les Antandroy s'établissent préférentiellement dans le Moyen-Ouest [35].

Chapitre IV : CADRES GEOLOGIQUES

IV.1 Rappel sur le Précambrien

Selon P.G.R.M du 28-29 Juin 2012. Une nouvelle carte géologique et métallogénique de Madagascar à échelle 1/1 000 000 a été adoptée. Cette nouvelle carte subdivise Madagascar en six (06) domaines géologiques et une couverture sédimentaire (figure 21).

✚ **Domaine d'Antongil-Masora** : Qui est interprété comme un fragment du Craton du Dharwar en Inde et forme un noyau d'âge Meso à néoarchéen avec ses métasédiments à noyau granitiques et gneissiques, stabilisés dans le facies schistes Verts au facies amphibolites inférieures, y compris le groupe de Mananara.

✚ **Domaine d'Antananarivo** : C'est une grande unité tectonique néoarchéen à Paléoproterozoïque qui constitue l'ossature centrale de Madagascar et est formé par des schistes, migmatites, gneiss et des granitoïdes, y compris le complexe de Tsaratanana qui est interprété comme ceinture des roches vertes. Ce domaine est très similaire à la partie orientale du Craton du Dharwar oriental.

✚ **Domaine d'Ikalamavony** : Qui est caractérisé par la présence de formations volcano-sédimentaires déposées entre 1,03 Ga à 0,98 Ga et d'une suite magmatique datée de 1 Ga (Suite de Dabolava). Le domaine d'Ikalamavony marque la limite entre le domaine d'Antananarivo et le domaine Anosyen-Androyen c'est-à-dire la limite entre la croûte archéenne au Nord et des terrains d'âge paléoproterozoïque au Sud.

✚ **Domaine Anosyen-Androyen** : Ces domaines sont interprétés comme deux blocs différents limités par une suture majeure. Ils sont constitués d'un substratum d'âge paléoproterozoïque (2,0- 1,8 Ga). C'est la seule et même entité géologique recoupée par la zone de cisaillement intradomaine.

✚ **Domaine de Bemarivo** : Qui est interprété comme un arc magmatique néoproterozoïque charrié sur le bouclier Archéen et Ediacarien et est formé à la base par des migmatites, gneiss et amphibolites archéens d'origine sédimentaire et volcano-sédimentaire d'Ambohipato et intrudé par les formations magmatiques calco-alcalin de Daraina-Milanoa.

✚ **Domaine de Vohibory** : C'est le seul domaine qui ne pas traversé par la suite d'Ambalavao. Il est considéré comme ancien arc volcanique, vestige de la collision continentale produit au cours de la formation du Gondwana.

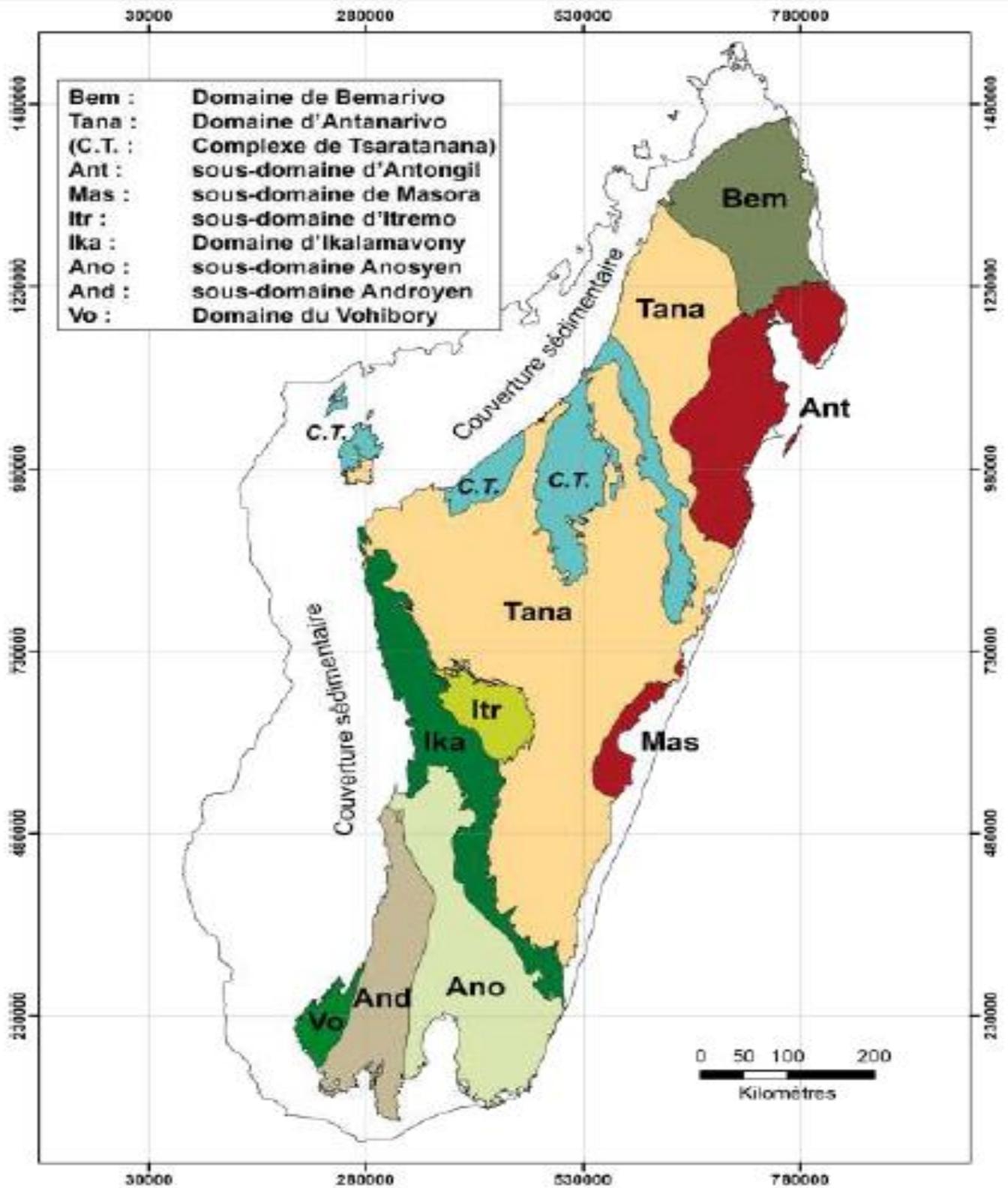


Figure 21 : Carte géologique et métallogénique de Madagascar

(Source : P.G.R.M ; 2012)

IV.2 Situation de la zone d'étude

La formation de Mahasolo fait partie du domaine d'Antananarivo, du groupe d'Ambatolampy, et de la série d'Antananarivo. Le groupe d'Ambatolampy comporte un ensemble de formations gneissiques, micaschisteuses avec de niveaux à graphite et charnockite. Dans les secteurs de Tsiroanomandidy, on a un développement énorme de migmatites avec quelques enclaves de gneiss et de micaschistes résiduelles. Les couches micaschisteuses renferment des veinules et des veines de quartz aurifères.

IV.3 Pétrographie de la zone d'étude

La roche dominante dans cette région est constituée par des migmatites. Les migmatites contiennent de nombreuses petites traces d'amphibolites, des gneiss et des bancs de quartzites. Des formations magmatiques et sédimentaires importantes.

IV.3.1 Les formations métamorphiques

Les formations métamorphiques sont composées par plusieurs faciès.

IV.3.1.1 Les migmatitiques

On distingue trois types de migmatites :

✚ **Les migmatites gneissiques** se caractérisent par leurs lits plus ou moins réguliers et parallèles formés par des trames amphiboliques ou micacés avec injection quartzo-feldspathique. Les lits quartzo-feldspathique s'alternent avec les lits amphibolo-biotite, généralement à grain fin ou parfois grossier. Ce type de roche occupe la majeure partie de la formation dans la pénélaine de Tsiroanomandidy.

✚ **Les migmatites granitoïdes** : ce sont des roches généralement micacées pauvres en amphibole. Les migmatites granitoïdes sont en discordance avec les granites migmatitiques. Ce sont des roches grenues, leucocrates, et irrégulières, leurs lits sont souvent discontinus, les grains sont moyens ou parfois grossiers.

Les roches de granitisations sont représentées par les migmatites granitoïdes ayant une composition très voisine des granites. Les parties granitiques de la roche sont surtout formées par des feldspaths alcalins, des quartzs et des magnétites.

 **Les granites migmatitiques** sont des roches grenues à grain grossier. La foliation est moins visible voir même absent. Les granites migmatitiques et les migmatites granitoïdes forment en affleurement comme étant deux faciès étroitement liés.

IV.3.1.2 Les gneiss

Ils occupent une surface aussi importante par rapport aux migmatites. Ils se présentent sous forme d'intercalation au milieu des migmatites, et formant un important massif principalement de gneiss à biotite, sillimanite et grenat avec des niveaux de quartzites à magnétite, de gneiss quartzeux à pyroxène, de cipolin et gneiss à graphite. Les formations gneissiques sont cartographiées en gneiss à biotite et à amphibole. Ce sont des roches généralement leucocrates, finement litées à grain fin ou par endroit à grain grossier.

IV.3.1.3 Les gneiss ocellés

Ce sont des roches leucocrates, finement litées avec des gros cristaux de feldspath formant des gros yeux allant jusqu'à centimétrique. Les gneiss ocellés et les migmatites ocellés sont cartographié en faciès ocellés. L'affleurement de cette formation est très important au Nord de Mahasolo.

IV.3.1.4 Les micaschistes

Ils sont rares, ils affleurent aussi fréquent dans les gneiss que dans les migmatites. Les micaschistes à muscovite sont abondants. Ce sont des roches litées, et constituées par de quartz et de feldspaths et accessoirement des sillimanites, muscovites et des biotites.

IV.3.1.5 Les quartzites

Ce sont des roches blanches ou légèrement teintées à éclat gras. La plupart sont essentiellement quartzes mais d'autres renferment des sillimanites, des muscovites avec des biotites. On a souvent les quartzites à deux micas, un peu de sillimanite et riche en tourmaline.

IV.3.1.6 Les amphibolites

Ce sont des roches à structure microgrenue, constitués essentiellement d'amphiboles (figure 22). Les quartzs et les feldspaths sont moins importants. Les minéraux d'amphiboles sont représentés par l'hornblende verte.



Figure 22 : Amphibolite à hornblende verte

(Source : cliché par l'auteur, année 2014)

IV.3.2 Les formations magmatiques

IV.3.2.1 Diorite et gabbro

Les roches éruptives anciennes sont représentées par les diorites et les gabbros.

Ce sont des roches reprisées dans le métamorphisme et caractérisées par la présence des pyroxènes (hypersthène), des biotites, parfois des microclines et accessoirement des grenats.

Les plagioclases sont souvent maclés (macles en tordus). Les biotites sont très importantes et se présentent sous forme des fines lamelles enchevêtrées. La diorite et le gabbro sont des roches relativement dures et denses, mésocrates. Les minéraux accessoires sont généralement la biotite, l'olivine et le pyroxène (figure 23).



Figure 23 : Le gabbro à olivine

(Source : cliché par l'auteur, année 2014)

IV.3.2.2 Granites et microgranites

Il s'agit des complexes éruptifs qui débordent allant du granite, au microgranite. Ils recourent les migmatites.

✚ **Les granites** sont essentiellement alcalins, à structure grenue grossière composée des minéraux claires : quartzs et des plagioclases (microcline sodique). Les ferromagnésiens sont représentés par l'aegyrine. Il existe aussi des variétés de granite à amphibole qui sont des roches mésocrates, avec des microclines et des hornblendes vertes.

✚ **Les microgranites** sont à grains fins, quartzifères, et à mésocrates, ils se présentent aussi par affleurement en bloc arrondis. Les minéraux constitutifs sont de même dimension, et de taille millimétrique.

IV.3.2.3 Pegmatites et filons de quartz

Les pegmatites et les filons de quartz sont très nombreux mais toujours à faible importance. Le sol est presque recouvert du démantèlement de ces filons.

Ces filons sont significatifs sur les pentes de la formation altérée (latérites), sur les lignes des crêtes, sur les flancs des collines, et les plateaux. Les filons sont constitués essentiellement par des quartzs. Ils passent des quartzs blancs laiteux légèrement translucide au quartz rose sur les secteurs plus au Sud. Les filons de pegmatites sont moins importants, soit sous forme de filons obliques ou soit concordant avec la direction de la schistosité de la roche encaissante.

Les pegmatites renferment souvent des tourmalines et des béryls. Les pegmatites sont de types potassiques et non zonés [15].

IV.3.3 Les formations superficielles

Les formations superficielles sont formées par les cuirasses, les latérites et les alluvions fluviales. Les alluvions fluviales sont exploitées par les habitants pour la riziculture.

IV.3.3.1 Les cuirasses sont des roches massives, vacuolaires, plus ou moins ferrugineuses. Elles affleurent un peu partout dans toute la région et se rencontrent en affleurement sous forme de bloc démantelé ou en petits amas (figure 24).



Figure 24 : La cuirasse ferrugineuse
(Source : cliché par l'auteur, année 2014)

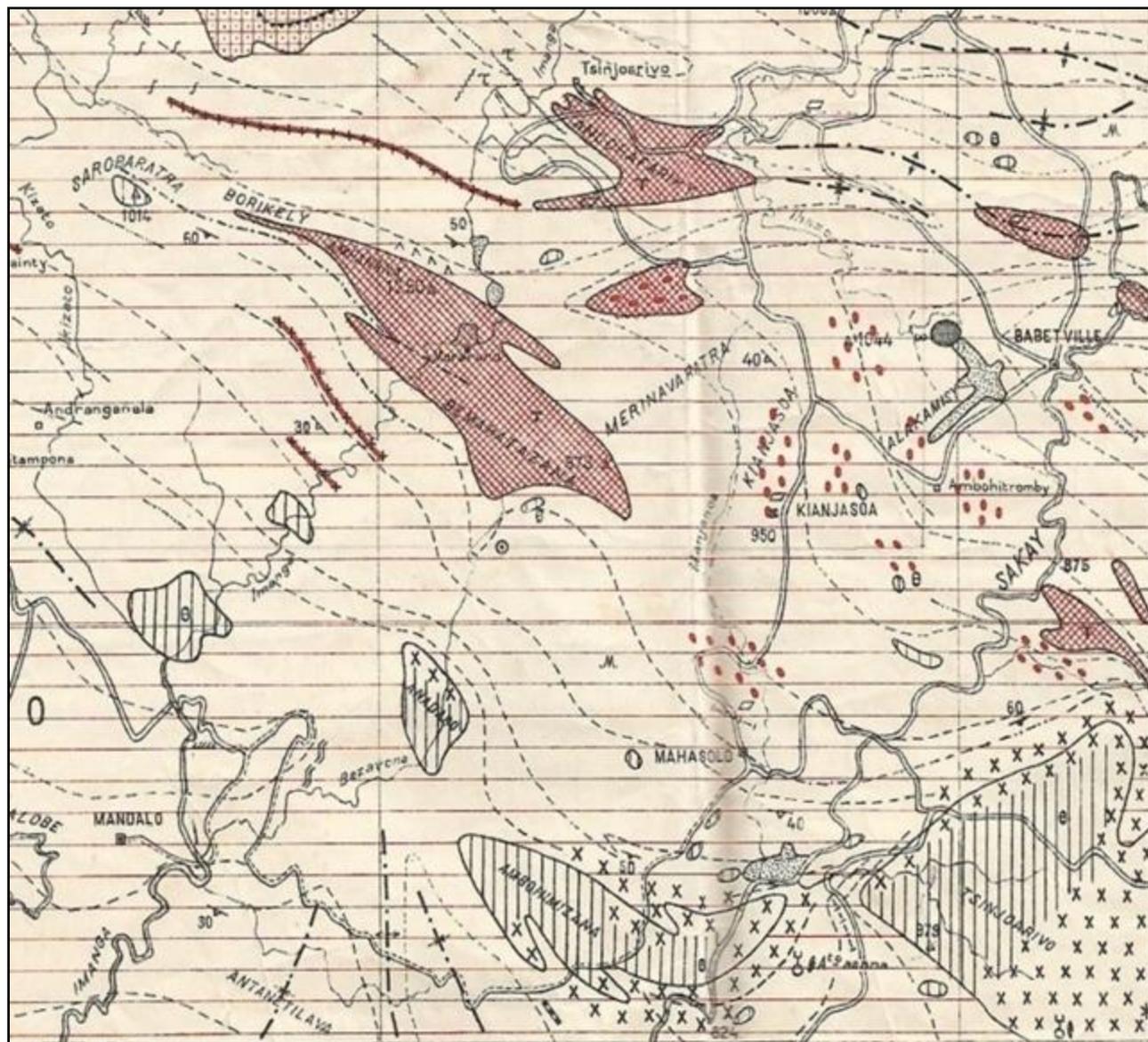
IV.3.3.2 Les latérites sont des formations parfois compactes, généralement de couleur rouge caractéristique du climat tropical chaud et humide. Elles recouvrent l'ensemble de la formation allant de dizaine à centaine de mètres d'épaisseur. La couleur de la latérite varie selon la nature de la roche-mère (Lie-de-vin pour le micaschiste et jaune rouille pour les migmatites).

IV.3.3.3 Les alluvions fluviales sont peu développées et n'occupent que des surfaces très restreintes. Elles forment de minces poches alluviales très dispersés. Au fond des vallées, elles sont sillonnées par des méandres et se rencontrent des sables, des galets arrondis de quartz et des argiles. Les alluvions fluviales constituent les sédiments minéralisés en or dans cette région.

IV.4 Tectonique de la zone d'étude

Concernant la tectonique de la zone d'étude, nous utilisons la carte 1/200.000 établie par G.Hottin en 1959 (figure 25), pour analyser la tectonique sur l'ensemble de la zone d'étude. L'analyse de cette carte nous montre les faits suivants :

- Les couches migmatitiques présentent des pendages comprises entre : 35° à 60° NW-SW dans la majeure partie de la carte.
- Ces formations migmatitiques sont intrudées par des massifs granitiques (Bemahatazana et Andohafarihy). La présence de ces massifs au sein de la formation ne perturbe pas la tectonique de la région. Donc, ce sont des massifs post tectoniques.
- La tectonique de la région est dominée par les tectoniques souples (anticlinales et synclinales) :
 - des migmatites dans les secteurs plus au Sud de la carte présentent de direction sensiblement constant N80W et à pendage Sud régulier ;
 - des migmatites dans le quart Nord-est de la feuille sont des anticlinaux et synclinaux très serrés déversant à l'ouest dont les couches géologiques montrent une structure isoclinale ;
 - des migmatites oeuillés au Nord de Mahasolo soulignent un axe anticlinal dont la fermeture se trouve dans la rive gauche de la Sakay, à la hauteur d'Ankadinondry Sakay [14].

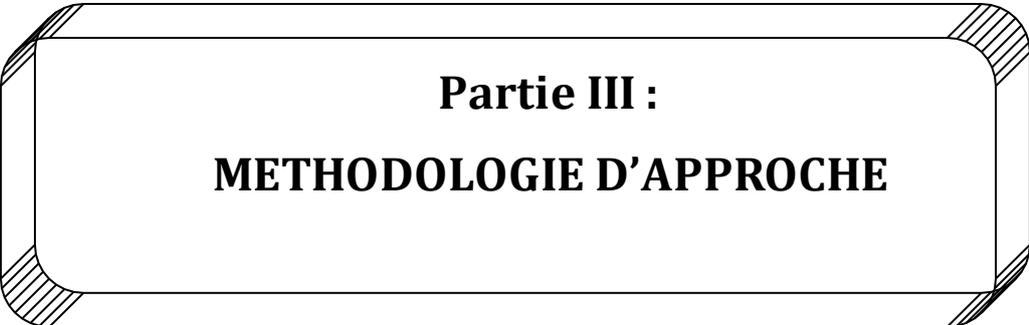


LEGENDE

	Les alluvions		Les gabbros		Faciès charnockitiques
	Les cuirasses ferrugineuses		Les migmatites		Faciès ocellée
	Les granites et migmatite Granitoides (550 Ma)				

Figure 25 : Carte géologique de la zone d'étude

(Source : extrait de la carte 1/200.000)



Partie III :
METHODOLOGIE D'APPROCHE

Chapitre V : METHODOLOGIE D'APPROCHE

Ce travail s'intéresse surtout sur la nature de gisements d'or rencontrés dans la commune rurale de Mahasolo. L'objectif final de notre travail est de déterminer la nature lithostratigraphique de gisements pour vérifier l'hypothèse que nous avons avancée. Pour mieux arriver à cet objectif, ce travail de mémoire doit comporter les étapes de recherches suivantes. D'abord les recherches bibliographiques, puis les recherches sur terrain et enfin les recherches au Laboratoire.

V.1 Travaux de recherche bibliographique

Comme toute recherche digne de son nom ; elle doit commencer par la recherche bibliographique. Nous avons commencé notre travail par la recherche des livres, des documents et des mémoires concernant notre sujet.

Nous avons fait la recherche au sein des bibliothèques suivantes :

- Bibliothèque de l'Ecole Normale Supérieure (ENS), qui offre toute la possibilité des documents très important dans l'élaboration de notre travail.
- Bibliothèque des sciences de la terre à Ankatso afin de consulter quelques documents concernant l'or à Madagascar.
- Bibliothèque de la Géologie d'Ampandrianomby pour nous donner l'information géologique et cartographique régionale.
- Bibliothèque Universitaire pour nous offrir les mémoires et les informations générales sur l'or.
- Bibliothèque nationale pour consulter les travaux antérieurs effectués sur la zone d'étude.
- Nous avons aussi effectués des recherches webographiques à partir de moteur de recherche Google, qui nous offrent des documents fondamentaux sur le concept de notre thème.

V.2 Travaux sur terrain

Pour mieux déterminer les différentes couches des puits de forage de la zone d'étude, la descente sur terrain est effectuée pendant la période sèche ou le niveau de l'eau est relativement bas. Cette mission s'est déroulée durant 4 mois : mois de Février jusqu'à mois de Juin 2014.

V.2.1 Matériels d'études

Durant la descente sur terrain, nous avons utilisés les matériels cités ci-après :

- Un G.P.S : pour la localisation de gisements ;
- Appareil photo numérique canon de 14.1 méga pixels ;
- Un marteau et des outils indispensables en prospection ;
- Un sachet en plastique : pour ensacher les échantillons du sol ;
- Un mètre élastique : servant pour mesurer les différentes couches ;
- Des matériels d'enregistrements : un stylo, un notebook ;
- Une bicyclette : pour le déplacement ;
- Un ordinateur portable marque SONY ;

Durant la recherche au laboratoire, nous avons utilisés les matériels suivants :

- Une règle graduée : pour la mesure de grains ;
- Une loupe binoculaire : pour l'observation des échantillons ;
- Des matériels en laboratoires : chiffon jaune, pinces ;
- Les grains d'or : comme matérielle d'étude.

V.2.2 Choix de la zone d'étude

Le choix de la zone d'étude ne se fait pas au hasard car ce sont des zones aurifères dont leurs exploitations ont commencé très récemment (depuis 2013). Donc, l'étude typologique de ces gisements est fondamentale.

Nous avons choisi deux gisements pour des raisons financières :

- Gisement de Tangena qui se trouve à l'Est du village de Tangena (figure 26). La surface exploitée par les orpailleurs est à peu près 2 ha (figure 27).



Figure 26 : Le village de Tangena
(Source : cliché par l'auteur, année 2014)



Figure 27 : Vue générale du gisement d'or de Tangena (vue de loin)
(Source : cliché par l'auteur, année 2014)

- Gisement d'Ankijana qui se situe au Sud du village d'Ankijana, à 17 km environ en aval de Tangena. La surface minéralisée est surtout éparpillée au fond de la vallée que dans les talus en contact avec le bas-fond (figure 28).



Figure 28 : Vue générale du gisement d'or d'Ankijana (vue de loin)
(Source : Cliché par l'auteur, année 2014)

V.2.3 Observation des puits de forage

Notre méthodologie d'étude se base sur l'observation et la détermination des différentes couches des puits des orpailleurs. Leurs méthodes de creusement des puits sont de creuser verticalement jusqu'à l'obtention de couche à galets aurifères (figure 29). Les orpailleurs sont obligés de faire ce type de forage car les galets n'affleurent qu'en profondeur. Après avoir atteint le niveau aurifère, les orpailleurs creusent une ou deux galeries horizontales pour suivre la couche à galets de profondeur (figure 30). La profondeur générale des puits à Tangena est 6 mètres environ. L'ouverture des puits sont généralement à peu près 1m².

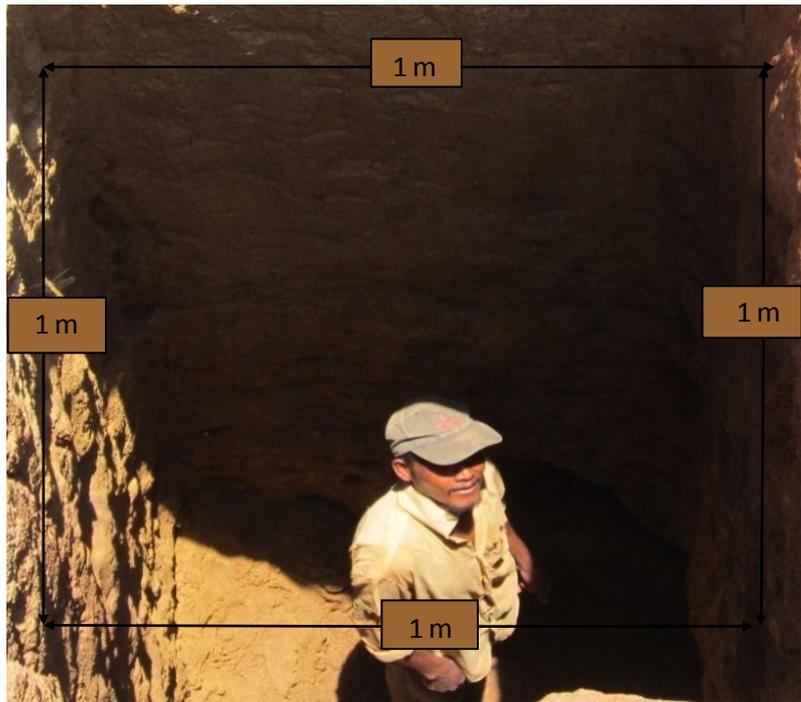


Figure 29 : Puits de récupération d'or
(Source : cliché par l'auteur, année 2014)



Figure 30 : Galerie d'or de Tangena
(Source : cliché par l'auteur, année 2014)

V.2.4 Technique de la batée

Une fois que les sédiments aurifères sont récupérés, les orpailleurs les transportent dans la rivière de Sakay pour effectuer la technique de la batée (figure 31). Cette technique se base sur le lavage des sédiments dont les minéraux lourds à forte densité comme l'or se concentrent au fond de la batée.

L'ensemble des minéraux lourds sont séché dans un récipient et après on souffle les autres minéraux lourds moins dense que l'or et enfin l'or est récupéré.



Figure 31 : Orpillage dans la zone d'étude

(Source : Cliché par l'auteur, année 2014)

V.2.5 Les travaux effectués pour chaque gisement

Ils consistent à effectuer :

- La localisation précise des différents puits à partir du G.P.S : la latitude, la longitude, et l'altitude.
- Une description systématique des différentes couches des puits.
- Etudes détaillées de chaque couche (lithologie, propriétés physiques) pour bien repérer les couches minéralisées ou non.

- Etude descriptive et détaillée de la couche minéralisée.
- Prise de photos de chaque couche et échantillonnage des sédiments et des roches.
- Lever systématique et échantillonnage des roches mères environnantes.
- Pratique de la technique de la batée pour la récupération d'or.

NB : Durant la descente sur terrain, nous avons pris aussi d'autres renseignements sous forme d'enquête auprès des gens locaux.

V.3 Travaux des recherches au laboratoire

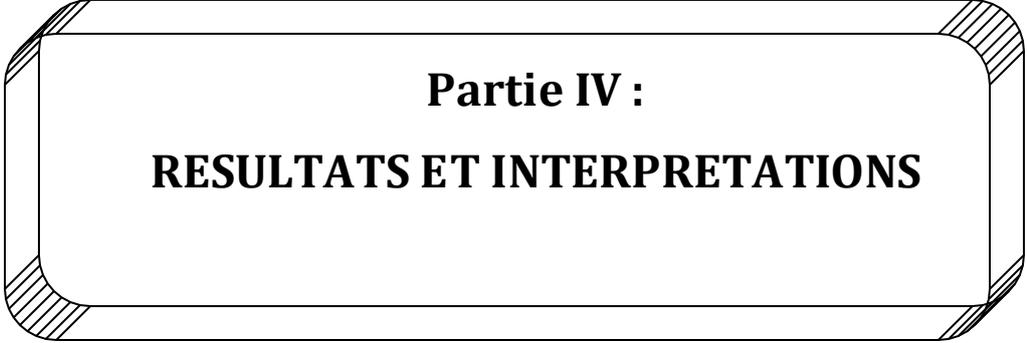
Les grains d'or que nous avons récupéré lors de notre descente sur terrain et les minéraux lourds sont étudiés morphoscopiquement au sein du laboratoire de la S.V.T de l'Ecole Normale Supérieure. La méthodologie s'effectue en deux étapes :

V.3.1 Séparation densimétrique

C'est une séparation des éléments légers et des éléments lourds par une méthode densimétrique. Le fluide de séparation est le bromoforme de densité égale à 2,9 qui permet d'obtenir la séparation des éléments légers (densité inférieure à 2,9) tels que les quartz et les feldspaths et les éléments lourds (densité supérieure à 2,9) contenant de l'or de densité égale à 19,3 et les autres minéraux tels que : zircon, magnétite, grenat, monazite...

V.3.2 Séparation sous loupe binoculaire

Après avoir récupéré tous les minéraux lourds, on a effectué une observation à la loupe binoculaire dont l'objectif c'est de séparer l'or pur aux minéraux accompagnateurs. Après, on a passé à l'étude morphoscopique des grains d'or pur.



Partie IV :
RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Chapitre VI : DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES GISEMENTS

Selon le choix de la zone d'étude et les gisements détaillés dans la partie méthodologique, notre étude s'effectue dans les deux gisements : Tangena et Ankijana.

VI.1 Gisement de Tangena

Les prospections ont été réalisées dans une zone 2 ha environ : c'est la surface exploitée par les orpailleurs à Tangena. Notre tâche vise à déterminer la nature lithostratigraphique des différentes couches dans chaque profil.

VI.1.1 Situation géologique

Comme nous voyons dans la figure 27 ci-dessus, son emplacement est sur la bordure de Sakay. Il se localise à une altitude de 860,5 m au-dessus du niveau de la mer. Il est encadré à l'Est par la Latitude $046^{\circ}25'035''$, au Sud par la Longitude $19^{\circ}06'485''$. La nature de Roche-mère y est de nature migmatitique.

VI.1.2 Description pétrographique et sédimentologique

Les puits de forage de Tangena présentent les différentes couches successives suivantes (du bas en haut) :

- A la base : la formation est dominée par le bed-rock de nature migmatitique
- Au-dessus : il y a la couche à galets de quartz et de quartzite, un (01) mètre d'épaisseur environ. C'est la couche aurifère des puits.
- A la surface : cette couche à galets est surmontée par la couche alluvionnaire fine et récente d'épaisseurs variable : trois (03) à quatre (04) mètres d'épaisseur environ.
- Enfin, les formations superficielles sont des boues déposées par l'eau pendant la saison de pluie.

Ces puits de forage sont représentés par la figure 32.

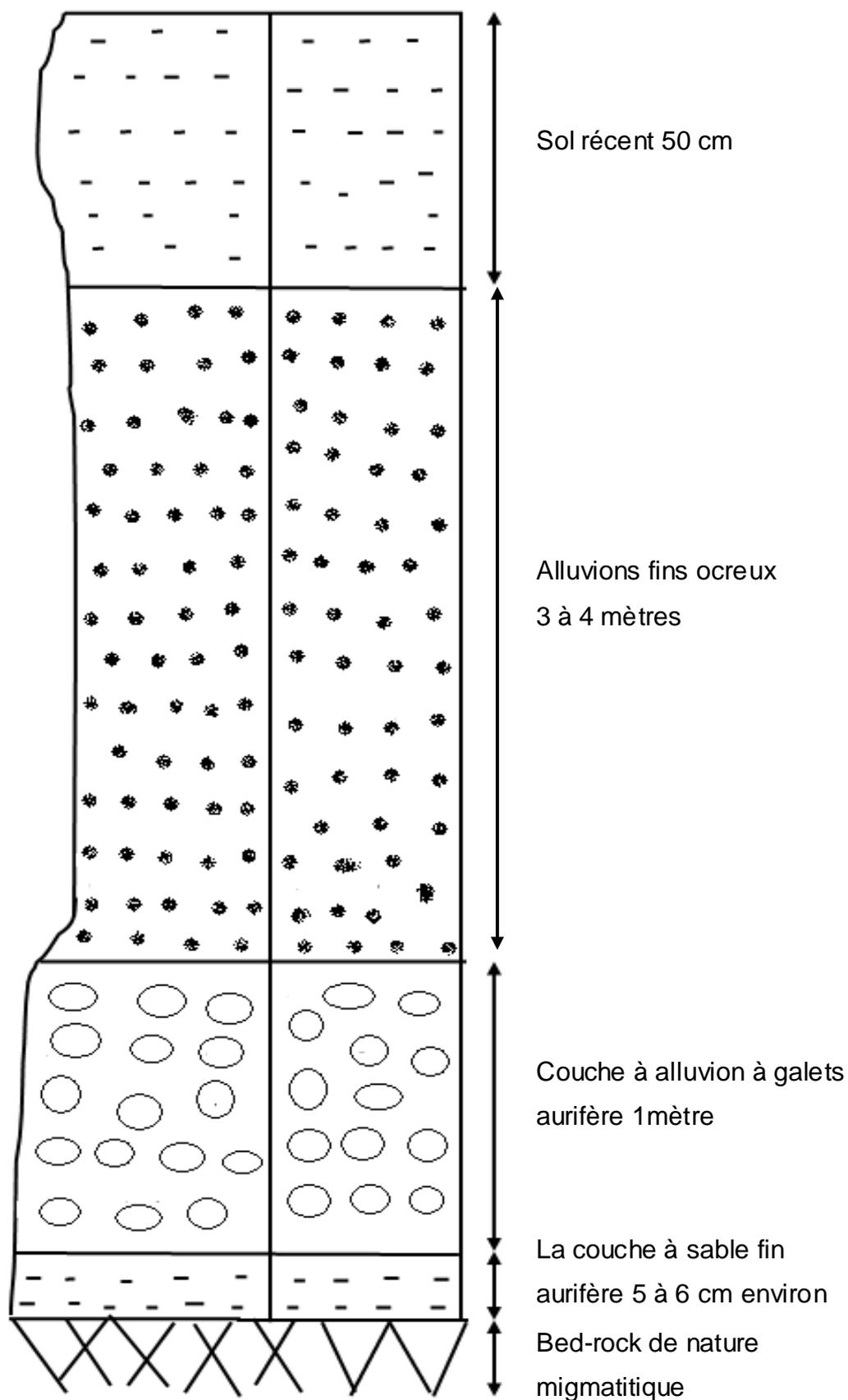


Figure 32 : Log de l'ensemble sédimentaire à Tangena

On peut subdiviser les puits de forage en deux séquences : la séquence à alluvions à galets aurifères et la séquence stérile.

VI.1.3.1 La séquence à alluvions aurifères :

C'est une séquence continue et qui se superpose au dessus de bed-rock. Elle est composée essentiellement par des galets de quartz et de quartzite. La dimension des galets varie en générale de 5 à 8 cm suivant les grandes axes, et suivant les petites axes de 2 à 4 cm (figure 33).

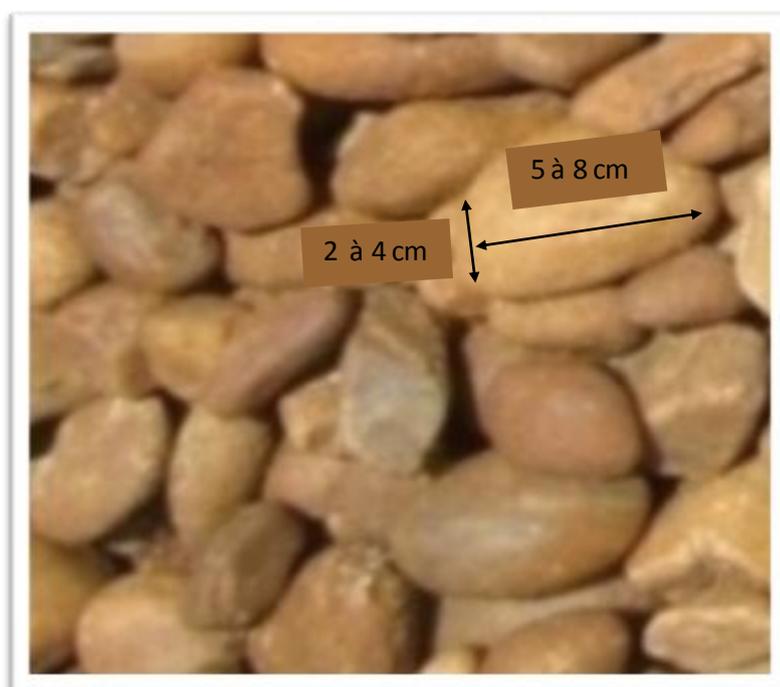


Figure 33 : Les galets de quartz

(Source : cliché par l'auteur, année 2014)

Ces galets sont majoritairement arrondis ou émoussés, légèrement aplatis. Parmi les échantillons prélevés, les galets de petites tailles sont moins importants. Les matrices des galets sont occupés par des alluvions. L'or et les minéraux détritiques accompagnateurs sont accumulés dans les interstices des galets.

La granulométrie est mal classée, c'est-à-dire qu'elle est encore mélangée des galets anguleux accompagné des galets de petite taille dans cette séquence.

Les minéraux constitutifs sont moins consolidés, et parfois gorgés d'eau comme celle de la figure ci-dessous (figure 34).

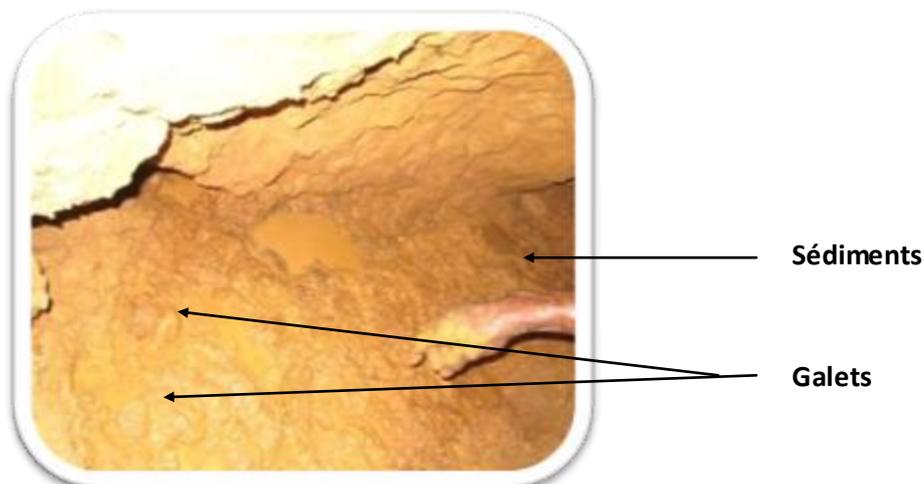


Figure 34 : Les alluvions aurifères

(Source : Cliché par l'auteur, année 2014)

Sous une loupe binoculaire ; l'analyse minéralogique des échantillons des minéraux détritiques accompagnateurs de l'or montre la présence des minéraux suivants : amphiboles, tourmalines, quartzites abondants, des oxydes tels que l'hématite , la pyrite ; et de la monazite (figure 35).

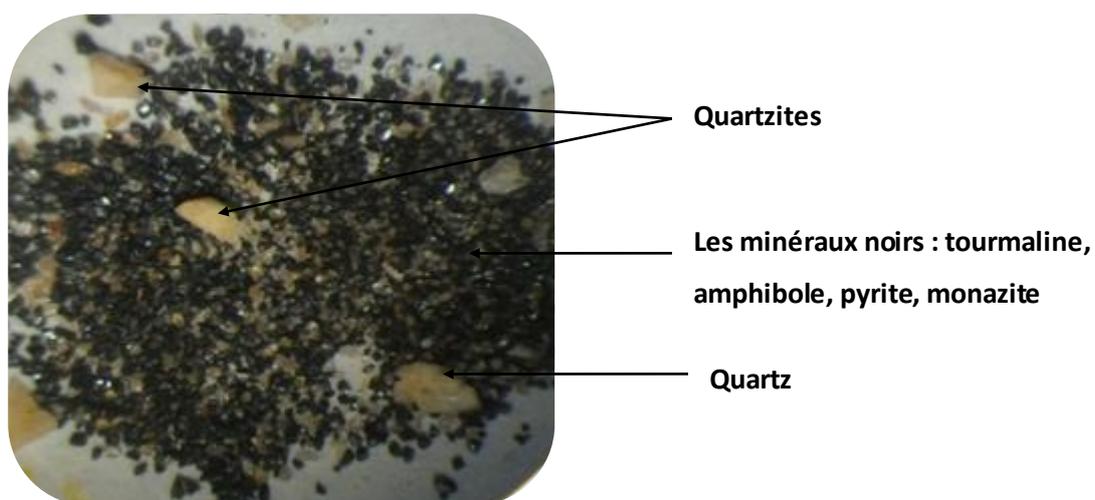


Figure 35 : Les minéraux constitutifs du concentré de la batée

(Source : Cliché sous loupe binoculaire, année 2014)

VI.1.3.2 Séquence stréile :

Elle comprend deux (02) parties :

- **Zone inférieure** : qui est de couleur jaune ocre, et est formée par des alluvions fines moins dures, environ 3 à 4 m d'épaisseur. La roche est de type argileuse avec des minéraux non altérés tels que les quartz et les débris de quartzite.

- **Zone supérieure** : qui est formée par des sols récents, et est constituée essentiellement par des boues laissés par les eaux fluviales.

Cette partie comporte la partie non utilisée par les orpailleurs, c'est-à-dire la partie enlevée au cours de la batée des alluvions à galets aurifères.

VI.2 Gisement d'Ankijana

Rappelons que la surface exploitée par les orpailleurs est surtout le bas fond de la vallée que les talus de la formation. Les prospections ont été réalisées dans les zones où se concentrent la plupart des orpailleurs c'est-à-dire dans le fond de la vallée.

VI.2.1 **Situation géologique**

Ce gisement se trouve sur la bordure de Sakay. Il se localise à l'Est par la latitude $046^{\circ}22'529''$, au Sud par la longitude : $019^{\circ}09'190''$. Il se place à 857,5 mètres au dessus du niveau de la mer. La roche-mère y est de nature migmatitique.

VI.2.2 **Description pétrographie et sédimentologie**

Par rapport au gisement que nous avons trouvé à Tangena, une couche à galets intermédiaire caractérise les horizons d'Ankijana. Les différentes couches constitutives de l'horizon à Ankijana se présentent du bas en haut, comme suit :

- A la base, on a le bed-rock de même nature qu'à Tangena c'est-à-dire de nature migmatitique.
- Au dessus duquel se trouve une couche à galets de quartz et de quartzite aurifère, de puissance variable : 80 cm à un(01) mètre d'épaisseur.

Cette séquence constitue la partie exploitée par les orpailleurs.

- Cette couche à alluvions à galets aurifères est surmontée par une couche stérile essentiellement argileuse de couleur ocre, d'épaisseur ayant de 1 m 50 à 2 m 20.
- Une deuxième couche à galets vient au dessus de cette couche alluvionnaire à galets qui est une couche stérile, de faible épaisseur environ 30 à 40 centimètres.
- Et enfin, une formation superficielle caractérisée par des sols latéritisés d'épaisseur variable : 1m 20 à 1m 40. Cette formation superficielle est parfois recouverte par de boues argileuses déposés par les eaux de pluie.

Ces puits de forage sont représentés par la figure 36 suivante.

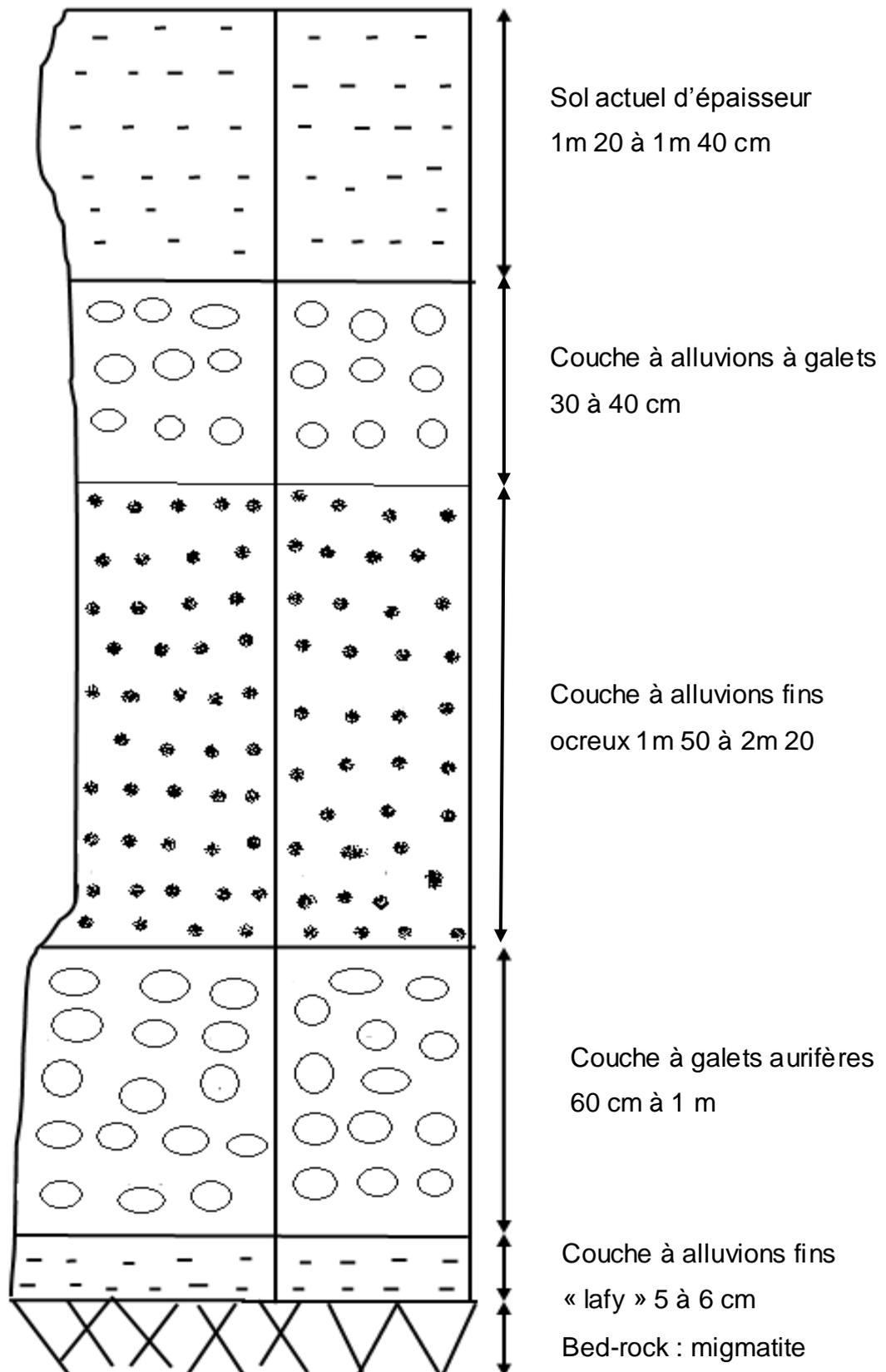


Figure 36 : Schéma de l'ensemble sédimentaire d'Ankijana

Comme l'étude de gisement de Tangena, on peut subdiviser pétrographiquement les puits de forage en deux séquences: la séquence à alluvions aurifère et la séquence stérile.

VI.2.2.1 La séquence à galet aurifère de base :

Elle est formée par des galets arrondis ou émoussés de quartz (figure 37) et de quartzite détritique (figure 38). A la base de cette séquence se trouve une mince couche argileuse parfois sableuse très riche en or. Selon les orpailleurs locaux, cette couche s'appelle "lafy". C'est la couche très recherchée par les orpailleurs. Au dessus de cette couche, il y a de couche à galets dont leurs interstices sont occupés par des sables alluvionnaires. Ces interstices constituent donc les meilleurs réservoirs d'or et les minéraux lourds. C'est une couche aurifère recherchée par les orpailleurs. Les grains de quartz sont de taille millimétrique. Suivant les grandes axes, les galets ont de dimension entre 4 à 14 cm et suivant les petites axes entre 2 à 12 cm.



Figure 37 : Les microgalets



Figure 38 : Les débris de quartzites

(Source : Cliché par l'auteur, année 2014)

VI.2.2.2 La séquence stérile

Elle comprend trois (03) parties :

➤ **Une zone inférieure**

De couleur ocre formée par des alluvions fines d'épaisseur variable : 1m 40 à 2m 20 environ. Elle est essentiellement de nature argileuse, avec de faible quantité de quartz et des débris des quartzites.

➤ **Une zone moyenne**

C' est une deuxième couche à galets non aurifère, et qui est enlevée par les orpailleurs avec le sol de recouvrement. Elle est formée surtout par des galets d'épaisseur variable : environ 20 à 30 cm. Les sables alluvionnaires et les débris de quartzites occupent les interstices entre les galets.

➤ **Zone supérieure**

Elle est formée par des sols récents et moins durs. C'est une couche mince de nature argileuse. Cette zone est très fertile en culture de manioc et de riz.

VI.3 Analyse et interprétation

Ces résultats descriptifs nous montrent que :

- Ces gisements se présentent en strate disposée horizontalement et d'épaisseur variable.
- Le nombre des couches constituantes est de 4 pour Tangena et 5 pour Ankijana.
- Pour les deux gisements, l'or se localise à environ 3,5m à 6m de profondeur (à Tangena) et entre 3m à 6m de profondeur (à Ankijana) dans la séquence du fond de puit au dessus du bed-rock de nature migmatitique.
- Cette couche aurifère est constituée par la couche basale alluvionnaire d'épaisseur 5 à 6 centimètres et la couche à galets supérieure d'épaisseur 60 cm à 1m.
- L'or et les minéraux lourds se concentrent dans la séquence à galets.

- L'analyse du concentré de la batée montre que l'or est toujours associé avec les minéraux lourds.
- Dans tous les gisements, il y a la présence des galets arrondis ou émoussés.
- La grosseur des galets observés à Ankijana (4cm à 14cm), (2cm à 12cm) est nettement supérieure aux galets qui sont trouvés à Tangena (5cm à 8cm), (2cm à 4cm).

La dimension des galets rencontrés à Ankijana est nettement supérieure que la dimension des galets à Tangena. Nous supposons un courant très puissant capable de transporter ces galets et ces matériels sédimentaires (galets de quartzite et de quartz, alluvions, les minéraux noirs) et le déposer en couche épaisse.

L'étendu de ces gisements pourraient expliquer par la force vive de ce courant capable de transporter, et déposer la masse énorme des matériels sédimentaires. La variation latérale de l'étendu du gisement serait expliquer par l'érosion dans la partie superficielle des gisements et par leur condition de mise en place. Les galets arrondis ou émoussés que l'on rencontre dans chaque gisement indiqueraient un transport fluvial.

En se basant sur ces critiques, on peut déduire que l'ancien lit de la rivière de Sakay se situait à Ankijana et Tangena. Maintenant, il est très réduite en donnant sa position actuelle. La concentration de l'or et les minéraux lourds à la base de la séquence à galets aurifères pourrait expliquer par différence de densité. Cette disposition des couches indiquerait un processus de vannage.

La présence des sédiments detritiques quartzieuses, la structure des éléments sédimentaires, ainsi que l'absence de silicification élimine l'intervention des fluides minéralisatrices et de déformation post-tectonique [21].

VI.4 Guide métallogénique

Pour le gisement d'or de Mahasolo, nous proposons un guide métallogénique suivant : la typologie des sédiments minéralisés en or de Mahasolo est caractérisée par des gisements stratifiés à sédiments récents.

L'or se concentre dans la séquence à galets de quartz et de quartzite ou dans la couche alluvionnaire. Il est accompagné par des minéraux lourds tels que l'amphibole, tourmaline, des oxydes (hematite et pyrite) et monazite.

Ces matériels sédimentaires proviennent de l'altération et dégradation des roches mères de gisement.

De ce fait, ce sont des gisements d'or résultant de l'altération météorique des gisements primaires dont la reconcentration de l'or s'effectue par les eaux de surface donc l'hypothèse est vérifiée.

Ces grains seront transportés par les eaux de surface et collectés par les ruisseaux puis transporter par le cours d'eau. Les galets de quartz et de quartzites vont se déposer à constituer la base des sédiments et sont recouverts par des particules des alluvions, des minéraux lourds et l'or. La présence des lacunes entre les galets favorise la pénétration des sables dans cette séquence. Grâce à leur densité élevée, l'or et les minéraux lourds vont se déposer à la base de cette séquence « lafy ».

VI.5 Morphoscopie des grains d'or

L'objectif de cette étude morphoscopique est de déterminer la distance parcourue de l'or en étudiant sa forme. L'or dans la commune de Mahasolo se présente sous forme de poudre fine difficile à observer à l'œil nu (figure 39). Cependant, l'examen morphoscopique s'effectue sous une loupe binoculaire. Nous avons observé au total 24 grains d'or (prélevé à la hauteur de Tangena). L'objectif de la loupe est fixé de 4X10.

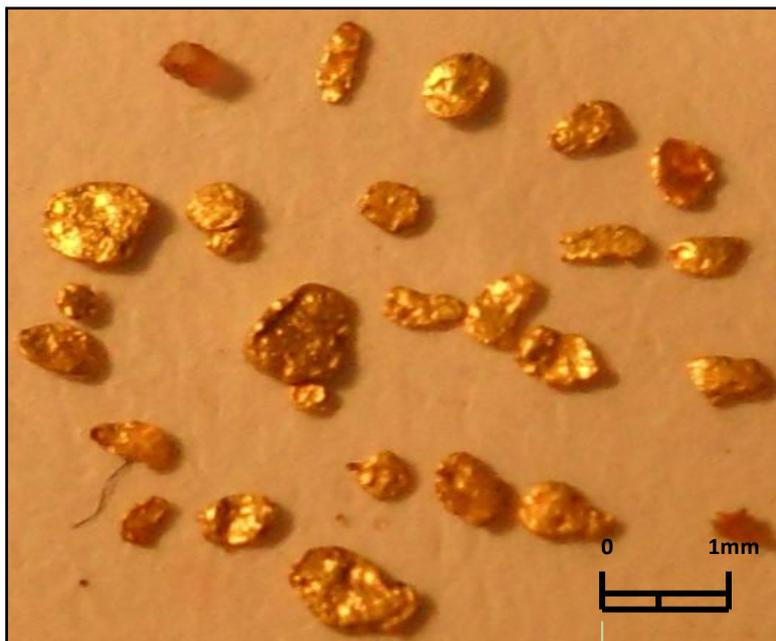


Figure 39 : La morphoscopie des grains d'or (objectifs 4×10)

(Source : Cliché par l'auteur année 2014)

Le tableau IV suivant résume les résultats de l'examen morphoscopique des grains d'or observés sous loupe binoculaire en se basant sur différents critères tels que : la couleur, l'opacité, l'éclat et la forme.

Tableau IV : La morphoscopie des grains d'or observée sous loupe binoculaire

Couleur	L'opacité	Eclat	Forme	Dimension
Jaune d'or	Opaque	métallique	Grains aplatis, émoussés et recourbés	0,2 à 1 mm

Concernant la morphoscopie des grains d'or, nous allons interpréter les grains d'or à l'aide de l'étude effectuée par Fornani M. (O.R.S.T.O.M) et Herail G. (O.R.S.T.O.M) [12].

Ces travaux se réfèrent sur l'évolution morphologique et chimique des grains d'or au cours de la formation d'un Placer fluviatile Polygénique.

D'après ces travaux, nous avons quatre (04) cas :

1^{er} cas : Grains Xénomorphe

- L'or a subi un très faible transport ;

2^e cas : Grains légèrement aplatis et émoussés

- L'or a subi un transport inférieur à 10 km ;

3^e cas : Grains aplatis, émoussés et recourbés

- L'or a subi un transport de 10 à 70 km ;

4^e cas : Grains en Sandwich

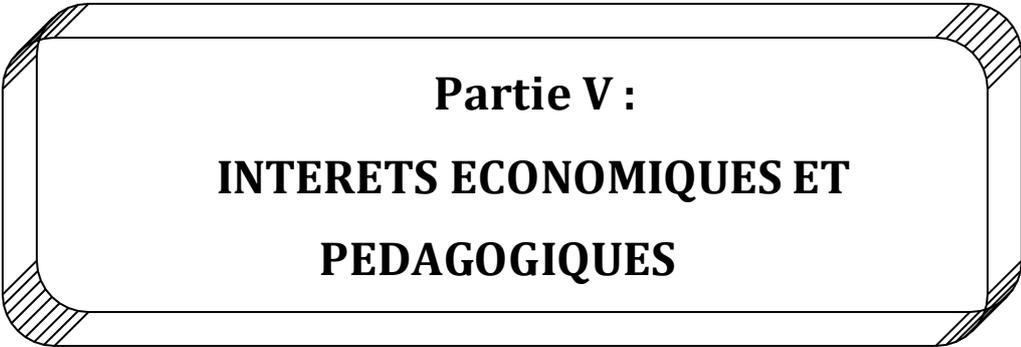
- L'or a subi un transport de 70 à 80 km.

De ceci, quant à la distance parcouru de l'or, nous pouvons envisager que l'or serait transporter de distance 10 à 70 km. Nous ne pouvons pas faire une étude fiable quant à l'origine primaire de l'or.

NB : En parallèle de l'évolution de la morphoscopie des grains d'or, les auteurs mentions dans ces travaux que l'étude de l'indice d'aplatissement (FI) est aussi en fonction de la distance parcourue de l'or.

L'or dans la région étudiée est donc résultant de transport fluviatile au cours de l'ancien temps. L'or et les minéraux lourds s'accumulent dans les couches à galets par de densité différente. Ils sont cachés dans des énormes matériels sédimentaires « le sédiment ». L'aspect moins d'ur du sédiment permet de qualifier comme gisement récent.

De ce fait, l'origine de l'or est due probablement au processus de l'altération des roches aurifères, puis transportés dans la zone d'accumulation des sédiments.



Partie V :
INTERETS ECONOMIQUES ET
PEDAGOGIQUES

Chapitre VII : INTERETS REGIONAUX

La présence de ces gisements dans la région présente un certain nombre d'avantage et réanime l'espoir de développement pour cette région et pour le pays.

VII.1 Création d'emploi

L'exploitation de l'or a besoin un certain nombre de gens. On enregistre environ 300 personnes pour s'occuper un gisement. En effet, le nombre de chaumages est réduit. Lors de notre descente sur terrain, on a pu constater la sérénité et l'enthousiasme des villageois pour l'exploitation de l'or.

VII.2 Création d'infrastructure

Dans le cas où l'exploitation deviendrait industriel, on pourrait penser à l'amélioration de l'infrastructure local (pont, route, école...).

Dans ce cas, l'exploitation engendrait l'installation des infrastructures car pour avoir une bonne exploitation, il est nécessaire de posséder un réseau routier goudronné pour qu'on puisse de déplacer même pendant toute la saison de pluie.

VII.3 Source d'argent

Les villageois doivent être les premiers bénéficiers de l'exploitation de l'or. Le prix de vente d'une centigramme d'or est 700 Ar, prix local ; un groupe de famille peuvent arriver à 50.000 Ar par jours (Source : recensement auprès des collecteurs locaux). Nous savons pour cela que si les parents ont de l'argent, ils peuvent envoyer leurs enfants à l'école.

L'exploitation nécessite toujours une bonne éducation de citoyenne tout en parlant la protection de l'environnement tout autour des gisements, et l'école parmi les meilleures façons de transmettre une bonne éducation bien portant à la cytonneté.

Chapitre VIII : INTERETS PEDAGOGIQUES

Dans le cadre de l'éducation, surtout sur l'enseignement de la géologie. Ce travail est très utile en cours de la géologie ou autrement Science de la Terre. Lors de notre stage de responsabilité, nous avons l'occasion de partager nos acquis aux élèves et nous avons convaincu que les élèves sont plus intéressés aux cours lorsqu'on utilisait des matériels concrètes : Planches murales, Kraft, Echantillons. Ce travail comporte une aide matériel pour la concrétisation de l'enseignement sur les volets suivants : minéralogie, pétrographie, stratigraphie, et les Principaux minerais Malgache.

VIII.1 Classe de Seconde

VIII.1.1 Chapitre Minéralogie

Ce travail est utile en cours de minéralogie. Ce chapitre a une durée de 2 semaines de 4 heures et les élèves doivent être capables d'énumérer les propriétés des minéraux pour pouvoir les identifier dans les roches. On peut utiliser ce travail pour concrétiser le cours concernant ce chapitre, les enseignants peuvent l'utiliser pour faire passer pour illustrer les propriétés d'un minéral en prenant comme exemple l'or : couleur, forme, éclat, dureté, densité, actions aux acides.

Les bons élèves sont capables de citer les propriétés des minéraux après le passage des planches murales puis les identifier dans une roche et l'appliquer dans les roches qu'ils voient tout autour de leurs villages, au cours de son excursion.

Ce travail comporte aussi une collection des échantillons avec rapport d'observation sur terrain, on peut utiliser pour faire inventorier pour les élèves enfin de distinguer une roche et un minéral.

VIII.1.2 Chapitre Pétrographie

Ce travail fournit des exemples de roches à Madagascar avec photographie utilisé en cours de la classe Seconde.

Ce travail contient des échantillons récoltées pour illustrer le cours de Pétrographie et permet aux élèves de voir : la structure, la texture, la composition minéralogique d'une roche.

Ce travail est utile aussi en pétrographie de roche sédimentaire. Les caractéristiques des galets, des alluvions, ainsi d'autres roches sédimentaires permet d'illustrer la leçon concernant les roches sédimentaires.

Ce chapitre devrait faire dans 5 semaines de 4 heures. Enfin du chapitre, les élèves doivent être capables d'expliquer les origines, les caractéristiques et l'utilisation des différents types de roches.

VIII.1.3 Chapitre les Principaux minerais malgache

Comme on dit dans le chapitre, ce travail est essentiellement important pour illustrer et concrétiser que Madagascar possède des richesses innombrables, en particulier l'or. Sur le cadre pédagogique, les enseignants de la S.V.T peut l'utiliser pour illustrer aux élèves les objectifs suivants fixés par le curriculum :

- Forme et propriété
- Origine
- Extraction et traitement
- Utilisation
- Importance économique
- Répartition à Madagascar

VIII.2 Classe de Première

VIII.2.1 Chapitre Stratigraphie

Ce chapitre a une durée de 2 semaines de 3 heures. Les objectifs généraux dans ce chapitre sont fixés comme suit : Les élèves doivent être capables de retracer l'histoire géologique d'une région en étudiant les strates représentatives de cette région.

Dans ce cas, ce travail a fourni un apport pédagogique permet aux enseignants de concrétiser sur affleurement qu'une strate enfin d'expliquer l'histoire de cette région, en prenant comme exemple les gisements d'or dans la commune rurale de Mahasolo.

On conclure que, ce travail a été plusieurs intérêts, en particulier l'intérêt pédagogique sur les thèmes suivants : Minéralogie, Pétrographie, et la Stratigraphie.

Ainsi nous proposerions dans l'annexe II, les fiches pédagogiques sur ces chapitres.

CONCLUSION GENERALE

Au fil de temps, l'or est un métal très recherché par ses propriétés physico-chimiques. Il se trouve dans des gisements primaires et secondaires. A Madagascar, il est concentré dans plusieurs régions mais le plus intéressant est le cas d'Andavakoera au Nord de l'île. Les gisements d'or dans la zone d'étude dispose un type alluvionnaire récent. Cette zone se trouve dans la commune rurale de Mahasolo, dans le district de Tsiroanomandidy, région de Bongolava et province d'Antananarivo. Les formations géologiques de la région sont constituées par des roches métamorphiques dominées par les migmatites (migmatites gneissiques, migmatites granitoïdes, granites migmatitiques), les roches magmatiques (diorites, gabbro, granites, microgranites, pegmatites et filons de quartz) et les roches superficielles (cuirasses, alluvions fluviales, et latérites) où se localisent les gites aurifères.

Comme toute recherche, nous avons commencé notre travail par la recherche bibliographique concernant les livres, les documents concernant les travaux antérieurs et surtout les informations générales sur le concept de ce thème. Cette étude est suivie de la recherche sur terrain puis l'analyse des échantillons au laboratoire et se termine par la rédaction proprement dite. Les gisements d'or de Mahasolo sont caractérisés par des gisements aurifères de types alluvionnaires. La commune présente plusieurs gisements mais notre étude se consacre sur les deux gisements d'Ankijana et Tangena qui sont considérés comme gisement type et représentatif de la région. L'étude des puits de prospection nous a montré des différentes séquences lithostratigraphique qui se divisent en deux : la séquence alluvionnaire à galets aurifère de base et la séquence stérile supérieure. Les observations de similarités des couches porteuses sur différentes puits de prospections ont permis de confirmer que ce sont des types de gisements secondaires. L'absence de silicification et la structure jointive des éléments sédimentaires confirment l'absence d'intervention des fluides minéralisateurs.

Une exploitation de ces gisements engendrait des intérêts pour la population locale, par la création d'emplois et infrastructures de développement. Par le biais de taxes et impôts prélevés en session d'exploitation, l'Etat bénéficie en premier pour le développement.

Ce travail est un manuel intéressant sur le cadre de l'éducation. Il offre aux enseignants de Lycées un renforcement de documentation utile aux chapitres suivants : minéralogie, principaux minerais malgaches, pétrographie, et la stratigraphie.

Ce travail permet de confirmer les hypothèses que nous avons avancées : ce sont des gîtes secondaires, résultants de l'altération météorique des gisements primaires. Ces gîtes primaires de l'or doivent être encore l'objet d'une longue étude et reste souhaitable. Nous n'en somme resté sur le point de description. Cela nécessite une future étude plus précise sur l'estimation des réserves et les qualités d'or sur tout l'ensemble des gisements. Une extension de recherche sur l'ensemble de chaque gisements est également à souhaitable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AUBERT G.** ; et al ; 1978 ; précis de minéralogie ; 631/7004 CITE.
2. **ANDRIHARIZAFY R.** ; 2008 ; études des zones favorables en minéralisation aurifère et émeraude dans la commune rurale d'Androrangavola, district d'Ifanadina, région de Vatovavy Fitovinany ; mémoire du fin d'étude pour l'obtention du diplôme Maitrise des Sciences et Techniques en Géophysiques appliqués ; Faculté des Sciences ; U.A ; 46p.
3. **ANONYME** ; LAROUSSE ILLUSTRÉ ; 1995 ; Paris ; 1784p.
4. **ANONYME** ; 1995 ; Le petit Larousse illustré ; Paris : 1784p.
5. **BESAIRIE H.** ; 1930 ; Recherche géologique à Madagascar à l'étude des ressources minérales ; Paris ; fascicule ; n°11.
6. **BESAIRIE H.** ; 1961 ; Les ressources minérales de Madagascar ; annales géologiques de Madagascar ; fascicule n°XXX.
7. **BESAIRIE H.** ; 1973 ; précis de la géologie Malgache ; annales géologiques de Madagascar ; fascicule n°XXXVI ; Tananarive ; premier volume ; p265-289.
8. **BESAIRE H.** ; 1966 ; Les gites minéraux de Madagascar ; Imprimerie Nationale
9. **COLLONGUES R., HACKSPILL L., HAGENMULLER P., HEROLD A., ISABEY J., PAUL P., PEREY M.** ; 1957 ; Nouveau Traité de la Chimie Minérale ; Tome III ; Paris ; Librairie de l'Académie de Médecine ; p647-733.
10. **DESIRE C.** et **TAVERNIER R.** ; 1984 ; Biologie/ Géologie ; 3^{ième} Nouveaux programme ; Bordas ; Paris ; 191 pages.
11. **FRANCOIS P.** ; 2004 ; L'or ; p22.
12. **FORNANI F., HERAIL G.** ; 1990 ; L'évolution morphologique et chimique des grains d'or au cours de la formation d'un placer fluvial polygénique ; Institut de Géodynamique et Limnologie ; Bolivie ; n°300.
13. **FOUCAULT A., RAOULT J.F.** ; 2005 ; Dictionnaire de la géologie (6ième édition).
14. **HOTTIN G.** ; Etude géologique au 1/100000 et prospection de la feuille Mahasolo ; p64-69
15. **LACROIX A.** ; 1921-1923 ; Minéralisation de Madagascar ; Paris.

16. **LAPLAINE L.** ; 1950 ; Etude géologique des feuilles de Tsiroanomandidy-Soavinandriana au 1/200 000 ; T.B.G n° 20 ; Tananarive.
17. **LIZEAUX C.** ; Sciences de la vie et de la terre ; Bordas.
18. **POMEROL C.** ; **REWARD M.** ; 1989 ; Elément de la géologie ; 9^{ème} Edition.
19. **RABEMAROLAHY J. E. M.** ; 2014 ; rapport de terrain sur les gisements d'or de Mahasolo.
20. **RABENIMANANA C., N.** ; 2010 ; Contribution à l'étude de l'exploitation du gisement de quartz Rose de Tindoha dans le District de Tsiroanomandidy Région de Bongolava ; mémoire du fin d'étude pour l'obtention du diplôme Ingénierie ; ESPA ; UA.
21. **RAJAOHERINIRINA M.** ; 1992 ; Contribution de la Métallogénie de l'or de Fandriana ; 31p.
22. **RAKOTONIARY I.** ; 2014 ; Elaboration d'une base de données du musée national géologique d'Ampandrianomby ; mémoire du fin d'étude pour l'obtention du diplôme de certificat d'aptitude pédagogique de l'Ecole Normale.
23. **RANDRIANANDRASANA, F. ; H.** ; 2008 ; mémoire en vue d'obtention du diplôme d'Ingénierie en Hydraulique
24. **RANIVOARISON T.** ; 2005 ; Contribution à l'amélioration de l'exploitation aurifère en lit vif : Réalisation d'une drague suceuse ; E.S.P.A ; U.A ; 107p.
25. **RAZAFIMAHATRATRA D.** ; 2009 ; Cours de la géologie générale ; SN1-ENS.
26. **RAZAFIMAHATRATRA D.** ; 2009 ; Cours de la minéralogie SN1-ENS
27. **RAZAFINDRAMAKA N.** ; 2009 ; Monographie des gisements aurifères de Madagascar ; mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'étude approfondies ; ESPA ; UA ; 122p.
28. **SHEN R. K. T.**, et al ; 1941 ; Transmutation of mercury by fast neutrons ; physics revue ; vol 60 ; n°7 ; p 473 – 474.
29. **TAVERNIER R.** ; et **LIZEAUX R.** ; 1993 ; 1^{ère} S ; Sciences de la Vie et de la Terre ; Paris ; 400p.

SITES INTERNET

30. Congoaffaire.com
31. [http://olivier pingot.fr](http://olivierpingot.fr)
32. Orpilleur. Free
33. [wiki/or# nouveau monde](http://wiki.or#nouveau_monde)
34. wikipedia.org
35. [www.monographie de la région de Bongolava 2006](http://www.monographie.de/la_r%C3%A9gion_de_Bongolava_2006)
36. www.infoconcasseur.fr
37. www.web.libre.org



LISTES DES ANNEXES

ANNEXES I : LES ECHANTILLONS OBSERVEES ET LES MATERIELS UTILISES

Les grains d'or sont mesurés à l'aide d'une règle graduée placée sous les objectifs de la loupe binoculaire.

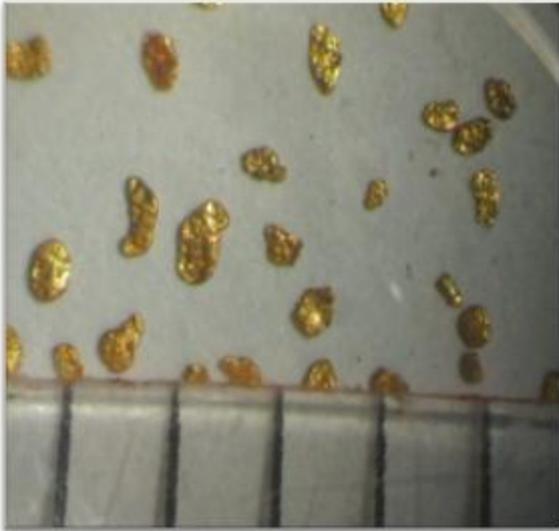


Figure 1 : Quelques échantillons d'or mesuré



Figure 2 : Observation à la loupe binoculaire

Le puit de récupération des sédiments minéralisés et le matériel de lavage (batée).



Figure 3 : Le puit de récupération



Figure 4 : La batée

ANNEXE II : FICHES PEDAGOGIQUES

CLASSE : SECONDE

Discipline : S.V.T-GEOLOGIE

Chapitre : Minéralogie

Durée : 2 semaines de 4 heures

Objectif général : L'élève doit être capable d'énumérer les propriétés des minéraux pour pouvoir les identifier dans les roches.

Problématique : L'élève ne distingue pas les minéraux dans une roche.

Prérequis :

- Rappel sur la composition interne de la terre et les principaux minéraux déjà décrites durant la classe antérieure.
- Rappel sur les quelques types des roches à Madagascar : le granite, basalte, gabbros.

Bibliographie :

- **Collection TAVERNIER** ; 1982 ; Biologie/ Géologie 1982 ; 1^{ère} S.
- **POMEROL C., RENARD M.** ; 1989 ; Eléments de la Géologie (9^{ième} édition).
- **FOUCAULT, A., RAOULT J.F.** ; 2005 ; Dictionnaire de la géologie (6ième édition).
- **RAZAFIMAHATRATRA D.** ; 2009 ; Cours de la géologie générale ; SN1-ENS.
- **RABEMAROLAHY J. E. M.** ; 2013 ; rapport de terrain sur les gisements d'or de Mahasolo.

Tableau I : Fiche pédagogique de minéralogie (suite).

Timing	Objectifs spécifiques	Contenus	Stratégie	Supports	Evaluations
20 mn	L'élève doit être capable de (de) : . Différencier un minéral d'une roche par une observation générale.	<u>Situation du domaine de la minéralogie</u> : Rappel sur les différents types de roches vues en classe de 3 ^{ième} et vue d'ensemble sur les roches et les minéraux. Définition d'un minéral : substance non organique présentant une structure interne caractéristique et à composition chimique uniforme	Brainstorming puis l'enseignant extrait des minéraux d'un échantillon roche et démontre aux élèves que les minéraux sont des substances qui constituent les roches observées dans la vie quotidienne et que les minéraux ont une composition chimique uniforme en commentant un document de recherche.	Echantillon de migmatite et gneiss localisé dans la région étudiée.	Questions de Prérequis pour vérifier les acquis des élèves concernant les minéraux.
15 mn			A partir des considérations vues précédemment, les élèves vont déduire la définition d'un minéral.		Question à choix multiple

Tableau II : Fiche pédagogique de minéralogie (suite).

25 mn	. Définir le mot « minéralogie » .Différencier un cristal d'un minéral amorphe.	Définition du mot minéralogie Cristal : solide à forme géométrique bien définie.	Partir de l'étymologie du nom minéralogie et déduction par les élèves. L'enseignant montre deux minéraux et les élèves indiquent.	Un échantillon De quartz et de graphite. Verre, quartz, graphite.	Etablir un tableau à double entrées contenant d'une part les différentes substances minérales et d'autre part les propriétés et faire compléter par les élèves.
20 mn	. Découvrir expérimentalement les différentes propriétés d'un minéral.	Propriété des minéraux : forme, couleur, éclat, dureté, transparence, cassure, clivage, densité, action des acides.	Ecrire les différentes propriétés sur un tableau et expliquer, ensuite illustrer à l'aide d'échantillons les caractéristiques : forme, couleur, éclat, transparence, cassure, clivage, densité, action des acides. Faire tester la dureté des échantillons de minéraux à l'aide de l'ongle, de l'acier ou d'un morceau de verre.		Compléter le tableau.
20 mn	Catégoriser chimiquement les minéraux	Classification chimique des minéraux			

Tableau III : Fiche pédagogique de minéralogie (fin).

30 mn	. Placer les principaux minéraux malgaches sur une carte de Madagascar	Carte de Madagascar avec quelques minéraux	L'enseignant explique qu'à partir les différents minéraux cités auparavant, il existe d'autres minéraux avec d'autres formules chimiques que l'on peut subdiviser en deux groupes. Commenter et reproduire une carte de Madagascar avec quelques minéraux typiques.	Carte des minéraux de Madagascar	Apparier des images de minéraux avec la carte de minéraux de Madagascar.
-------	--	--	--	----------------------------------	--

Discipline : S.V.T-GEOLOGIE

Chapitre : Les principaux minerais malagasy.

Durée : 2 semaines de 4 heures

Objectif général : L'élève doit être capable de reconnaître les minéraux comme étant des richesses qui jouent un rôle important dans l'économie malagasy.

Problématique : L'élève ne connaît pas l'importance de la richesse existante de l'île.

Prérequis :

- Rappel sur la définition du mot minéral.
- Les classifications chimiques des minéraux.

Bibliographie :

- **Collection TAVERNIER** ; 1982 ; Biologie/ Géologie 1982 ; 1^{ère} S.
- **POMEROL C., RENARD M.** ; 1989 ; Eléments de la Géologie (9^{ième} édition).
- **FOUCAULT A., RAOULT J.F.** ; 2005 ; Dictionnaire de la géologie (6ième édition).
- **RAZAFIMAHATRATRA D.** ; 2009 ; Cours de la géologie générale ; SN1-ENS.
- **RABEMAROLAHY J. E. M.** ; 2013 ; rapport de terrain sur les gisements d'or de Mahasolo.

Tableau IV : Fiche pédagogique des principaux minerais malagasy.

Timing	Objectifs spécifiques	Contenus	Stratégie	Supports	Evaluations
10 mn		Rappel sur la classification chimique des minerais	Faire remarquer aux élèves les différents éléments qui forment les formules chimiques des minéraux et soulever l'importance industrielle d'un élément en présentant des objets formes de l'élément en prenant comme exemple l'or de symbole Au), enfin d'arriver à la définition du minerai.	Pile, acier, peinture	Question de rappel
05 mn	L'élève doit être capable de (d') : . Donner une définition simple du mot « minerai »	Un minerai est une substance renfermant un ou plusieurs éléments utiles à l'importance économique	Parler des objets courants dans la vie quotidienne des élèves fabriquer en or et préciser son importance tant dans multiples secteurs.		Utiliser une forme de question relié par une flèche les minerais et le(s) élément utile correspondant.
15 mn	. Expliquer l'importance du minerai étudié	L'or est un minerai qui joue un grand rôle dans la vie quotidienne car il entre dans la fabrication d'objet utile, Anneaux, téléphone.	Interroger les élèves sur les différentes propriétés de l'or étudiés auparavant.		
10 mn	Caractériser le minerai ;	Propriétés physico-chimiques de l'or		Consulter la première partie du mémoire.	Question à choix multiple sur les propriétés physico-chimiques de l'or.

Tableau V : Fiche pédagogique des principaux minerais malagasy (suite).

20 mn	. Expliquer la formation du minerais.	La plupart des gisements aurifères est d'origine hydrothermale (filons, veines). L'altération de ces gisements entraîne la formation des gisements secondaires.	Expliquer aux élèves l'origine de source hydrothermale.	Consulter la première partie concernant la métallogénie de l'or.	
10 mn	. Connaître les méthodes d'extraction et de traitement.	Méthode d'extraction et traitement : Extraction, traitement, cyanuration, amalgamation, purification, raffinage,	Interroger les élèves concernant la nature des gisements et les genres d'exploitation adéquate à chaque gisement.	Consulter la première partie du mémoire	Questions à choix multiple.
10 mn	. Connaître l'utilisation du minerais.	Utilisations : Bijoutier, monnaie, médecine, électronique.	Après avoir fait réciter par les élèves les différentes propriétés de l'or, parler de l'utilisation dans les divers secteurs. Utiliser des documents y afférents.		

Tableau VI : Fiche pédagogique des principaux minerais malagasy (fin).

10 mn	Se rendre compte de l'importance économique de minerai	Importance économique de l'or : production mondiale, intérêt économique.	Analyse et commenter des documents sur la production mondiale de l'or.	Contexte économique (première partie).	
10 mn	. localiser sur une carte de Madagascar les principaux gisements d'or.		Montrer aux élèves une carte et analyser.	Fig...	Compléter la figure (carte de Madagascar)
20 mn	Comparer les importances des minerais étudiés	Les gisements d'or à Madagascar. Etude synthétique de deux autres minerais.	Etablir un tableau de synthèse montrant la comparaison de deux minerais du point de vue : quantité de production, bénéfices sur les ventes et gisement.	Document montrant les gisements, production et vente d'un autre minerai.	Refaire le tableau de synthèse.

Source : établie par l'auteur

ANNEXE III : STATISTIQUES DE LA PRODUCTION D'OR DE MADAGASCAR ENTRE 1897-1978

Statistique de production d'or de Madagascar à partir de 1897 (Source BESAIRIE H. ; 1966)

Année	Production (kg)	Année	Production (kg)
1897	79,1	1938	428,2
1898	124,6	1939	348,9
1899	386,6	1940	360,2
1900	1.114,5	1941	341,9
1901	1.045,0	1942	276,4
1902	1.295,1	1943	285,6
1903	1.910,7	1944	291,8
1904	2.460,0	1945	200,0
1905	2.370,0	1946	121,1
1906	2.238,0	1947	47,2
1907	2.940,0	1948	65,1
1908	3.149,3	1949	51,7
1909	3.696,8	1950	60,1
1910	3.234,9	1951	60,6
1911	2.850,0	1952	55,5
1912	2.119,5	1953	51,5
1913	2.058,8	1954	42,7
1914	1.782,5	1955	33,4
1915	2.078,4	1956	28,1
1916	1.515,3	1957	26,8
1917	1.107,7	1958	24,8
1918	844,2	1959	13,5
1919	561,0	1960	8,5
1920	518,7	1961	10,8
1921	456,2	1962	10,1
1922	577,6	1963	28,1
1923	502,8	1964	13,74
1924	349,2	1965	18,62
1925	419,7	1966	26,2
1926	306 ,6	1967	23,49
1927	210,3	1968	16,89
1928	195,1	1969	20,14
1929	187,1	1970	16,57
1930	224,8	1971	12,85
1931	266,4	1972	5,81
1932	352,6	1973	2,67
1933	449,7	1974	2,42
1934	496,9	1975	4,92
1935	480,8	1976	1,54
1936	469,9	1977	2,36

ANNEXE IV : PRODUCTION D'OR DANS LE MONDE

Sur le plan mondial, la Chine, les Etats-Unis, l'Australie, l'Afrique du Sud et la Russie (coloré en bleu) sont parmi les grands pays producteurs d'or mondial. Selon les Chiffres en 2011, de l'U.S. Géological Survey, la Chine est au premier rang avec 345t de production, vient ensuite l'Afrique du Sud 190t, puis après les Etats-Unis (230t), l'Australie (230t), et de la Russie (190t). La production totale était environs de 2500t. La plus grande partie de la production provient du reste de monde (20%).

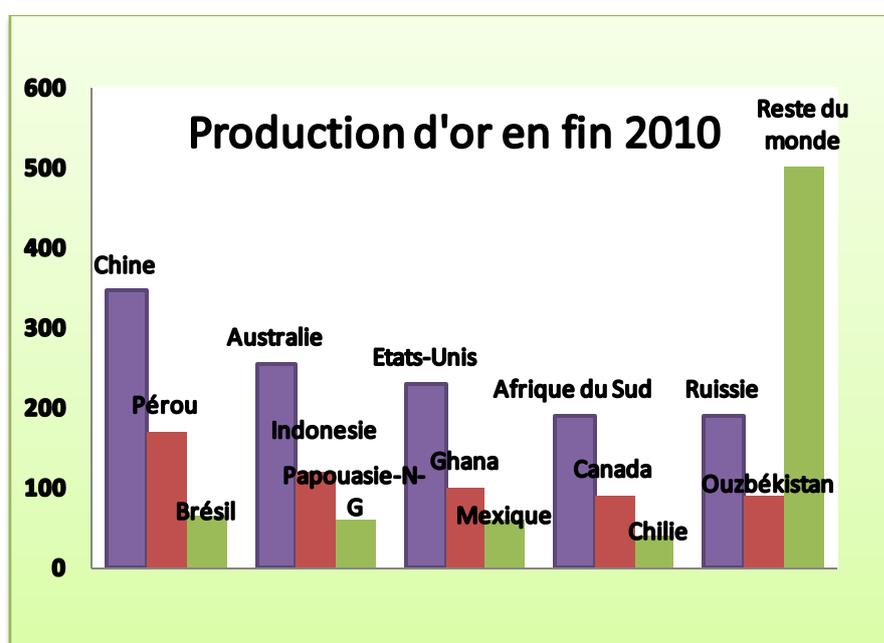


Figure 5 : Les grands pays producteurs d'or en fin 2010

Auteur : **RABEMAROLAHY**

Prénom : **Jean Emile**

Téléphone : **033 21 987 62**

Directeur de mémoire : **Mr RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné**



TÝPOLOGIE DES SEDIMENTS MINERALISES EN OR DANS LA COMMUNE RURALE DE MAHASOLO

Nombre de pages : 75

Nombre de figures : 39

Nombre de tableaux : 4

Nombre des annexes : 4

RESUME,

Madagascar présente plusieurs types de gisements aurifères. Cette étude représente la typologie des gisements alluvionnaires récents au centre de l'île. Ces gisements se localisent dans la formation géologique de Mahasolo dans le domaine d'Antananarivo, au groupe d'Ambatolampy, et à la série d'Antananarivo. Ils sont formés à partir de l'altération météorique de roches mères cristallophylliennes et magmatiques. L'étude lithostratigraphique de deux gisements d'Ankijana et Tangena nous montre que l'or se localise dans une couche à galets aurifères d'épaisseur variable (60 cm à 1 mètres) et de profondeur 3,5 à 6 mètres. Morphoscopiquement, l'or se présente sous forme de grain aplatis, émoussés et recourbés. Ce sont des grains transportés par des eaux probablement à partir de la roche mère.

Ce travail est également une source de documentation pour les enseignants de Lycée sur les cadres de l'enseignement des cours suivants : la minéralogie, la pétrographie, minerais Malagasy, et stratigraphie en classe de Première.

Mots clés : Or, métal, galets, gisement, sédiment, Mahasolo, Bongolava