


No. 23

**RECHERCHE MINIERE DANS LA ZONE DE
KEKORO-BAOULE-BANIFING,
REPUBLIQUE DU MALI**

RAPPORT PREMIER

MARS 1998

LIBRARY

J 1145191 (1)

L'AGENCE JAPONAISE POUR LA COOPERATION INTERNATIONALE
L'AGENCE JAPONAISE MINIERE DES METAUX

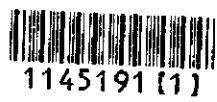
M.P.N.
CR(2)
98-073

**RECHERCHE MINIERE DANS LA ZONE DE
KEKORO-BAOULE-BANIFING,
REPUBLIQUE DU MALI

RAPPORT PREMIER**

MARS 1998

**L'AGENCE JAPONAISE POUR LA COOPERATION INTERNATIONALE
L'AGENCE JAPONAISE MINIERE DES METAUX**



1145191 (1)

Avant-propos

Suite à la demande de la République du Mali, le Gouvernement du Japon a confié à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (J.I.C.A.) l'exécution d'une étude par le biais d'étude géologique, d'étude géochimique et d'autres, concernée à la Recherche minière dans la région de Kékoro et de Baoulé-Banifing, située au sud-ouest du pays.

La JICA a à son tour confié ces études appartenant aux domaines spécialisés de la géologie et de l'exploration minière à l'Agence Japonaise Minière des Métaux(M.M.A.J.)

Pour la première année d'étude réalisée au cours de l'année fiscale 1997 du Japon, la MMAJ a mené une mission d'étude, constituée par 6 experts japonais au Mali du 19 janvier 1998 au 19 mars 1998.

La mission a achevé toutes les études prévues au Mali dans les délais, grâce à la coopération des autorités maliennes, de la Direction Nationale de la Géologie et des Mines (DNGM).

Le présent rapport rassemble les résultats de la première année d'étude et fait partie du Rapport définitif.

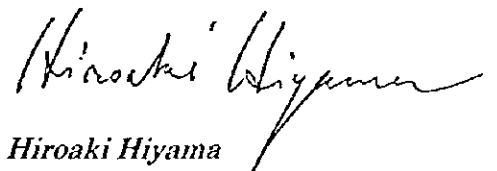
Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à toutes les autorités maliennes qui nous ont apporté leur concours lors de l'exécution d'étude, ainsi qu' au Ministère des Affaires Etrangère du Japon, au Ministère du Commerce et de l'Industrie, à l'Ambassade du Japon au Sénégal et à toutes les personnes qui ont collaboré à ces activités.

Mars 1998



Kimio Fujita

*Président de l'Agence Japonaise
de Coopération Internationale*



Hiroaki Hiyama

*Président de l'Agence Japonaise
Minière des Métaux*

Résumé

La première année d'étude de la Recherche dans la région de Kékoro et de Baoulé-Banifing, réalisée au cours de l'année fiscale 1997, a consisté en une interprétation des images satellite, des études géochimiques fines, des études géologiques des zones reconnues minéralisées, etc.

Les études géochimiques ont permis de localiser trois zones nettes d'anomalies géochimiques de l'or orientées N-W à partir du village de Kékoro.

Les études géologiques ont permis de découvrir de nouvelles zones minéralisées. Compte tenu du fait que ces zones, constituées d'un grand nombre de puits d'extraction, ont été formées à partir non pas d'un placer, mais d'un gisement aurifère primaire à partir duquel l'or, sous l'effet de la latéritisation, a migré dans différents horizons des profils de latérite pour s'y enrichir. De ce fait, nous avons estimé que les zones minéralisées observées dans ces anciens puits d'extraction d'orpailleurs sont les nappes superficielles de ledits horizons.

A partir des éléments géologiques et géochimiques que nous avons rassemblés au cours de ces études, nous avons établi l'ordre de priorité pour les études ultérieures des zones minéralisées en couche profonde. La conclusion est que les Secteurs à étudier en premier sont d'abord le centre-nord de la région Kékoro Ouest (Secteurs Kékoro A, B et C), puis le nord de cette même région (Secteur F), et enfin le sud de cette région (Secteurs Kékoro D et E) ainsi que les Secteurs de Sagala et de Diamou Sud.

Pour prospector les zones d'enrichissement de l'or et les zones de minéralisation primaire dans les profils de latérite, il est indispensable de constater la présence du phénomène d'enrichissement de l'or dans la couche de saprolite. C'est pourquoi il a été dit que le plus efficace, pour la deuxième année d'étude de la Recherche, serait de réaliser une série d'études principalement constituées de la prospection géochimique des couches profondes.

SOMMAIRE

Partie I. GENERALITES.....	1
Chapitre I-1. Introduction.....	1
1-1 Historiques et objectifs.....	1
1-2 Région faisant l'objet de la Recherche.....	2
1-3 Contenu de l'étude pour la Recherche.....	2
1-4 Durée de l'étude pour la Recherche.....	2
1-5 Composition de la mission d'étude.....	2
Chapitre I- 2. Géographie de la région étudiée.....	5
2-1 Localisation, accès routiers.....	5
2-2 Relief.....	5
2-3 Climat et flore.....	5
2-4 Latérite.....	8
Chapitre I-3. Etudes antérieures.....	15
3-1 Géologie et gisements miniers du Sud-ouest de la République du Mali..	15
3-1-1 Contexte géologique (géologie de l'Afrique de l'ouest).....	15
3-1-2 Géologie de la Région étudiée et de ses environs.....	17
3-1-3 Gisements aurifères au voisinage de la Région étudiée.....	18
3-2 Etudes antérieures relatives aux voisinages de la Région de l'Etude.....	20
Chapitre I-4. Principaux résultats de la première année d'étude.....	25
4-1 Région de Kékoro.....	25
4-2 Région de Baoulé-Banifing.....	27
Partie II. ETUDES REALISEES.....	31
Chapitre II-1. Etude de la zone reconnue minéralisée de Kékoro.....	31
1-1 Aperçu de la géologie.....	31
1-2 Aperçu de la zone reconnue minéralisée.....	33
1-3 Description détaillée des zones reconnues minéralisées.....	43
1-3-1 Secteur Kékoro A.....	48
1-3-2 Secteur Kékoro B.....	50
1-3-3 Secteur Kékoro C.....	51
1-3-4 Secteur Kékoro D.....	52
1-3-5 Secteur Kékoro E.....	54
1-3-6 Secteur Kékoro F.....	55
1-4 Commentaires.....	101
Chapitre II-2. Etude de la zone reconnue minéralisée de Baoulé-Banifing.....	105
2-1 Aperçu de la géologie.....	105
2-2 Résultats de l'étude au terrain dans les zones reconnues minéralisées.....	110

2-2-1 Secteur Soba.....	111
2-2-2 Secteur B.B (Banifing- Baoulé).....	111
2-2-3 Secteur Kouloukoro.....	112
2-2-4 Secteur Siriba-Sobala.....	113
2-2-5 Secteur Diamou.....	114
2-3 L'étude géochimique.....	133
2-3-1 Méthodes d'analyse.....	133
2-3-2 Analyse monovariabale.....	133
2-3-3 Analyse multivariabale.....	138
2-4 Commentaires.....	177
2-4-1 Résumé d'étude aux zones reconnues minéralisées et commentaires.....	177
2-4-2 Résumé de l'étude géochimique réalisée et commentaires.....	180
Chapitre II-3 Analyse des images satellite.....	186
3-1 Généralités sur les images satellite.....	186
3-1-1 Objectifs.....	186
3-1-3 Images Satellite utilisées.....	186
3-2 Méthodes d'analyse.....	186
3-2-1 Traitement "fausses couleurs", analyse des rapports spectraux.....	187
3-2-2 Méthode de traitement DPCA.....	187
3.3 Résultats d'analyse.....	190
3-3-1 Images fausses couleurs.....	190
3.3.2 Méthode des rapports spectraux, méthode DPCA.....	190
3-4 Interprétation photo-géologique des images.....	191
3-4-1 Interprétation des linéaments.....	191
3-4-2 interprétation géochimique.....	191
3-4-3 Résultats d'étude au terrain.....	193
Chapitre II-4. Architecture du système d'informations géographiques.....	207
4-1 Objectifs.....	207
4-2 Equipements et systèmes utilisés.....	207
4-3 Composition des Informations géographiques.....	207
Partie III. CONCLUSION ET PROPOSITION.....	209
Chapitre 1. Conclusions.....	209
1.1 Région de Kékoro.....	209
1-2 Région de Baoulé - Banifing.....	210
Chapitre III-2 Propositions pour la deuxième année de Recherche.....	213
BIBLIOGRAPHIE.....	219

Appendices

FIGURES

Fig.I-1-1 Localisation des régions faisant l'objet de la recherche.....	3
Fig.I-2-1 Climat et végétation	7
Fig.I-2-2 Exemples de profil d'altération schématique, profil de latérite, géochimie à la savane de l'Afrique occidentale	14
Fig.I-3-1 Esquisse géologique du sud-ouest du Mali	16
Fig.I-3-2(1) Recherches antérieures dans la région et les zones minéralisées	22
Fig.I-3-2(2) Distribution des zones minéralisées dans la région de la présente recherche et à son voisinage.....	23
Fig. II-1-1 Plan et profile géologique de la région Kékoro	37
Fig. II-1-2 Disposition des piquets	39
Fig. II-1-3 Répartition des sites minéralisées dans la région Kékoro	41
Fig. II-1-4 Répartition des sites minéralisées de Kékoro A	57
Fig. II-1-5(1) Excavations d'orpaillage de Kékoro A-1 (1/2)	59
Fig. II-1-5(2) Excavations d'orpaillage de Kékoro A-1 (2/2)	61
Fig. II-1-6(1) Excavations d'orpaillage de Kékoro A-2 (1/3)	63
Fig. II-1-6(2) Excavations d'orpaillage de Kékoro A-2 (2/3)	65
Fig. II-1-6(3) Excavations d'orpaillage de Kékoro A-2 (3/3)	67
Fig. II-1-7(1) Excavations d'orpaillage de Kékoro B-1 (1/4)	69
Fig. II-1-7(2) Excavations d'orpaillage de Kékoro B-1 (2/4)	71
Fig. II-1-7(3) Excavations d'orpaillage de Kékoro B-1 (3/4)	73
Fig. II-1-7(4) Excavations d'orpaillage de Kékoro B-1 (4/4)	75
Fig. II-1-8(1) Excavations d'orpaillage de Kékoro B-2 (1/3)	77
Fig. II-1-8(2) Excavations d'orpaillage de Kékoro B-2 (2/3)	79
Fig. II-1-8(3) Excavations d'orpaillage de Kékoro B-2 (3/3)	81
Fig. II-1-9 Répartition des sites minéralisées de Kékoro C	83
Fig. II-1-10(1) Excavations d'orpaillage de Kékoro C-1 (1/2)	85
Fig. II-1-10(2) Excavations d'orpaillage de Kékoro C-1 (2/2)	87
Fig. II-1-11(1) Répartition des sites minéralisées de Kékoro D (1/2)	89

Fig. II-1-11(2) Répartition des sites minéralisées de Kékoro D (2/2)	91
Fig. II-1-12 Excavations d'orpaillage de Kékoro D-1	93
Fig. II-1-13 Excavations d'orpaillage de Kékoro D-2	95
Fig. II-1-14 Esquisse géologique de Kékoro E	97
Fig. II-1-15 Excavations d'orpaillage de Kékoro F	98
Fig. II-1-16 Points du prélèvement d'échantillons de roches minéralisées dans la région de Kékoro	99
Fig. II-1-17 Profils de sols et coupe schématique de l'occurrence aurifère de Kékoro	104
Fig. II-2-1 Plan et profile géologiques de la région de Baoulé-Banifing	107
Fig. II-2-2 Profil stratigraphique idéalisé	109
Fig. II-2-3 Répartition des zones minéralisées de Soba	117
Fig. II-2-4 Excavations d'orpaillage de B.B.(Banifing-Baoulé)	119
Fig. II-2-5 Excavations d'orpaillage de Siriba Sobala	121
Fig. II-2-6(1) Excavations d'orpaillage de Kouloukoro (1/2)	123
Fig. II-2-6(2) Excavations d'orpaillage de Kouloukoro (2/2)	125
Fig. II-2-7(1) Excavations d'orpaillage de Diamou (1/2)	127
Fig. II-2-7(2) Excavations d'orpaillage de Diamou (2/2)	129
Fig. II-2-8 Points de prélèvement d'échantillons de roches minéralisées dans la région de Baoulé-Banifing	131
Fig. II-2-9 Points de prélèvement d'échantillon de sols dans la région Baoulé-Banifir	141
Fig. II-2-10 La distribution et l'analyse des fréquences cumulées (Au,As,Cu,Pb)	143
Fig. II-2-11 La distribution et l'analyse des fréquences cumulées (Zn,Mo)	145
Fig. II-2-12 Résultat d'analyse géochimique (Au, Baoulé-Banifing et Kékoro)	147
Fig. II-2-13(1) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Est, Au)	149
Fig. II-2-13(2) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Est, As)	151
Fig. II-2-13(3) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Est, Cu)	153
Fig. II-2-13(4) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Est, Pb)	155
Fig. II-2-13(5) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Est, Zn)	157
Fig. II-2-13(6) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Est, PC1)	159
Fig. II-2-14(1) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Ouest, Au)	161

Fig. II-2-14(2) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Ouest, As)	163
Fig. II-2-14(3) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Ouest, Cu)	165
Fig. II-2-14(4) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Ouest, Pb)	167
Fig. II-2-14(5) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Ouest, Zn)	169
Fig. II-2-14(6) Distribution des anomalies géochimiques (Secteur Ouest, PCI)	171
Fig. II-2-15 Cart d'interprétation de la Région étudiée	173
Fig. II-2-16 Distribution des sols, partie Est de la Région Baoulé-Banifing	175
Fig. II-2-17 Profils de sols et coupe schématique de l'occurrence aurifère de B.B.(Banifing-Baoulé)	182
Fig. II-2-18 Profils de sols et coupe schématique de l'occurrence aurifère de Kouloukoro et de Siriba Sobala	183
Fig. II-2-19 Profils de sols et coupe schématique de l'occurrence aurifère de Diamou et de zone sud	184
Fig. II-3-1 Le concept de l'Analyse des Composantes Principales dirigées (DPCA) ---	189
Fig. II-3-2 L'image fausses couleurs	197
Fig. II-3-3 L'image de Rapport composite	199
Fig. II-3-4 L'image d'Analyse des Composantes Principales dirigées(DPCA)	201
Fig. II-3-5 La carte interprétative de "Lineament" de la zone d'exploration	203
Fig. II-3-6 La carte d'interprétation géologique de la zone d'exploration	205
Fig.III-2-1 Propositions pour l'étude à venir dans les régions de Kékoro et Baoulé-Banifing	217

TABLEAUX

Tableau I-1-1	Rubriques d'études réalisées	4
Tableau I-1-2	Liste des membres de l'équipe au terrain	4
Tableau I-2-1	Température, humidité et précipitation à Bamako	7
Tableau I-2-2	Nomenclature de profil de latérite	9
Tableau I-2-3	Corrélation de profondeurs entre la simulation et le profil général de latérite	10
Tableau I-3-1	Corrélation de stratigraphie	15
Tableau II-1-1	Coordonnées des piquets	44
Tableau II-1-2	Résultat d'analyse chimique des échantillons de Kékoro	45
Tableau II-1-3(1)	Liste des zones minéralisées de la région de Kékoro(1/2)	46
Tableau II-1-3(2)	Liste des zones minéralisées de la région de Kékoro(2/2)	47
Tableau II-2-1	Liste des zones mineralisée de la région de Baoulé-Banifing	110
Tableau II-2-2(1)	Valeurs statistiques pour chaque éléments (Secteur Est)	134
Tableau II-2-2(2)	Valeurs statistiques pour chaque éléments (Secteur Ouest)	134
Tableau II-2-3	Valeurs de seuil de classement des anomalies	137
Tableau II-2-4	La matrice de corrélation	140
Tableau II-2-5	Analyse des composantes principales	140
Tableau II-2-6	Liste des zones d'anomalie géochimique	185
Tableau II-3-1	Références des Images utilisées	186
Tableau II-3-2	Le diagramme d'interprétation photo- géologique	192
Tableau II-3-3	Tableau synoptique des unités d'images fausses couleurs	195
Tableau II-4-1	Constitution d' Equipement et Systèmes	207
Tableau III-2-1	Propositions pour l'étude à venir dans la région de Kékoro et Baoulé-Banifing.....	215

APPENDICES

Apc.1	Résultat d'observation microscopique en lames minces (1/2-2/2)	.....	a-01
Apc.2	Résultat d'observation microscopique en lames polies (1/4-4/4)	.....	a-33
Apc.3	Résultat de diffraction des Rayons X	.....	a-47
Apc.4	Résultat des mesures de la température d'homogénéisation et de congélation		a-49
Apc.5	Résultat d'analyse chimique des roches minerais (1/4-1/4)	.....	a-59
Apc.6	Résultat d'analyse géochimique, Secteur Est, Baoulé-Banifing (1/6-6/6)	.....	a-65
Apc.7	Résultat d'analyse géochimique, Secteur Ouest, Baoulé-Banifing (1/6-6/6)	---	a-79
Apc.8	Résultat d'analyse chimique des sols (1/83-83/83)	.....	a-87

CARTE-1 " PLAN ET PROFIL GEOLOGIQUE DE LA REGION DE KEKORO ET BAOULE-BANIFING"



Partie I. GENERALITES

Chapitre I-1. Introduction

1-1 Historiques et objectifs

L'industrie minière occupe une place de plus en plus importante dans les activités économiques de la République du Mali, au moment où ce pays est en train de développer son industrie. Dans ce contexte, le gouvernement a révisé en 1991 la Loi sur l'Industrie Minière afin de promouvoir le développement de mines par les entreprises privées.

Le Mali bénéficie de la présence de gisements d'or, de cuivre, de plomb, de zinc, etc. L'or, en particulier, constitue le premier poste d'exportation et une source importante de devises étrangères. Cela explique que le gouvernement malien se consacre activement à la prospection des gisements aurifères.

En 1995, le Mali a exporté 5,3 tonnes d'or. En 1997, les exportations se sont montées à 18,5 tonnes, un peu moins de 3 fois le chiffre de l'année précédente (6,85 tonnes) [source: Mining Journal du 20 mars 1998]. Cette augmentation du montant des exportations est due à la mise en service en janvier 97 de la mine de Sediora (exploitée par IAM Gold, Anglo-American, etc.), dont la production a atteint les 12,2 tonnes cette même année. Par ailleurs, la mine de Syama, exploitée par Randgold, etc., a produit 4,1 tonnes d'or en 1997. En 1998, la production malienne devrait passer à 20-21 tonnes, grâce en particulier à l'augmentation de la production de la mine de Syama. Grâce à ces tous développements, l'or est devenu le premier poste d'exportation du Mali, devant le coton. La Direction Nationale de la Géologie et des Mines (DNGM) de la République du Mali a proposé en 1995 de réaliser une étude sur le développement des ressources dans la région nord de Kékoro. Cette région est située juste à côté de la région de Bougouni, qui avait fait l'objet d'une étude similaire en 1991-1993 dans le cadre de la coopération avec la JICA (Japan International Cooperation Agency) et la MMAJ (Metal Mining Agency of Japan). Répondant à cette demande, la MMAJ a envoyé en novembre-décembre 1995 une mission chargée de réaliser une étude préliminaire de la situation dans la région nord de Kékoro. Sur la base de ces résultats, il a été décidé d'étudier le développement des ressources dans la région de Kékoro et de Baoulé-Banifing. Un accord relatif à la portée du travail à réaliser ("scope of work") a été signé le 9 septembre 1997 avec la Direction de la Coopération Internationale.

L'objectif principal de cette Recherche est d'étudier les conditions géologiques dans la région de Kékoro afin de permettre le développement de nouveaux gisements. Un autre objectif est de réaliser un transfert de technologie à destination de la partie malienne.

1-2 Région faisant l'objet de la Recherche

La Figure I-1-1 présente une carte de la région étudiée.

La région faisant l'objet de la Recherche est la zone centrée sur un point situé à 100 km au sud-est de la capitale Bamako et comprise entre les latitudes nord 11°30' et 12°20' et les longitudes ouest 7°0' et 8°00', à l'exception de la partie sud-ouest comprise entre les latitudes nord 11°30' et 12°00' et les longitudes ouest 7°30' et 8°00'.

On appelle dans l'étude pour la Recherche, "région de Baoulé-Banifing" la partie située au nord de la latitude 12°00', principalement concernée par l'étude géochimique et géologique, et "région de Kékoro" la zone située au sud de la latitude 12°00', principalement concernée par l'étude des zones reconnues minéralisées.

1-3 Contenu de l'étude pour la Recherche

Le Tableau I-1-1 montre les rubriques du Contenu de l'étude.

1-4 Durée de l'étude pour la Recherche

Du 19 janvier au 13 mars 1998 (54 jours).

1-5 Composition de la mission d'étude

Le Tableau I-1-2 montre la composition de la mission d'étude

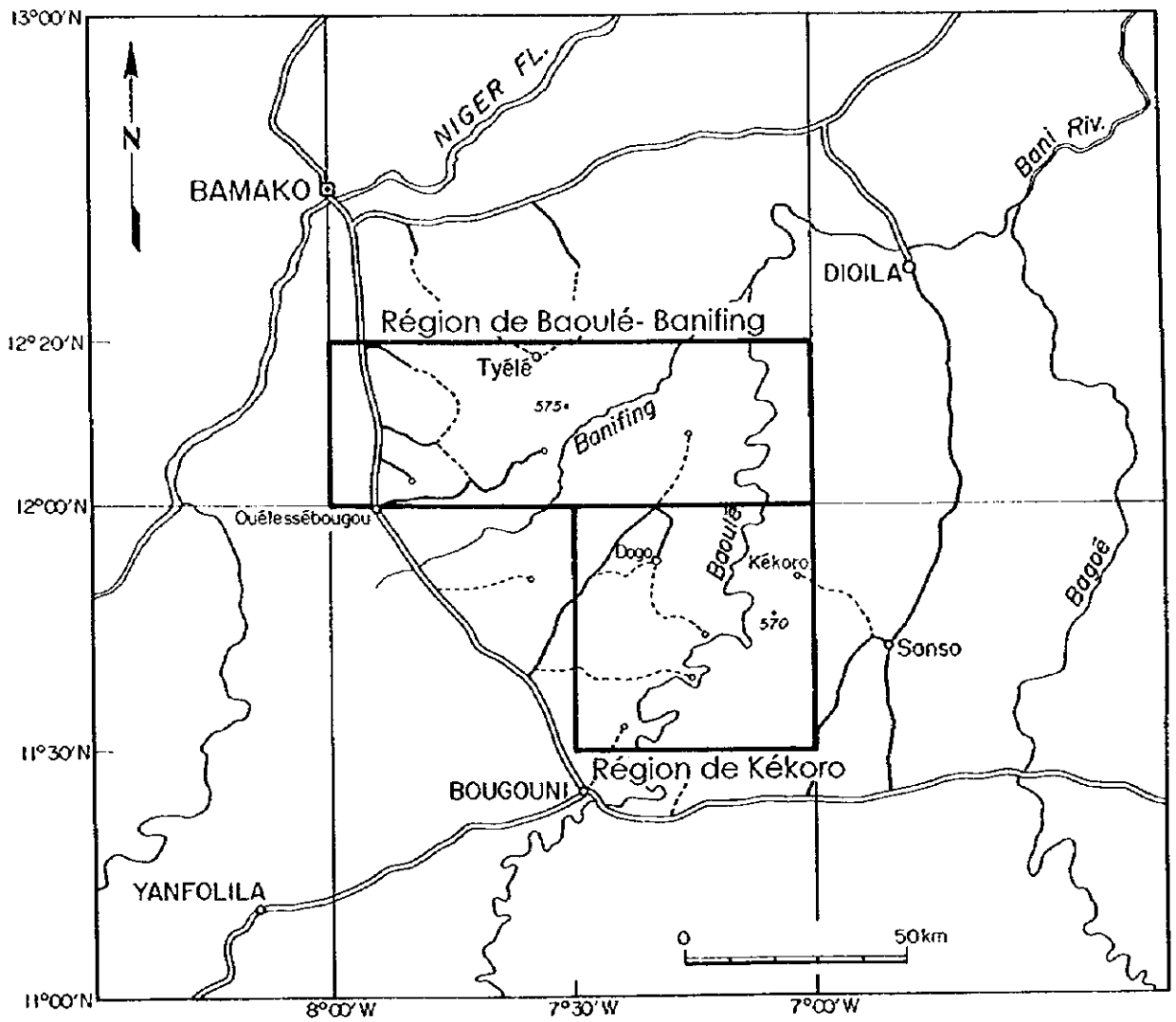
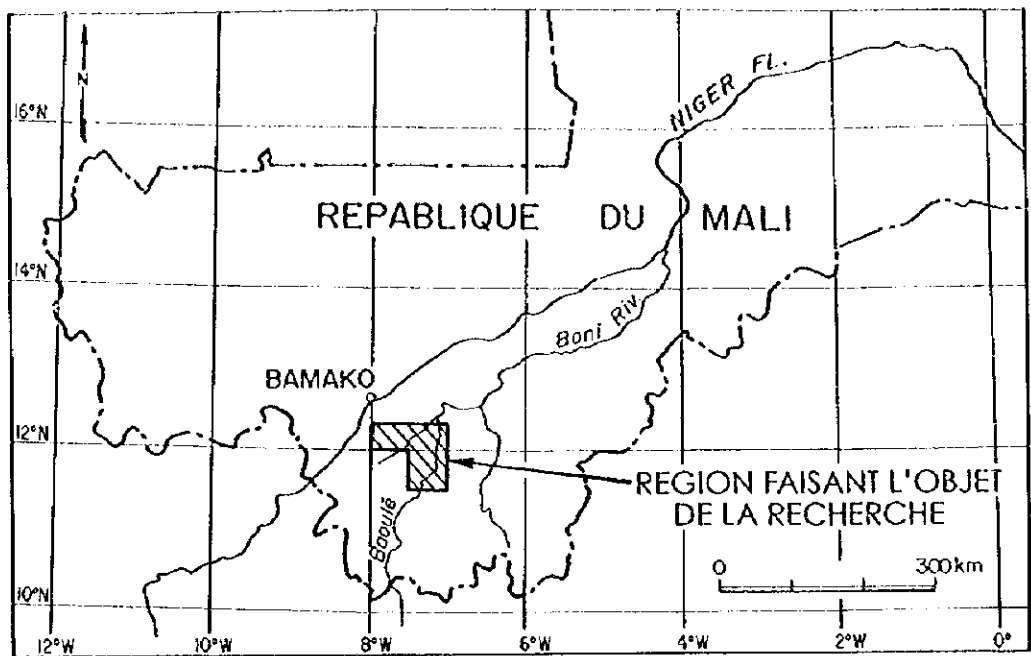


Fig.I-1-1 Localisation des région faisant l'objet de la recherche

Tableau I-1-1 Rubriques d'études réalisées

Rubriques	Quantité
1 Durée de travaux sur le terrain	du 21 janvier au 10 mars 1998
2 Analyse d'images LANDSAT	7,000km ²
3 Architecture d'un G.I.S.	à forfait
4 Etude géologique et géochimique (Secteur Baoulé-Banifing)	1,500km ² (distance:1,500km)
5 Etude géologique et géochimique (Secteur Kékoro)	60km ²
6 Etude au laboratoire	
Lame mince	40
Section polie	20
analyse par rayon X	10 (bulk)
Inclusion fluid	15 (homogénéisation et congélation)
analyse chimique des roches minerais	210 (Au, Ag)
analyse chimique des sols	6000 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb)

Tableau I-1-2 Liste des membres de l'équipe au terrain

Contrepartie Japonaise	Contrepartie Malienne
a mission pour négociation et planning	
Sasaki, Takafumi (MMAJ)	Ibrahim Abba Kantao (DNGM)
Uchida, Isao (MITI)	Ibrahima Sissoko (DNGM)
Nawata, Toru (JICA)	Fatiaga Kone (PDRM)
Fujii, Noboru (MMAJ)	Hachimi B. Sidibe (DNGM)
Nishikawa, Nobuyasu (MMAJ)	Emmanuel Thera (DNGM)
l'équipe pour l'étude	
Chef d'équipe :Shibuya, Akitsura (SUMICON)	Chef d'équipe :Emmanuel Thera (DNGM)
Géologue :Hirokawa, Toru (SUMICON)	Géologue :Lassana Guindo (DNGM)
Géologue :Nagao, Takaaki (SUMICON)	Géologue :Baby Fofana (DNGM)
Géologue :Sawatsu, Toshihisa (SUMICON)	Géologue :Mohamed Coulibali (DNGM)
Géologue :Tamura, Masaharu (SUMICON)	
Géologue :Morimoto, Koji (SUMICON)	

MITI: Ministry of International Trade and Industry

MMAJ: Metal Mining Agency of Japan

DNGM: Direction Nationale de la Géologie et des Mines

PDRM: Programme pour le Développement des Ressources Minérales

SUMICON: Sumiko Consultants Co., Ltd.

Chapitre I- 2. Géographie de la région étudiée

2-1 Localisation, accès routiers

La région faisant l'objet de l'Étude se divise en deux: la région de Baoulé-Banifing, principalement concernée par les études géologique et géochimique, et la région du nord de Kékoro, principalement concernée par l'étude des zones minéralisées.

La région étudiée est traversée par le fleuve Baoulé, qui vient du nord-est et se dirige vers le sud, et par son affluent la rivière Banifing, qui coule du nord-est au sud-ouest. Ces deux cours d'eau étant remplis d'eau toute l'année (saison des pluies et saison sèche comprises), et en l'absence de pont dans la région, le déplacement d'est en ouest est impossible. C'est pourquoi, pour étudier la région de Baoulé-Banifing, nous avons établi nos campements à Ouélessébougou, le long de la route nationale venant de Bamako au sud, ainsi qu'à Dogo, au nord-est de Sido. Pour l'étude de la région nord de Kékoro, nous avons établi notre campement à Sanso (ou Senso), village que l'on atteint en remontant vers le nord depuis Koualé, à l'est de Bougouni. Si la route nationale venant de Bamako est goudronnée et permet de rouler à 80 km/h, les autres routes ne le sont pas et ne permettent pas de rouler à plus de 40 km/h.

Les distances entre les différents points sont les suivantes:

Bamako - Bougouni	160 km
Bamako - Sido	128 km
Bamako - Ouélessébougou	77 km
Sido - Dogo	45 km
Bougouni - Koualé	60 km
Koualé - Kékoro	70 km
Dogo - Diamou	34 km
Dogo - forêt classée de Baoulé-Banifing	54 km

2-2 Relief

La République du Mali est un pays continental d'Afrique de l'Ouest compris entre les latitudes 12°N et 25°N et les longitudes 5°E et 12°W. Le tiers de la superficie est occupé par le désert. Le relief est le plus souvent constitué de plaines, mais on trouve des vallonnements dans la partie sablonneuse au nord, une végétation de savane au sud et des collines rocheuses au nord-est.

La région concernée par la Recherche est un plateau situé à 300-350 m d'altitude, avec ici et là des monts d'environ 400 m. La région de Kékoro se caractérise par ses monts distribués en forme d'arc de cercle d'environ 500m de hauteur.(Kébékourou, Kolobokourou, Sérédjékourou)

2-3 Climat et flore

La région étudiée, qui appartient à la zone subtropicale sèche, bénéficie d'un climat chaud et sec de février à juin. Entre juin et novembre, le climat est chaud et humide et,

chaud et sec de février à juin. Entre juin et novembre, le climat est chaud et humide et, entre novembre et février, doux et sec. Le harmattan, un vent sec et brûlant mêlé de sable, souffle au mois de mars. Le brouillard est fréquent pendant la saison sèche. Enfin, la partie nord est en proie à la désertification.

Entre janvier et mars, la température varie entre 24 et 40°C. Les précipitations annuelles sont en moyenne de 1400 mm, mais seulement de 127 mm dans le nord. A titre de référence, le Tableau I-2-1 présente les moyennes mensuelles de la température, de l'humidité et des précipitations dans la capitale Bamako.

Tableau I-2-1 Température, humidité et précipitation à Bamako

	Jan.	Feb.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Aout.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Temp. (°C)	24.8	27.7	30.3	31.5	31.3	29.0	26.6	25.8	26.3	27.4	26.4	24.5
Humid. (%)	28	23	23	35	52	67	77	83	80	68	50	36
Préc. (mm)	0.5	0.5	3.0	15.6	61.6	145.1	244.2	326.1	215.3	65.7	7.5	1.4

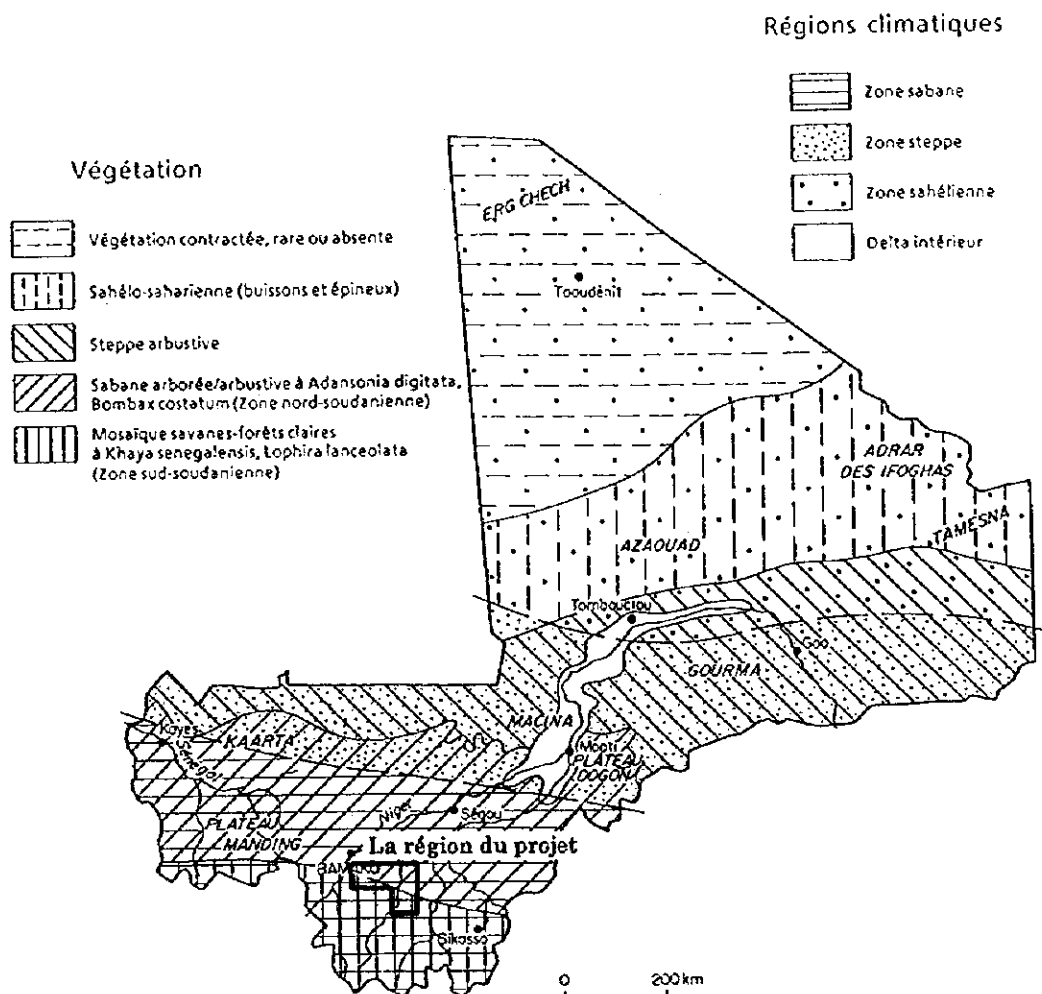


Fig.I-2-1 Climat et végétation

2-4 Latérite

En 1980, une étude géochimique réalisée en Australie a permis de découvrir un gisement d'or situé dans la latérite (gisement de Bodington, réserves(tonnages) d'or estimée à 100 tonnes). Il s'agissait d'un nouveau type de gisement résiduel d'altération.

A partir de l'année 1987, les publications relatives à la latérite et à l'or se sont multipliées rapidement . Aujourd'hui la relation entre les deux fait l'objet d'une attention particulière.

Pour concevoir un modèle métallogénétique d'un gisement aurifère , à partir la répartition de l'or et ses éléments indicateurs dans les sols de la zone tropicale ou de savane dont l'évolution pédologique est importante , il est nécessaire de bien connaître le mécanisme de déplacement horizontal et vertical de ces éléments sous l'effet du processus d'altération de roche-mère .

Certains auteurs (Bowell et l'équipe, 1996) ont fait remarquer qu'il était possible, dans le cas où le profil de latérite est coupé ou bien la croûte latéritique s'est redéplacé de façon importante, que de fausses anomalies géochimiques apparaissent. Dans l'étude géochimique des zones tropicales, il est donc probablement nécessaire, pour améliorer l'efficacité de l'étude, de bien connaître les processus géochimiques dans les profils de latérite.

(1) théorie générale de la latéritisation

La croûte de latérite ferrugineuse développée en zones de sols latéritiques est de sols ferrugineux consolidés sous l'effet d'oxydation.

Aujourd'hui, le mot " latéritisation" est utilisé au sens bien délimité du terme signifiant cet effet de consolidation. Dans les zones de sols latéritiques , les profils de latérite sont constitués par deux effets différents:

- 1) altération en profondeur des roches et dénudation(érosion)
- 2) sédimentation des hydroxydes de fer contenus dans les eaux souterraines.

Dans les régions tropicales, où la température et l'humidité sont élevées, les roches s'altèrent entre une profondeur comprise entre plusieurs et une dizaine de mètres. Les minéraux de formation de roche(*Rock forming minerals*) qu'elles contiennent se décomposent rapidement, libérant des bases et de l'acide silicique. Les hydroxydes de Fe, Al contenus dans les roches subissent alors une altération résiduelle. En particulier, sous le climat de savane qui prévaut pendant la saison sèche, la cristallisation des hydroxydes contenus dans les roches progresse, provoquant la formation de goethite, de gibbsite, d'hématite, etc. Sous l'effet de cette altération, les substances autres que les matières résiduelles (Fe,Al) se déplacent vers des zones plus profondes du fait de l'érosion qui apparaît ensuite, et seuls les blocs d'épandage ayant résisté à l'altération subsistent (quartz, etc.).

Selon la Conception de la géologie française que nous adoptons dans le présent Rapport, les profils d'altération supérieurs au soubassement dans la zone de latérite, se divisent par les contextes physiques, chimiques et minéralogiques, d'inférieur à supérieur: *Saprolite, zone d'argile bigarrée(tachetée), carapace et cuirasse*. Par contre, la conception adoptée aux pays d'Amérique de sud , à l'Australie et au Japon est moins précise. Tableau I-2-2 montre la comparaison des termes concernant le Profil de latérite.

Tableau I-2-2 Nomenclature de profil de latérite

French	English
Cuirasse	Laterite crust, Iron crust,
Carapace	Duricrust, Ferricrete
Argile tacheté	Mottled clay zone
Lithomarge, Saprolite	Saprolite

A l'horizon de saprolite , le bas conserve la structure de roche mère (originelle)qui disparaît graduellement dans les parties supérieures. Les minéraux principaux constituant la saprolite sont : smectite et kaolinite.

Dans la couche d'argile tachetée constituant la zone transition de saprolite , une partie des minéraux d'argile se sont remplacés par les oxydes et hydroxydes de Fe et d'Al et composent les taches riches en fer .

Dans les parties plus supérieures à ces couches ,les oxydes de Fe et d'Al sont encore plus concentrés composent le sol appelé "plinthite"(qui est le brique en mot grec)qui devient la croûte latéritique, sous l'effet d'oxydation.

La croûte latéritique (carapace et cuirasse)se caractérise par sa structure de concrétion sous forme de nodules . Nous appellons la croûte latéritique fortement consolidée "la cuirasse".

Dans la géologie, l'effet d'altération chimique est considéré comme une réaction entre les minéraux primaires et des eaux, tandis qu'en pédologie on discute très souvent la genèse de minéraux constituant de sol, à partir des composantes de sol fluide. Par exemple , la montmorillonite, la silice acristalline, la biotite, la kaolinite et la gibbsite se forment en fonction des différences des conditions des sols fluides dues à la réaction de l'eau pure et du microcline, le pH définissant l'ordre de cristallisation.(Hatta, 1994)

En outre, Hatta (1994) a calculé le processus d'altération des roches au moyen d'une simulation géochimique. Considérant la réaction sur des minéraux d'altération(goethite, gibbsite, kaolinite, montmorillonite) par hydrolyse dans le granite, il a calculé la variation de la composition de sol fluide en fonction de l'avancement de la

réaction, ainsi que l'état de formation et de disparition des minéraux et l'évolution des propriétés mécaniques. Tout d'abord, il réalise une dissolution telle que les différents minéraux constituant le granite ne forment pas de corps solide (solution congruente). Dans ce cas, si on fait progresser la réaction jusqu'à un certain point, la solution devient sursaturée par rapport aux composantes goethite; $Fe(OH)_3$ et la goethite précipite. Un environnement dans lequel la gibbsite $Al(OH)_3$ est sursaturé apparaît alors. Avec la formation de la gibbsite, une variation d'Al dans la solution se produit. Enfin, la gibbsite étant dissoute et disparaissant pendant la formation de la kaolinite; $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, la variation de la composante Al est complexe. La réaction de formation de la goethite se poursuit. Lorsque, les composants réactifs du granite étant saturés, la capacité de lixiviation des différents minéraux secondaires disparaît, la réaction s'arrête. Dans le processus de réaction, la quantité de H^+ en solution diminue progressivement, et le pH aussi. Cela tient au fait que des H^+ sont consommés pour la formation des minéraux secondaires. Toutefois, dans la mesure où ces réactions démarrent en solution, on peut considérer que, dans la réalité, l'ordre de réaction est l'inverse de cette description.

Dans les résultats de simulation, les altérations à partir de la surface du granite ne sont indiquées que par le biais de micro-profil. Mais si on les transpose au cas d'un horizon général de latérite (épaisseur 100 m), il semble que cela reproduise assez bien le comportement d'un profil altéré réel (Tableau I-2-3).

Tableau I-2-3 Corrélation de profondeurs entre la simulation et le profil général de latérite

Profil latéritique	Assemblage minérale	Epaisseur par simulation	Epaisseur générale
Sol de surface		-	0 - 2 m
Cuirasse	goethite	0.75 m	0 - 5 m
Carapace	goethite+gibbsite+kaolinite	5.75 m	1 - 30 m
Zone d'argile tachetée et De saprolite (Kaolinite)	goethite+kaolinite +quartz+microcline	24.25 m	1 - 100 m
Saprolite (Smectite)	quartz+microcline +montmorillonite	75 m	

de Hatta(1994)

(2) profils de latérite dans la région étudiée

Entre Bamako et Ouélessébougou, sur la route de Bamako à Bougouni, la quasi-absence de relief fait qu'on ne voit pratiquement jamais les profils de latérite. Ouélessébougou et Bougouni correspondent à la frontière entre les cours principaux des fleuves Baoulé et Banifing. Un plateau en pente douce de 320 à 380 m d'altitude se dresse entre ces deux fleuves, sur lequel se développe un réseau de rivières peu profondes appartenant aux deux bassins et espacées de 3 à 10 km (rivières tarées à la saison sèche). Un certain nombre de profils incomplets de latérite apparaissent le long de la route nationale. Elles sont particulièrement visibles entre Ouélessébougou et Kéleya. Les horizons latéritiques exposés le long de cette route encaissée sont suivants : de haut en bas, cuirasse, carapace, argile bigarrée et saprolite. On n'observe pas l'horizon inférieure de roche mère (protolithe).

Là, la cuirasse, dont l'épaisseur est de 4 m, contient de nombreux nodules d'hématite et de goéthite, de couleur brun rouge et brun jaune mélangées. La partie supérieure, de 30 à 50 cm d'épaisseur, appelée "croûte ferrugineuse" (Iron crust, ferricrete, duricrust), est extrêmement dure. En général, on observe sur les bords (pente effondrée) du plateau latéritique des blocs de cuirasse de diamètre d'environ 10 cm.

La carapace, dont l'épaisseur est de 2 m, contient une quantité assez importante d'argile constituée principalement de kaolinite. On peut facilement la broyer au marteau. La couche d'argile bigarrée (épaisseur 1 m) comporte des taches rouge d'hématite dispersées dans l'argile dont la couleur varie entre le gris clair et le gris jaune. La saprolite (épaisseur de plus de 5 m), de couleur gris à gris brun, est une argile composée essentiellement de kaolinite. Il arrive que la structure de roche mère (protolithe) subsiste.

Les puits d'orpaillage des zones minéralisées de Kékoro, de leur côté, sont pour la plupart creusés dans les horizons de carapace ou de cuirasse. On ne trouve pas de gros blocs de quartz dans ces horizons, mais dans les concaves morphologiques aux environs sous forme de blocs d'épandage. La relation entre ces blocs de quartz et la ligne de pierres de quartz dont nous parlons ci-dessous n'est pas claire.

(N.B.) Dans les textes de description géologique au terrain, les horizons de cuirasse et de carapace pourraient éventuellement indiqués latérite ou pisolithe.

(3) latéritisation et effet d'enrichissement en or

Bowell et al (1996) ont expliqué en détail la relation existant entre la coupe de la couche latéritique et les anomalies géochimiques, dans le cas de la mine de Syama et de celle de Senoufo, située à 100 km plus au sud (représentant une zone de savane), ainsi que dans le cas de la mine de Hire, dans le centre de la Côte d'Ivoire, et de celle de Kubi au

Ghana (représentant une zone tropicale humide).

Ils ont montré que, dans les sous-sols latéritiques situés dans les zones aurifères aussi bien des régions de savane que des régions de forêts tropicales, l'or s'enrichit de façon caractéristique dans le bas de la couche de saprolite (profondeur 50 à 60 m). Ils ont également observé que l'or s'enrichit aussi, dans une moindre mesure, dans le haut de la couche d'argile juste en-dessous de la cuirasse ainsi qu'au voisinage de la nappe phréatique (Figure I-2-2). Enfin, il est apparu que, dans les régions de forêts tropicales, l'or s'enrichit de façon importante le long de la "ligne de pierres" et qu'une zone de dissolution de l'or existe en-dessous de la zone d'enrichissement (haut de la couche de saprolite) et au-dessus d'elle (couche de cuirasse ou ligne de pierres).

On peut considérer que la dispersion de l'or dans le profil du sous-sol se produit suivant deux mécanismes distincts.

1) dispersion mécanique

Il s'agit de l'altération et de l'érosion de la couche ancienne qui lui succède, qui entraînent d'un déplacement horizontal des minéraux à partir de la zone centrale de l'effet de minéralisation. La dispersion mécanique est caractéristique de l'altération sur le long terme avec fortes variations saisonnières.

2) dispersion hydromorphique

Il s'agit de la dissolution de l'or en solution et de son déplacement.

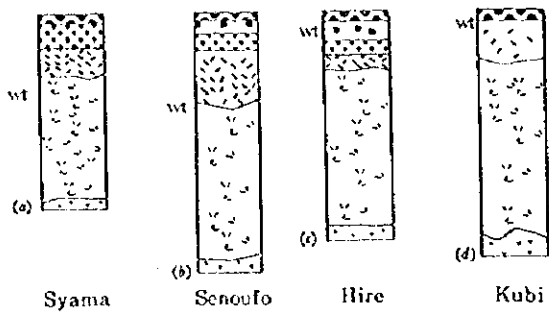
Dans certaines conditions, les éléments chimiques se déplacent en solution, à la fois horizontalement et verticalement, sous le niveau de la nappe phréatique. L'or, qui se déplace en solution aqueuse, a besoin de ligands adéquats pour former des sels complexes (OH^- , Cl^- , I^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CN^- , NH_3 , acide fulvique, acide fulvène etc.).

Par exemple, dans un environnement fortement oxydant, Au se dissout en sels complexes de chlore dans les endroits acides et où la concentration en Cl est élevée, devenant par là-même mobile. Il est probable qu'il se dissout également sous forme de sels complexes de chlore. On peut penser que ce mécanisme, qui est important dans de nombreuses régions latéritiques, suggère une mobilité de l'or sous forme d'hydroxyacides. Au Gabon, on insiste sur la stabilité d' AuClOH^- et d' $\text{AuOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ pour expliquer la mobilité de l'or dans les couches latéritiques n'ayant pas subi de désintégration. Dans le sous-sol, on prend en compte la stabilité d' $\text{Au}(\text{OH})_2\cdot\text{FA}$ (FA = acide fulvique). A l'inverse, dans la mine d'Ashanti au sud-ouest du Ghana, on considère qu' $\text{AuOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{2-}$, $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ et $\text{Au}(\text{OH})_2\cdot\text{FA}$ sont les éléments les plus importants (Colin & Ambrossi, 1993).

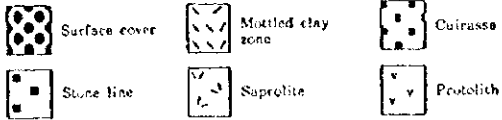
Pour résumer les conclusions de *Bowell et de son équipe (1996)*, si on s'intéresse à la dispersion horizontale de l'or dans les sous-sols altérés des régions de savane, on observe

un enrichissement dans le bas de la couche de saprolite ainsi qu'une accumulation, bien que faible, dans la zone d'enrichissement en fer et dans l'argile bigarrée. Cela est dû à l'effet de concentration résiduelle accompagnant la désintégration géologique, à l'illuviation des particules d'or ainsi qu'à la diffusion hydraulique. Dans les régions de savane, le déplacement mécanique est important, et on dit que c'est là l'origine d'anomalies secondaires apparentes.

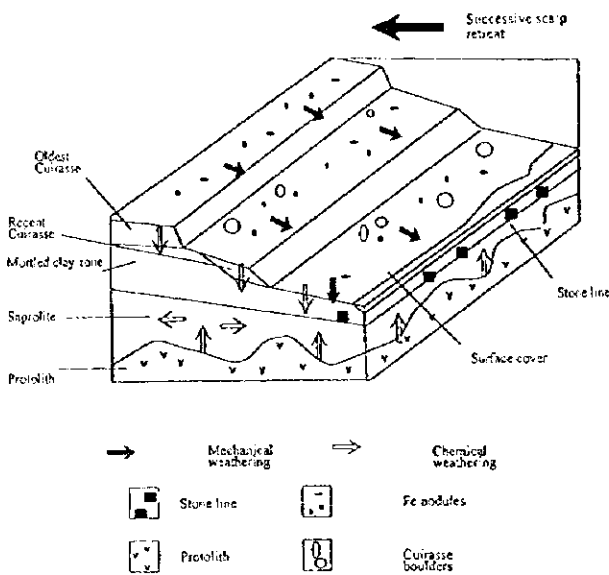
Dans le modèle qu'ils ont élaboré, bien que cela n'ait pas été mentionné, il est possible que la concentration de l'or en bas de la saprolite s'explique par le fait que cette couche est constituée principalement de smectite, minéral possédant un pouvoir d'adsorption. Par ailleurs, considérant le fait que le phénomène de latéritisation en Afrique de l'ouest a commencé à l'ère tertiaire, il subsiste un certain nombre d'inconnues, comme par exemple l'époque régissant le niveau de la nappe d'eau souterraine où on pense que se produit l'enrichissement de l'or.



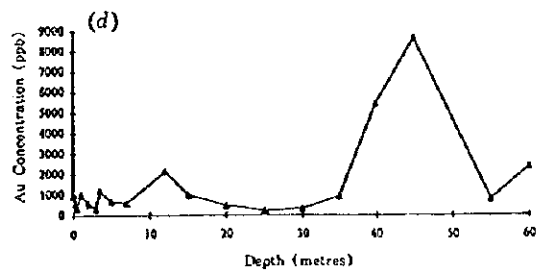
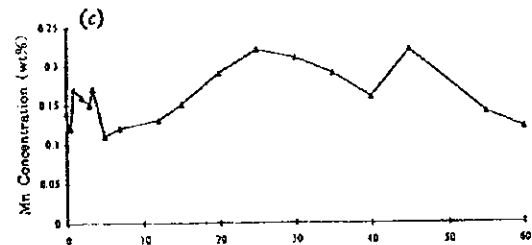
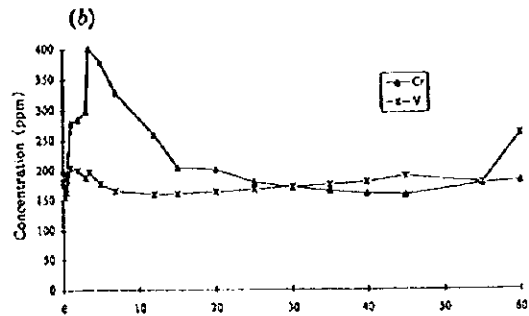
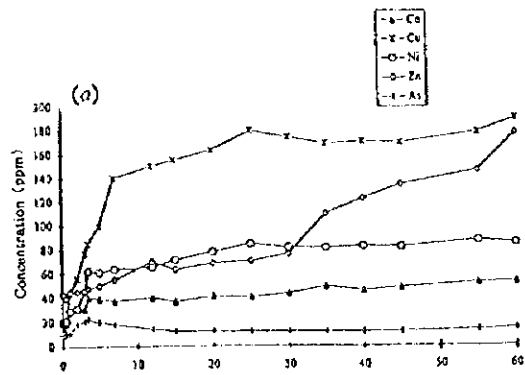
wt Water table



(A) Different horizons of tropical weathering profile. (a) Syama mine, Mali; (b) Yvette prospect, Senoufo concession, Côte d'Ivoire; (c) Agbaou prospect, Hire concession, Côte d'Ivoire; (d) Kubi prospect, Ghana (from Bowell and others, 1996)



(B) Schematic representation of laterite weathering profile typical of West African savanna (Butt and Zeegers;1992, Bowell and others, 1996)



(C) Trace element geochemistry versus depth at Syama mine. (a) Co, Cu, Ni and As; (b) Cr and V; (c) Mn; (d) Au. soil log ornament as in (A) (Bowell and others, 1996)

Fig.1-2-2 Exemples de profil d'altération schématique, profil de latérite, géochimie à la savane de l'Afrique occidentale

Chapitre I-3. Études antérieures

3-1 Géologie et gisements miniers du Sud-ouest de la République du Mali

3-1-1 Contexte géologique (géologie de l'Afrique de l'ouest)

L'Afrique de l'ouest se caractérise sur le plan géologique par une zone de plissements côté façade atlantique et par la "zone orogénique panafricaine" côté intérieur, le centre étant occupé par le craton ouest-africain.

Les principaux mouvements géotectoniques apparus en Afrique de l'ouest datent de la 4ème orogénèse précambrienne. Il s'agit des systèmes Limpopo-Libéria ($2,7 \pm 2$ milliards d'années avant notre ère), Eburnéen ($2,0 \pm 2$ milliards d'années), Kibaran ($1,1 \pm 2$ milliards d'années) et du système panafricain (6 ± 2 milliards d'années). Lorsque, ces mouvements terminés, on entre dans l'ère primaire (paléozoïque), l'Afrique de l'ouest se stabilise sur une vaste échelle. Par la suite, même s'elle connaîtra des soulèvements et affaissements lents, elle ne sera sujette à aucun mouvement tectonique brutal.

Le craton ouest-africain, région qui n'a pratiquement pas subi les effets des soulèvements panafricains qui se sont produits à la fin de la 4ème orogénèse de l'ère précambrienne, est constitué d'un soubassement en roches précambriennes ainsi que de sédiments de plateau datant d'après la fin du précambrien.

Tableau I-3-1 Corrélation de stratigraphie

	<i>Ghana</i>	<i>Côte d'Ivoire</i>	<i>Liptako, NE Haute Volta, and W Niger</i>
c. 2030 Ma	Tarkwaian { Huni formation (quartzites and phyllites) Tarkwa formation (phyllites) Banket formation (quartzites and conglomerates) Kewese formation (conglomerates)	Windéné granite and Boudoukou type granites	Epizonal sediments of the Amarasinde and Bellekoiné formations
		Kinkéné series	— the Liptakoian
c. 2130 Ma		Eburnian II	?
		Upper Birrimian { Syntectonic and intrusive granitoids Basic volcanic formation Acid volcanic formation Volcanic arenaceous formation	Baoulé type granites Volcano-clastic formation de Louga = Séries de Inahiri	Granitoids Mesozonal metamorphites of the Dibirshi and Tambao formations
c. 2270 Ma	local unconformity	Eburnian I	
	Lower Birrimian { Upper arenaceous formation (sandy flysch) Upper argillaceous formation (pelitic flysch) Middle arenaceous formation (sandy-pelitic flysch) Lower argillaceous formation Lower arenaceous formation	Orthogneissified granitoids Flyschoid formation de Kounoukou and Doulayeko paragneiss	
+2600 Ma	?	Nièga-Pauli Plage gneissified granite Monogaga paragneiss	Pre-Birrimian crystalline basement

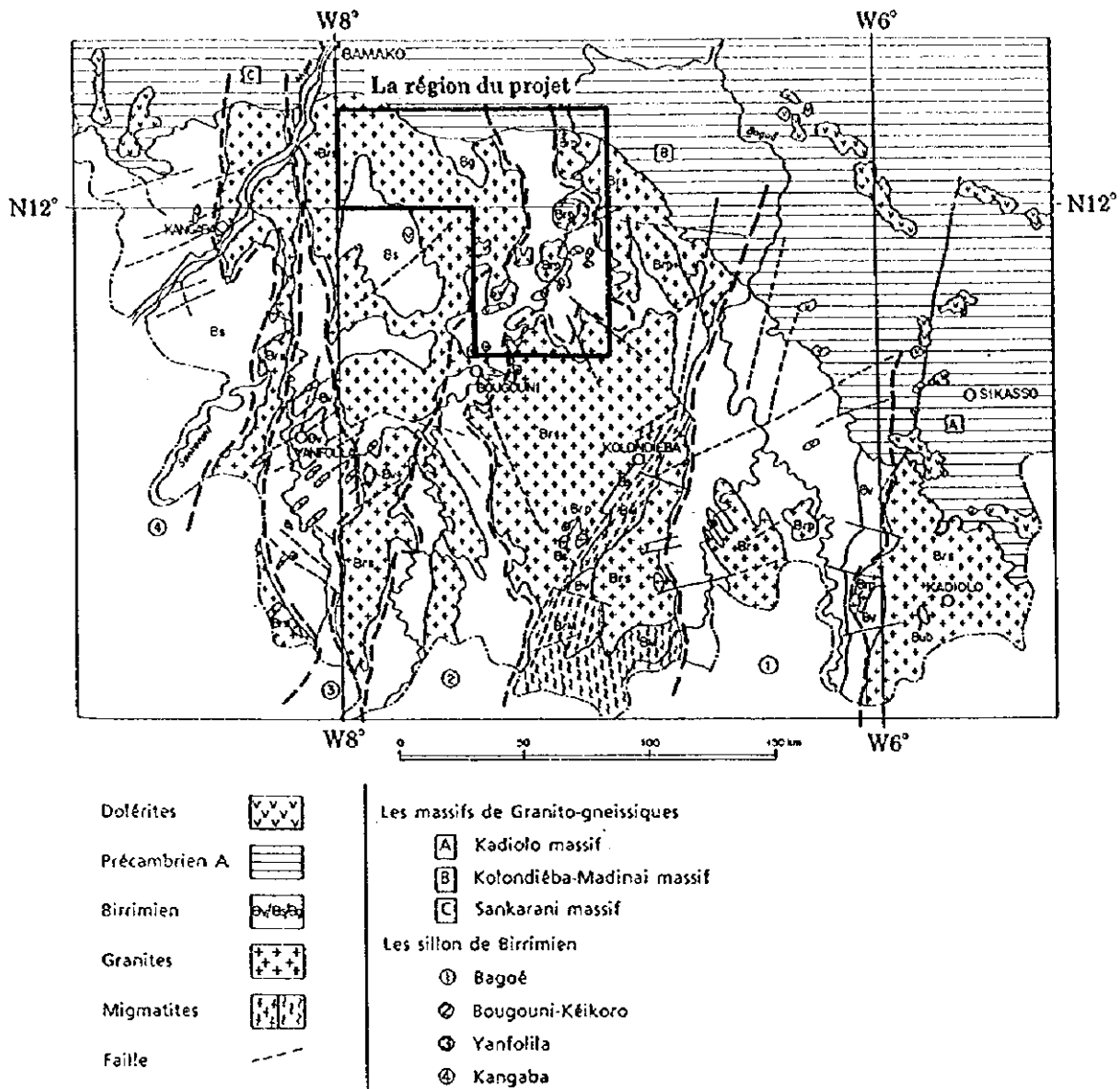


Fig.I-3-1 Esquisse géologique du sud-ouest du Mali

La zone de plissements de l'Afrique de l'ouest, constituée de sédiments de plateau datant du début au milieu de l'ère primaire, est une zone orogénique de la fin de l'ère primaire correspondant au cycle orogénique de Variscan. Cette zone peut se décomposer en deux parties, l'une à l'Est constituée principalement de déformations et l'autre à l'Ouest sujette à la déformation, au métamorphisme et à l'intrusion de roches magmatiques.

La zone orogénique panafricaine, sujette aux soulèvements panafricains de la fin du précambrien, est constituée d'un soubassement en roches précambriennes ainsi que de sédiments de plateau datant d'après l'ère primaire.

Ainsi, la géologie de l'Afrique de l'ouest est caractérisée par la formation et le développement d'un craton centré sur le craton panafricain, les soulèvements orogéniques (cycle panafricain) et l'apparition de géosynclinaux à la périphérie de ce craton, une sédimentation de plateau dans la zone stable du craton, etc. Le bouclier précambrien présente les traces d'une activité magmatique à au moins trois reprises après l'ère primaire.

Le craton ouest-africain plus ou moins diffère selon la région. Il est en principe constitué de formations birrimiennes avec intrusions de batholithes granitiques.

Les formations birrimiennes sont des strates incluant des roches sédimentaires et volcaniques plissées et légèrement métamorphiques. Elles sont constituées principalement de la zone de roche verte datant de l'ère primaire. Elles forment parfois des bandes étroites (quelques dizaines de kilomètres) de plusieurs centaines de kilomètres de longueur. Les formations birrimiennes, dont on estime qu'elles ont sédimenté il y a 2,3 à 1,9 milliards d'années, peuvent être considérées comme composées de deux parties, une partie inférieure essentiellement volcanique (basalte métamorphique, andésite, tuf), et une partie supérieure essentiellement sédimentaire (schiste cristallin, arkose, grauwacke).

Le craton (soubassement) ouest-africain ainsi constitué est entrecoupé par les intrusifs Crétacé qui sont dykes et filons couchés de dolérite ou d'autres.

3-1-2 Géologie de la Région étudiée et de ses environs

La région de Kékoro et ses environs, qui correspondent au soubassement de la partie sud du craton ouest-africain, sont constitués de roches granitiques et de formations birrimiennes.

Les roches granitiques, largement réparties, forment des structures anticlinales. On distingue de l'est à l'ouest les massifs de Kadiolo, Kolondiéba-Madinani et Sankarani.

Les formations birrimiennes, elles, sont des structures synclinales orientées NNE-SSW de quelques dizaines de kilomètres de largeur et dont la longueur peut atteindre plusieurs centaines de kilomètres. On distingue, d'est en ouest, les zones de Bagoé,

Bougouni-Kékoro, Yanfolila et Kangaba.

La zone de Bagoé présente une structure de synclinorium longeant le fleuve Bagoé. La partie centrale est constituée de roches sédimentaires continentales (schiste cristallin, grauwacke). Le pourtour est constitué de roches volcaniques métamorphiques (arkose, basalte, dacite, tuf) et, plus rarement, de conglomérats et de grauwacke.

La zone de Bougouni-Kékoro, qui appartient au Secteur concerné par la présente étude, est constituée de schiste pélitique et de grès (psammite) métamorphique ainsi que, dans une partie, de cornéenne riche en biotite. On peut également trouver des roches volcaniques métamorphiques.

La zone de Yanfolila est caractérisée par les roches sédimentaires de type flysch (schiste cristallin, grauwacke), mais contient également des roches volcaniques et de quartzite.

La zone de Kangaba est située en majeure partie en Guinée. Bien qu'elle soit mal connue, on peut penser qu'elle est similaire à la zone de Yanfolila.

3-1-3 Gisements aurifères au voisinage de la Région étudiée

L'or se trouve principalement dans les formations birrimiennes du sud-ouest du Mali. Extrait autrefois uniquement par les orpailleurs privés, il est aujourd'hui exploité et recherché par de grandes sociétés étrangères (BHP, Anglo-American, Randgold, etc.). Nous présentons ci-dessous les mines et les gisements les plus importants.

(1) mine de Syama

Située à 300 km au sud-est de Bamako.

Les études réalisées par PNUDP entre 1980 et 1986 ont conduit à estimer la teneur de seuil exploitable (cut off grade) en or à 3 g/t et les réserves estimées à 15,5 millions de tonnes, soit plus de 100 tonnes d'or. L'exploitation des gisements oxydés dans les couches supérieures faite de 1990 à 1997 a produit 24 tonnes d'or. La production annuelle s'est élevée à 4,1 tonnes dans l'année 1997. Par la suite, des filons satellites ont été découverts (Syama extension, Syama alpha), qui ont permis de prolonger la vie de la mine d'environ un an (production supplémentaire de 2,3 tonnes). On en est actuellement à la deuxième phase de l'exploitation des gisements sulfurés dont la teneur et les réserves probables seraient respectivement 4,02 g/t, et 21 millions de tonnes exécutée par la sté.SOMISY (Apports: Randgold; 65%, Gouvernement malien ; 20%, Société Financière Internationale(IFC); 15%). (source: rapport intérieur MMAJ 1998)

(2) gisement de Sadiola

Situé à 77 km au sud de Kayes.

Ce gisement devrait devenir la plus grande mine d'or du Mali, avec ses réserves exploitables estimées à 49,2 millions de tonnes, une teneur à 2,86 g/t, soit une production totale d'or de 140 tonnes. La mine a été mise en service en février 1996 en prévoyant la production de 12 tonnes par an. Actuellement, le développement progresse rapidement

sous l'impulsion d'AAC (qui détient 38% du capital). Les autres actionnaires sont Iamgold (38%), le gouvernement malien (18%) et IFC (Société Financière Internationale) (6%). Au niveau des infrastructures, une route de 76 km reliant Sadiola à Kayes est en cours de construction, de même qu'une canalisation d'alimentation en eau de 56 km à partir du fleuve Sénégal.

(3) gisement de Loulo

Situé à 30 km au nord-ouest de Kéniébia.

Le gisement a été découvert en 1983. La teneur et la production totale d'or sont estimés respectivement 5g/t et 120 tonnes. Les sondages à 6000 m au total a été réalisé en 1992 (phase 1). En 1993 l'exploration de Phase 2 a exécuté des sondages à 3000 m (première semestre) et 4000 m (deuxième semestre). La sté. SOMILO procède actuellement à une étude de faisabilité. Les actionnaires de SOMILO (Société Minière de Loulo) sont Randgold Resources (51%), La Source (29%), le gouvernement malien (20%). (Source : rapport intérieur MMAJ 1998)

(4) gisement de Kalana

Il est situé à environ 42 km au sud de Yanfolila, près de la frontière guinéenne.

Les réserves prouvées de 50 à 57 tonnes et la teneur moyenne de 13 à 15 g/t. De 1985 à 1991, 2 à 3 tonnes d'or ont été produites avec l'assistance technique de l'ancienne Union Soviétique, mais l'exploitation a été arrêtée après l'éclatement de ce pays. La mine est aujourd'hui possédée à 100% par le gouvernement malien, la Banque Mondiale pousse à sa privatisation.

(5) autres gisements sites d'exploration de Morila et Donba

Au voisinage de la Région de l'Etude de Kékoro, les zones minéralisées dont l'exploration bien avancée sont celles de Morila et de Donba se situant à 30 km environ au sud-est de Kékoro. Pour ces zones, en 1992, la société BHP a obtenu les droits d'exploration. Actuellement les permis sont transférés à la société Randgold. La minéralisation est constituée du gisement de l'or natif contenu dans le grès métamorphique de la formation birrimienne et de la désimination de pyrite-arsénopyrite. Les minéralisations ont été découvertes par l'étude de surface, l'exploration géochimique par puits et tranchées, géophysique, ainsi que les sondages, sans s'appuyer aux signes de surface telles que les informations d'orpailleurs locaux. La production totale jusqu'à la date du mois de mars 1998, s'élève à 27 tonnes. (d'après d'un ingénieur- géologue de la société Randgold sur place)

La Figure I-3-2(2) montre la localisation des zones reconnues minéralisées et des Permis de Morila et de Donba dans la région de l'Etude. Celles-ci se situant au Sud-Est sur la Figure, des zones reconnues minéralisées de Kékoro, Diamou, Kouloukoro et les minéralisations de Banifing-baoulé (découvertes par l'Etude de cette année) correspondent à l'extension Nord-Ouest de ceux-là. Cet axe préférentiel de ces zones minéralisées correspond pratiquement à la direction de structure dominante NNW-SSE qu'indique la

schistosité de zone Bougouni-Kékoro de la formation birrimienne, et aussi à la direction de linéament NW-SE. Notamment, nous espérons que le potentiel de la zone minéralisation de Kékoro soit promettant, située au voisinage (à 20Km au NW) des minéralisations (de Donba et Morila) dont les réserves sont déjà estimées.

(6) productions d'or

En 1997, l'exportation d'or de la République du Mali a été chiffré à 18,5 tonnes près de 3 fois évoluée par rapport de 6,85 tonnes de l'année précédente. La production annuelle d'or de la mine de Sadiola (propriété : sté. IAM Gold et sté Anglo Américain) s'élevant à 12,2 tonnes a largement contribué à cette évolution. Par ailleurs, la mine de Syama (sté. Randgold) a produit 4,1 tonnes d'or. Pour l'année 1998, l'exportation d'or devrait être estimée à 20 – 21 tonnes, en tenant compte l'évolution d'exploitation aux mines de Syama et d'autres. Les chiffres de la production d'or au Mali dans ces dernières années sont les suivants

1991	4,6 tonnes
1992	6,0 tonnes
1993	6,4 tonnes
1994	6,3 tonnes
1995	
1996	6,85 tonnes
1997	18,5 tonnes

3-2 Etudes antérieures relatives aux voisinages de la Région de l'Etude

(1) Etudes réalisées

Dans la zone Nord de Kékoro, de 1972 à 1974, le BRGM a réalisé une étude générale de la géologie sur la superficie de 30 000 Km², en vue de la recherche des substances minières à savoir : Cu, Ni, Pb, Zn, Sn, Li, Nb, Ta.

De 1991 à 1993, dans la zone située au sud de la région de la présente Etude dont une partie comprise, une mission d'étude de base pour le développement des ressources minières de la région de Bougouni dans le cadre de la coopération Mali-Japon menée par la JICA / MMAJ.

A l'année 1994, une mission d'étude de suivi (follow up) a été menée dans le cadre de la coopération Mali-Japon. Les résultats obtenus au cours de ces dernières études présente, une forte probabilité de présence des minéralisations aurifères aux environs de Kékoro dans la Région de l'Etude.

(2) Droits et Permis minières

Aux alentours de la région de Kékoro, les sociétés BHP et Randgold ont obtenu les permis minières. Dans la Région de l'Etude aussi, plusieurs sociétés étrangères ont sollicité les droits et permis d'exploration. Cependant, pour la raison d'exécution de l'Etude

dans le cadre de la coopération Mali-Japon, la Direction Nationale de la Géologie et des Mines(DNGM) n'autorise pas l'obtention des droits ou permis minières dans la région faisant l'objet de l'Etude.

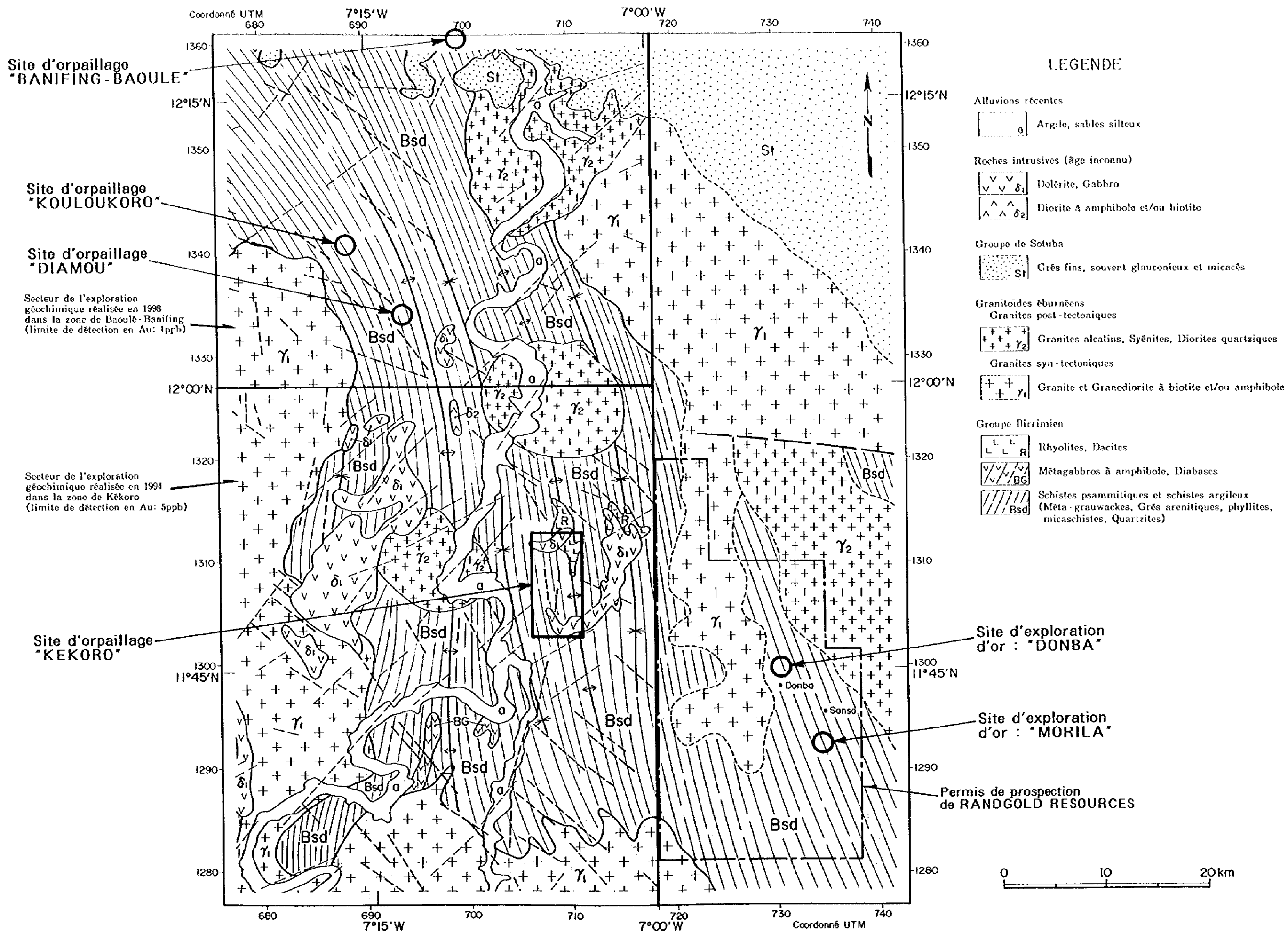


Fig.I-3-2(2) Distribution des zones minéralisées dans la région de la présente recherche et à son voisinage

Chapitre I-4. Principaux résultats de la première année d'étude

4-1 Région de Kékoro

La région reconnue minéralisée de Kékoro se situe à environ 2 km au sud-ouest du village de Kékoro (Figure II-1-1). La périphérie de cette région est occupée par des monts escarpés de 100 à 200 m de dénivelée ayant la forme d'arcs de cercle d'environ 10 km de rayon et dont l'intérieur est le bassin de faible altitude. Dans les zones escarpées, on trouve des roches intrusives (dolérite, rhyolite, etc.), tandis que le bassin d'intérieur est constitué de concaves morphologique, de collines et plateforme à recouvrement épais de latérite et de terrains alluviaux. Les blocs d'épandage nous font penser que la psammite des formations birrimiennes est largement répartie sous la couche de latérite.

La minéralisation de la région de Kékoro se divise en 6 Secteurs : du nord au sud, Kékoro F, Kékoro A, Kékoro B, Kékoro C, Kékoro D et Kékoro E (Figure II-1-3).

Dans la région minéralisée de Kékoro, l'extraction de l'or a été pratiquée dans la couche de latérite et ses sédiments secondaires depuis le 14^{ème} siècle. Il subsiste encore de nombreux vestiges de ces sites d'orpaillage. Mais à partir des années 70, quand il est devenu possible d'avoir des revenus en liquide avec la culture du coton, les chercheurs d'or ont subitement disparu. On ne trouve aujourd'hui (en 1998) pratiquement aucune exploitation organisée. En 1994, une étude menée par la MMAJ / JICA a découvert une large zone d'anomalies géochimiques et attiré l'attention sur le fait que la probabilité était forte que ces anomalies soient liées à un phénomène de minéralisation de l'or dû à une altération hydrothermale des formations birrimiennes (notamment silicifications et disséminations de pyrite/arsénopyrite). La présente année d'étude a été consacrée essentiellement à une description des données de base relatives à la distribution des zones minéralisées et à l'occurrence d'or.

Nous présentons ci-dessous les principaux résultats obtenus au cours de cette année d'étude ainsi que la politique d'étude pour les années à venir.

(a) Répartition des sites d'orpaillage et des zones minéralisées

En utilisant les données GPS et en effectuant des relevés topographiques simples, nous avons pu dresser une carte des sites d'orpaillage et des zones minéralisées sur une étendue de 9 km dans le sens N-S et de 3 km dans le sens E-W (Figure II-1-3). Cette carte a révélé que les puits existants dans les Secteurs Kékoro A, Kékoro B et Kékoro C étaient tous continus et que les puits creusés dans les Secteurs Kékoro D, Kékoro E et Kékoro F étaient chacun indépendants. Cependant, nous avons fait remarquer que, la répartition de ces zones minéralisées étant fortement régie par la structure géologique orientée N-S, et une étude dans le périmètre bien limité autour des zones minéralisées était insuffisante

pour élucider les aspects de la minéralisation aurifère dans la Région de l'Etude. Nous avons donc proposé d'établir une carte géologique à grande échelle à partir de l'interprétation des images satellite, d'études géologiques détaillées de la surface et d'études géochimiques détaillées.

(b) Occurrence (présence) d'or

La grande majorité des anciens puits d'orpaillage sont situés dans la latérite (en particulier cuirasse et carapace et leurs sédiments secondaires) ou dans des alluvions de rivières. Dans une partie des puits, des veines de quartz ou des dykes de rhyolite fortement silicifiée sont exploitées. Sauf dans le Secteur Kékoro F, le fond des puits n'atteint pratiquement jamais la couche de saprolite. Le Tableau II-1-2 montre les résultats d'analyse des échantillons présentant une teneur en or (Au) supérieure à 0,1 g/t. La latérite brune à l'intérieur des puits offre une teneur de 0,1 à 0,4 g/t, la saprolite une teneur de 2,7 à 3,7 g/t, les blocs de quartz une teneur de 0,4 à 86,0 g/t et les dykes de rhyolite une teneur de 0,2 g/t.

(b1) Or contenu dans la latérite et la saprolite

D'une manière générale, on peut considérer que l'or contenu dans la latérite a connu un déplacement secondaire à partir d'une zone primaire par effet combiné de la latéritisation et des fluctuations des eaux souterraines. Cette zone de déplacement secondaire se développant dans la latérite et la saprolite en forme de champignons, il est possible que la zone primaire d'or minéralisé se situe en-dessous des chapeaux de ces champignons. Il s'agit donc de découvrir et d'étudier ces chapeaux, puis d'explorer la bande de minéralisation primaire. Compte tenu des exemples de sondage réalisés précédemment en Afrique de l'ouest, on dit qu'il est nécessaire de connaître au moins le (ou les) champignon(s) situé(s) dans la saprolite pour déterminer la position de la zone de minéralisation primaire. On peut donc penser qu'une combinaison de forage par percussion et d'explorations de puits constituera une méthode efficace pour les études futures. Le forage par percussion, bien que coûteux, est utilisable même lorsque la couche de saprolite est profonde. L'exploration de puits est plus économique, mais est limitée, pour des raisons de sécurité, à une profondeur de 7 à 8 m. C'est pourquoi il sera souhaitable de réaliser une exploration efficace en combinant de façon adéquate le forage par percussion et l'exploration par puits.

(b2) Effet de minéralisation primaire de l'or

Les endroits où des minéralisations primaires de l'or ont été observées sont les blocs de quartz des Secteurs Kékoro A, Kékoro B et Kékoro C, ainsi que les affleurements des dykes de rhyolite silicifiée du Secteur Kékoro E. Le résultat d'analyse des blocs de quartz a révélé une teneur en or (Au) de 86 g/t dans les blocs accompagnant les

disséminations d'arsénopyrite, de 0,5 g/t dans le schiste cristallin pélitique possédant des veines de quartz à structure brecciolarisée, et de 0,4 g/t dans les blocs de quartz gris foncé à gros grains. L'analyse au microscope a révélé la présence d'un électrum de 10 à 40 μ m à la périphérie de la pyrite hypidiomorphe à grains fins ainsi que dans les interstices entre le quartz et les microveines de goéthite. Par ailleurs, dans les dykes de rhyolite silicifiée présentant une teneur en or(Au) de 0,2 g/t, on trouve des quantités importantes de d'arsénopyrite, de pyrite et de pirrotine disséminées. Toutes ces observations laissent à penser que la minéralisation de l'or et les disséminations de minéraux sulfurés sont étroitement liées.

(c) Influence de la structure géologique des zones minéralisées

A l'exception des endroits où l'on extrayait l'or dans les alluvions, les sites d'orpaillage et les zones reconnues minéralisées sont orientés sur une longueur de 9 km suivant la direction nord-sud. Dans les Secteurs de Kékoro A et Kékoro B, des arêtes et des concaves morphologique se développent suivant les directions N-S ou NE-SW. Des concentrations importantes d'or ont été observées dans la latérite et les blocs de quartz prélevés dans cette zone. Dans le Secteur Kékoro E, la direction d'intrusion des dykes de rhyolite silicifiée où se produit une minéralisation d'or est N-S. Toutes ces observations conduisent à penser que la probabilité est forte que la zone de minéralisation de la région de Kékoro soit fortement influencée par la structure géologique orientée N-S. Dans les explorations futures, il sera donc bon de fixer la ligne de mesure dans la direction E-W.

(d) Secteurs prioritaires pour l'étude géochimique en couche profonde

Comme il a été dit en (b), dans les endroits où une minéralisation de l'or a déjà été observée, il sera nécessaire de réaliser une étude géochimique de la couche profonde de saprolite, au moyen d'une combinaison de forages par percussion et d'explorations de puits. Comme le montre le Tableau II-1-2, la teneur en or(Au) est plus élevée dans les échantillons prélevés dans la partie nord (en particulier Secteurs Kékoro F, Kékoro A et Kékoro B) que dans ceux prélevés dans la partie sud. Il sera donc requis de commencer par la partie nord du Secteur Kékoro pour réaliser l'étude géochimique au bas profond.

4-2 Région de Baoulé-Banifing

(1) Etude des zones reconnues minéralisées

De même que les Secteurs de la région de Kékoro, les Secteurs de Kouloukoro, Siliba Sobara et de Diamou, dans la partie Est de la région de Baoulé-Banifing, étaient connus comme zones minéralisées où les activités d'extraction artisanale étaient présentes autrefois. L'étude réalisée cette fois-ci a permis d'y ajouter à nouveau les zones minéralisées découvertes dans les Secteurs de Soba et de Banifing - Baoulé (B.B.).

• Secteur de Soba

Situé au nord de Diamou, ce Secteur a attiré l'attention car on y trouve des blocs de quartz en grande quantité. Le quartz formant par endroits des veines de 30 cm de large, pénètre les formations birrimiennes dans l'orientation et l'inclinaison générales de N10-20E, 30-70E. Mais on le trouve le plus souvent sous forme de blocs d'épandage, dont l'orientation est NE-SW. Ces blocs sont constitués de quartz pégnatitique, de quartz massif blanc à gros grains, de quartz contenant de l'hématite ou de quartz contenant de la tourmaline. Pour la plupart, ces blocs ne renferment pas d'or: sur 12 échantillons prélevés, seul un quartz contenant de l'oxyde de fer offre une teneur en or de 0,01 g/t.

• Secteur de Banifing-Baoulé

Au cours de l'étude géochimique, un grand nombre d'anciens puits d'extraction ont été découverts à la périphérie du plateau latéritique. Ces sites sont répartis sur un périmètre de 300 m sur 150 légèrement allongé suivant la direction NNW-SSE. L'échantillon de latérite supposé correspondre aux haldes de forage offre une teneur en or de 1,2 g/t. Cet échantillon, constitué principalement d'oxyde de fer poreux de couleur brun-rouge dont les grains de quartz sont à moitié dissous, est considéré comme représentant l'origine de la carapace. Ce Secteur ne présente pas d'anomalies géochimiques: les quatre échantillons de latérite prélevés dans les puits d'extraction offrent une teneur en or de l'ordre de 1 ppb. Ce Secteur est particulier car il contient une coche(strate) renfermant de l'or en-dessous de la carapace de l'horizon latéritique.

Les fortes anomalies en or de la partie Est de la région de Baoulé-Banifing sont constitués de deux à trois bandes orientées NW-SE. Mais le Secteur de Banifing-Baoulé situé au nord-est de cette partie, n'appartient à aucune de ces bandes d'anomalies. L'objectif principal des études ultérieures sera d'appréhender la forme des zones minéralisées au sein de l'horizons latéritiques, par le biais de puits d'exploration à réaliser aux chapelet des puits existants et leurs environs.

• Secteur de Siriba Sobala

Il est difficile de déterminer exactement le périmètre des zones minéralisées. Mais la distance entre les anciens puits d'extraction de l'or répartis à l'est et à l'ouest des trois puits creusés dans la latérite, est d'environ 500 m. Le Secteur de Siriba Sobala, bien que distant de 6 km de celui de Kouloukoro, se situe à la limite nord de la zone de collines qui se prolonge dans la direction WNW-ESE. Il présente de nombreuses similitudes avec ce Secteur-ci, telles que la faible profondeur du niveau de soubassement et la faible épaisseur de la couche de latérite. Il faut donc considérer ce Secteur comme le même ensemble d'effets de minéralisation.

• Secteur de Kouloukoro

Les puits d'extraction de ce Secteur se répartissent sur environ 300 m, avec une orientation générale WNW-ESE. La couche de terre latéritique recouvrant la socle est

extrêmement peu épaisse. Elle correspond à la carapace, mais on peut penser qu'il s'agit de latérite récente ou secondaire formée après l'érosion de la zone de rhyolite. On trouve un grand nombre de blocs de quartz disséminés, avec beaucoup de quartz massif transparent et, plus rarement, de la tourmaline et de la muscovite. La teneur en or du quartz est de moins de 0,015 g/t pour le quartz transparent à gros grains, et se situe entre 0,015 et 0,005 g/t pour le quartz renfermant de la tourmaline ou de la muscovite. La teneur en or des échantillons prélevés dans la latérite est comprise entre 0,015 et 0,01 g/t. On n'a donc pas découvert de zones à forte teneur en or.

Les Secteurs de Siriba Sobala et de Kouloukoro présentent de nombreuses similitudes, comme par exemple la faible profondeur de la socle et de la couche de latérite. En outre, les anomalies géochimiques en or, bien que faibles, sont continues entre ces deux Secteurs, et il faut donc les considérer comme un même ensemble d'effets de minéralisation. On peut penser que la minéralisation primaire suit la fracture supposée correspondre à la limite nord de la zone de collines qui se prolonge dans la direction WNW-ESE. La couche de latérite qui la recouvre étant peu épaisse, c'est la teneur en or due à la minéralisation primaire qui pose problème.

• Secteur de Diamou

Dans ce Secteur dénué de latérite, les formations birrimiennes sont directement affleurantes. Il abrite un grand nombre de puits d'extraction. Constitués principalement de roche métasédimentaire, ces sites sont répartis à la limite des roches intrusives de dacite que l'on trouve plus au sud. Alignés pour la plupart suivant la direction N30-50W, 70-50E, ils sont creusés à l'oblique en suivant pratiquement la ligne de schistosité de la roche métasédimentaire. Le chapelet de sites, globalement orienté WNW-ESE, a une longueur de 130 m et une largeur qui varie entre 30 et 40 m. Le Secteur de Diamou étant la seule zone minéralisée dans laquelle les sites aient été creusés directement dans les formations birrimiennes, on pense qu'il s'agit de filons minéralisés en forme d'échelons. Cependant, dans la mesure où on n'a fait que vérifier que la teneur en or de la zone de fracture, considérée comme fortement minéralisée, était de 0,89 g/t, des études détaillées seront nécessaires pour évaluer les possibilités de ce Secteur.

Les explorations géochimiques ont montré que le Secteur de Diamou se situe dans la zone d'anomalies en or orientée NNW-SSE qui se prolonge jusqu'au Secteur de Kouloukoro au nord. Pourtant, les anomalies en or observées dans la zone reconnue minéralisée ne sont pas très élevées. Au contraire, des anomalies importantes sont observées au sud de Diamou, de sorte que cette zone attire aujourd'hui l'attention. Ces anomalies se situant sur la plateau latéritique, on peut espérer, avec un peu d'optimisme, la présence d'un enrichissement en or et d'une minéralisation primaire dans les horizons de latérite, en-dessous de la zone de fortes anomalies géochimiques.

(2) Etude géochimique

Pour l'étude géochimique du sous-sol, nous avons prélevé un total de 6000 échantillons dans la région de Baoulé-Banifing, dans la zone située entre les latitudes nord 12°00 et 12°20 (à l'exception du Secteur de Kékoro). Nous avons ensuite analysé dans ces échantillons la présence des éléments indicateurs Au, Ag, As, Cu, Mo, Pb, Sb et Zn. Mo et Sb, qui étaient en-dessous de la limite de détection de l'appareillage, n'ont pas été pris en compte dans le traitement statistique. L'analyse monovariante et l'analyse des composantes principales qui ont été réalisées ont montré qu'Au se comportait de façon indépendante et qu'As, pourtant généralement considéré comme un indicateur de minéralisation, ne présentait aucune corrélation avec Au.

Dans la région de Baoulé-Banifing, dans laquelle les études géochimiques ont été réalisées, la teneur en Cu et en Zn est plus forte dans la partie Est que dans la partie Ouest, et on peut penser que la présence de nombreuses roches intrusives doléritiques en est la cause. La teneur en or étant élevée dans la partie Est, on peut imaginer qu'il s'agit du prolongement des fortes anomalies en or observées dans le Secteur de Kékoro. A l'inverse, dans la partie Ouest, on n'observe que des anomalies dispersées et isolées. Ainsi, les fortes anomalies en or de la partie Est de la région de Baoulé Banifing, orientées NW-SE, peuvent être observées sur plus de 40 km depuis la région de Kékoro. A Sagala, Diamou, Sirikoro, Kalako et Torokoro, les mesures ont révélé la présence d'anomalies géochimiques en or supérieures à 200 ppb.

Ces anomalies sont toutes orientées NW-SE ou NNW-SSE, c'est-à-dire en accord avec la schistosité des formations birrimiennes et les linéaments orientés NW-SE. Dans la partie Est (Sirikoro, Kalako, Torokoro), les zones d'anomalies sont rectilignes et orientées NW-SE. La zone d'anomalies de Diamou, plus à l'ouest, présente de faibles anomalies en or qui font penser aux zones minéralisées de Kouloukoro et de Siliba Sobara. Plus au nord-ouest, on trouve également une zone de faibles anomalies en or. Ainsi, on peut dire que la zone de fortes anomalies en or de la partie Est de la région de Baoulé-Banifing est constituée de deux bandes orientées NW-SE.

La zone d'anomalies de Sagala, située au sud-ouest de Diamou, semble être indépendante de ces deux bandes. La partie nord-ouest de cette zone peut également être considérée comme une troisième bande d'anomalies se prolongeant sur les zones d'anomalies du Secteur de Kékoro (bien que cela ne soit pas net du fait de l'absence de formations birrimiennes dans cette région).

Dans la partie Est de la région de Baoulé-Banifing et dans la région de Kékoro, qui correspond à son extension au S-E, on note que l'intensité et la largeur des anomalies en Au augmentent nettement au voisinage de la zone reconnue minéralisée de Kékoro.

Partie II. ETUDES REALISEES

Chapitre II-1. Etude de la zone reconnue minéralisée de Kékoro

Dans le présent rapport, nous appellerons "région de Kékoro" la partie située au sud de latitudes 12°N (Fig.II-1-1) qui constitue la partie sud de la région concernée par l'étude (Figure II.1.1). A l'intérieur de cette zone, nous appellerons "Secteur Kékoro" les environs des anciens sites d'orpaillage au sud du village de Kékoro (fig. II-1-1 et II-1-3).

1-1 Aperçu de la géologie

La Figure II-1-1 présente la carte géologique de la région de Kékoro. Le sous-sol est constitué de formations birrimiennes du protérozoïque inférieur entourées de roches granitiques orogéniques, le tout étant transpercé par des roches granitiques post-orogéniques et par de la dolérite.

(1) formations birrimiennes

Les formations birrimiennes sont composées essentiellement de roches méta-sédimentaires faiblement métamorphiques (Bsd), accompagnées de faibles quantités de métagabbro (BG) et de rhyolite (R).

•roches méta-sédimentaires (Bsd)

Les roches méta-sédimentaires sont constituées de couches alternées de roches psammitiques (schiste cristallin et grès métamorphique) et de schiste pélitique. Dans la partie Ouest, le schiste cristallin gris, dont la recristallisation a progressé, est prédominant. On trouve du schiste cristallin de grain fin à grossier dont le mica et le quartz présentent une disposition orientée, ainsi que du schiste cristallin rubané dont les concentrations de quartz et de tourmaline présentent une structure rubannée. La partie Est est principalement constituée d'un grès faiblement métamorphique gris foncé dans lequel la structure de la roche de départ est bien conservée. Ce grès de faible degré métamorphique est constitué de fragments de roche volcanique ainsi que de gros grains de quartz et de feldspath dont la sélection et l'arrondissement sont faibles. Entre ces grains, on trouve des minéraux secondaires (biotite, actinolite, zoïsite, chlorite, grenat, etc.). Dans les environs de la zone reconnue minéralisée de Kékoro, les roches méta-sédimentaires sont parfois silicifiées ou carbonatées, s'accompagnant de quantités importantes de tourmaline idiomorphe. Le schiste pélitique, noir et à grains fins, développe une structure feuilletée et forme avec le schiste cristallin et le grès métamorphique de fines couches alternées. Le tuf felsitique est une roche blanche à grains fins qui contient de la biotite concentrée sous forme de tâches. On le trouve de façon ponctuelle à l'Est de Dogo. Une étude au microscope laisse supposer que le tuf vitreux rhyolitique a subi un métamorphisme.

• métagabbro (BG)

Le métagabbro a été rencontré dans 4 zones du sud-ouest de la région étudiée, dont l'une mesurait 8 km sur 2. La direction dans laquelle s'allonge la roche est en accord avec la structure des formations birrimiennes. Le métagabbro, gabbro hornblendique à gros grain de couleur gris foncé et à bandes vertes, ne présente pas d'orientation privilégiée en termes de distribution du minerai. On rencontre souvent des disséminations de pyrite jaune.

• rhyolite (R)

La rhyolite est présente dans les formations birrimiennes des zones montagneuses autour de la zone reconnue minéralisée de Kékoro, sous forme de souches ou de filons rocheux. Le lithofaciès est constitué de zoïsite et de rhyolite microgène pauvre en phénocristaux, ayant souvent subi une forte silicification ou une forte séricitisation. Il est difficile, à l'heure actuelle, de dire si la roche a pénétré sous l'effet de l'activité magmatique au moment de la génération des formations birrimiennes ou si, comme la dolérite, elle a pénétré à l'ère secondaire (ou mésozoïque). Cependant, tenant compte du fait que, dans les environs de la zone reconnue minéralisée de Kékoro, la roche est sujette à une silicification comme dans les formations birrimiennes, et du fait que nous avons observé à Sérédjekourou une aurification accompagnée de disséminations de pyrite/arsénopyrite et de fins filons quartziques, nous avons inclus la rhyolite dans les formations birrimiennes dans le cadre de cette étude.

(2) granite orogénique ($\gamma 1$)

Le granite orogénique est constitué de granite biotitique largement distribué autour des formations birrimiennes. Il offre généralement une granulométrie et une coloration uniformes et présente rarement une structure gneisseuse. On observe les combinaisons de minéraux colorés biotite/hornblendite et biotite/muscovite.

(3) granite post-orogénique ($\gamma 2$)

Le granite post-orogénique est réparti en plusieurs endroits dans les parties Nord et Ouest de la zone reconnue minéralisée de Kékoro sous forme de cercles et d'ellipses dont le diamètre varie entre 1 et 13 km. Constitué de granite et de feldspath alcalin de type leucocrate dont la coloration tirant sur le rose est très caractéristique, le granite post-orogénique pénètre à la fois dans les formations birrimiennes et dans le granite orogénique.

(4) dolérite ($\delta 1$), diorite ($\delta 2$)

La dolérite est répartie en quantité variable dans plusieurs endroits dans l'ensemble de la région. La plus grande zone mesure 20 km sur 5. Le lithofaciès est une roche holocristalline uniforme de couleur gris foncé à gris-vert foncé. Constituée essentiellement de plagioclase et de pyroxène ordinaire de grains d'environ 1 mm, la dolérite contient également dans les interstices inter-granulaires une faible quantité d'olivine ou de biotite à grain fin. Souvent, elle contient également de l'hypersthénite

idiomorphe de grain de 1 à 2 mm. Les altérations sont peu importantes, avec seulement l'apparition par endroits de smectite dans le minerai coloré. On sait que, dans les environs de la zone reconnue minéralisée de Kékoro, la diorite et le porphyrite dioritoïde accompagnent la diorite en faibles quantités. La diorite est décrite comme une roche porphyrique contenant de la biotite verte dont on suppose qu'elle est due à l'effet des altérations ou du métamorphisme (JICA/MMAJ, 1992, 1994).

A l'heure actuelle, de nombreux points restent obscurs concernant l'ordre de formation de la dolérite ($\delta 1$), de la diorite ($\delta 2$), du métagabbro (BG) et de la rhyolite (R). Dans les études qui seront réalisées à partir de l'année prochaine, il sera nécessaire de décrire l'état d'apparition de ces minéraux dans le sol et de réaliser des datations afin de tirer au clair la relation avec les gisements aurifères.

(5) structure géologique

La schistosité des formations birrimiennes constituées de roches métasédimentaires présente une nette orientation NNW-SSE, avec une inclinaison quasi-verticale. On suppose que cela correspond à un développement d'une structure de plissement à intervalle étroit dont l'axe est quasiment parallèle à la schistosité. Mais le lithofaciès principal est une alternance de couches de schiste cristallin et de schiste pélitique, et on ne connaît donc pas la structure de façon précise. A partir des images satellite et des caractéristiques géomorphologiques, il est possible de classer les linéaments en deux types: ceux orientés NW-SE et ceux orientés NE-SW. Les linéaments orientés NW-SE se développent dans les formations birrimiennes et le granite orogénique et sont légèrement obliques par rapport à la schistosité, ce qui explique que nombre d'entre eux atteignent une longueur de 4 km. Les linéaments orientés NE-SW, quant à eux, coupent non seulement les formations birrimiennes et le granite orogénique, mais aussi le granite post-orogénique et la dolérite. Les linéaments, dont la longueur dépasse souvent les 10 km, sont à l'origine des caractéristiques géomorphologiques à grande échelle, telles que les méandres du fleuve Baoulé, la disposition rectiligne des principaux plateaux doléritiques des environs, etc.

1-2 Aperçu de la zone reconnue minéralisée

La zone minéralisée de Kékoro se trouve à 2 Km au sud-ouest du village de Kékoro (Fig. II-1-1).

L'extraction de l'or à partir de la latérite et de ses sédiments secondaires était pratiquée par les habitants depuis le 14^{ème} siècle. Mais elle a périclité à partir des années 70 avec l'arrivée de la culture du coton, qui fournissait aux habitants un revenu en liquide, et aujourd'hui, elle n'est pratiquement plus pratiquée.

Dans le voisinage de la zone reconnue minéralisée, des monts escarpés de 100 à 200 m de dénivelée sont disposés en arcs de cercles de rayon d'environ 10 km, l'intérieur étant constitué de terrains de faible altitude. Dans les zones escarpées, le sous-sol contient des

roches intrusives (dolérite, rhyolite, etc.), tandis que l'intérieur des cercles est constitué de terres alluviales basses et de collines recouvertes d'une couche épaisse de latérite. A en juger par les blocs disséminés, on peut supposer que les roches psammitiques des formations birrimiennes sont largement présentes en-dessous de la latérite.

Une étude par tranchée réalisée en 1939 a donné les résultats suivants pour les teneurs en or dans ce Secteur: 0,2 g/t dans les alluvions fluviales, 0,05 à 0,45 g/t dans la terre latéritique et 0,05 à 0,45 g/t dans les filons quartziques (Golouninow, 1950).

En 1949 et 1972, des études relatives au sable aurifère ont été réalisées. Le travail de 1949 a permis de déceler la présence à une profondeur de 8 m d'une couche de sable aurifère d'une épaisseur de 10 à 20 cm (Spindler, 1952). L'étude de 1972 a permis d'estimer la teneur moyenne du sable aurifère à 0,2 g/t, avec un maximum d'environ 0,8 g/t (BRGM, 1973). Par ailleurs, en 1981 et 1982, la société belge MIMA (Société Minière du Mali) a réalisé des examens par tranchée et par puits en sept endroits différents, mais dont les résultats ont conduit à envisager une rentabilité économique insuffisante (MIMA, 1982).

En 1991-1993, une étude préliminaire relative à une aide du gouvernement japonais pour le développement des ressources a été réalisée dans la région minière du sud de Bamako (14.000 km²), qui incluait le Secteur de Kékoro. Des échantillons de terre (latérite) ont été prélevés à des intervalles de 250 m dans la direction sens E-W et de 1000 m dans la direction N-S. Les essais réalisés ont révélé la présence d'anomalies géochimiques importantes dans la direction NW-SE (concentration d'Au de plusieurs centaines de ppb). La conclusion a été que, compte-tenu des conditions géologiques des environs, ces anomalies avaient de fortes chances de provenir de l'effet initial de minéralisation de l'or lié aux altérations hydrothermales des formations birrimiennes du sous-sol (en particulier, disséminations de siliciures et de pyrite/arsénopyrite) (MMJA/JICA, 1994).

Compte-tenu de ces éléments, la probabilité est forte que les altérations hydrothermales liées à la minéralisation de l'or se développent largement dans les formations birrimiennes. Il est possible également qu'en explorant, dans les zones d'altération, les endroits où la pureté de l'or est élevée, on découvre des gisements aurifères de type hydrothermal économiquement rentables. Par contre, si on se limite à la couche de latérite et à ses sédiments secondaires, il sera difficile d'obtenir des informations meilleures que celles obtenues par les études antérieures. C'est pourquoi nous avons décidé dans ce projet d'étudier principalement la couche de saprolite située au bas des profil de latérite ainsi que la bande de minéralisation primaire de l'or située au-dessous.

La stratégie pour la première année d'étude, a consisté aux deux principaux points suivants :

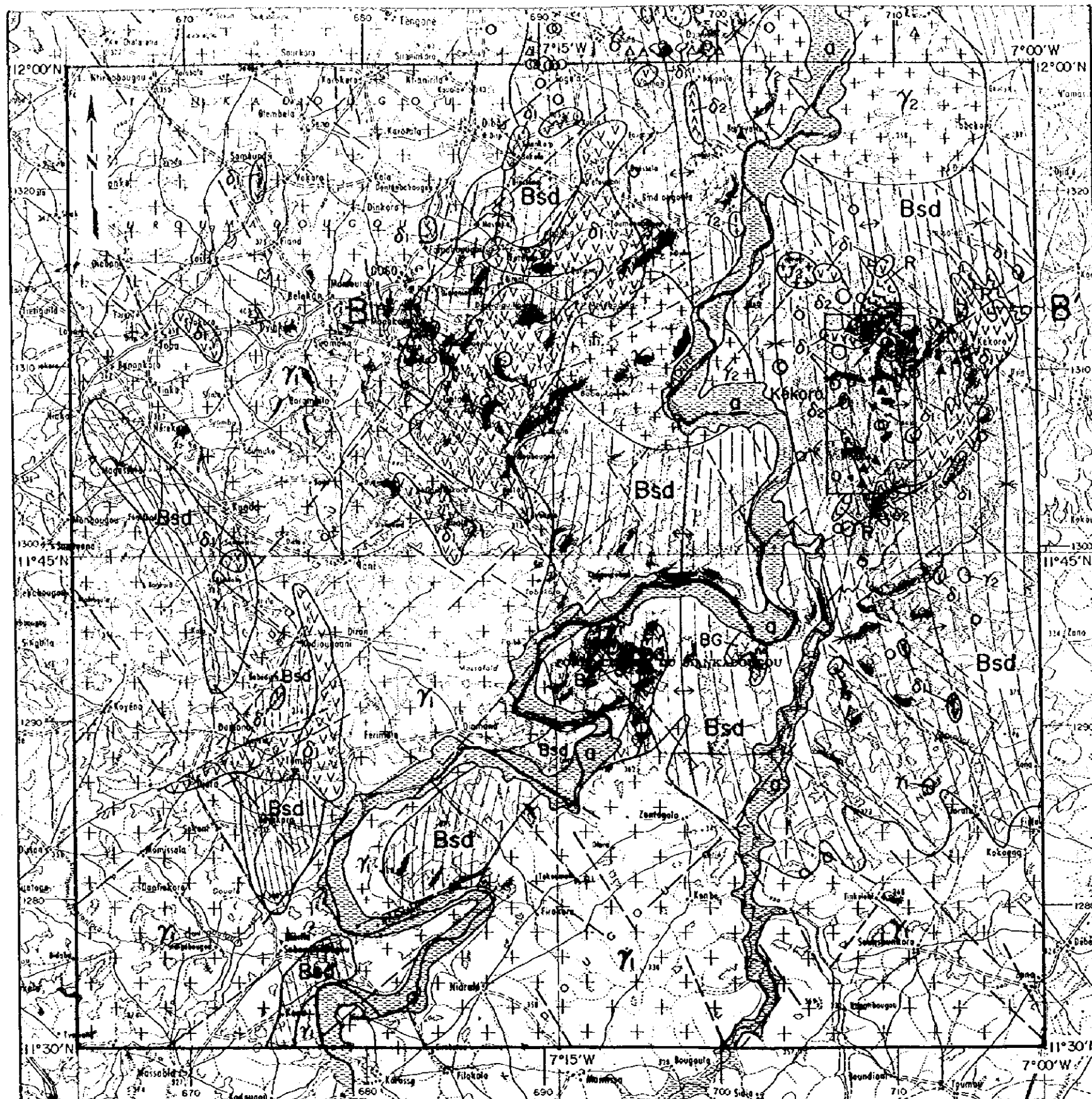
a) Saisir avec précision la distribution à plat des anciens sites d'orpaillage: En réalisant un dessin bien précis de la forme de leur distribution, connaître l'étendue de la

zone d'altération hydrothermale correspondant à la minéralisation de l'or et aussi d'estimer les réseaux de fissures relatives à la minéralisation au bas de sous-sol.

b) Relevés des caractéristiques topographiques des environs et la description des caractéristiques du sol : les matières fait objet d'extraction pour l'orpaillage d'or qui sont ; saplorite, cuirasse et carapace latéritiques filons de quartz ,les débris laissés sur les pentes t les alluvions récent de rivière .Les essais en laboratoire comprenaient des analyses de pureté (Au, Ag), des observations de sections polies de minéraux et de lames minces de roches, des études aux rayons X ainsi que des mesures de la température d'homogénéisation des inclusions fluides et de la concentration en sels. A la suite de ces travaux, la répartition de sole et blocs analysés seront graphiquement matérialis.

L'objectif de ces travaux consiste à l'estimation quantitative de déplacement d'or d'à partir de la zone de minéralisation primaire.





LEGENDE

- Alluvions récentes
 - Argilo, sables silteux
- Roches intrusives (âge inconnu)
 - ▽▽ δ₁ Dolérite, Gabbro
 - △△ δ₂ Diorite à amphibole et/ou biotite
- Groupe de Sotuba
 - St Grès fins, souvent glauconieux et micacés
- Granitoïdes éburnéens
 - Granites post-tectoniques
 - + + + γ₂ Granites alcalins, Syénites, Diorites quartziques
 - Granites syn-tectoniques
 - + + γ₁ Granite et Granodiorite à biotite et/ou amphibole
- Groupe Birrimien
 - L L R R Rhyolites, Dacites
 - BG Métagabbros à amphibole, Diabases
 - Bsd Schistes psammitiques et schistes argileux (Méta-grauwackes, Grès arenitiques, phyllites, micaschistes, Quartzites)
- Contour géologique
- Axe synclinal
- Axe anticlinal
- Linéament
- Direction et pendage des filons
- Direction de schistosité et pendage
- ▲ L'épandage de blocs de quartz (plus de 1 kg/m² environ)
- △ L'épandage de blocs de quartz (moins de 1 kg/m² environ)
- Site d'orpillage
- Anomalies géochimiques en or
 - Au ≥ 500 ppb
 - 500 > Au ≥ 100 ppb
- A1—A' La ligne des coupes

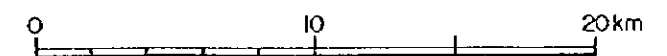
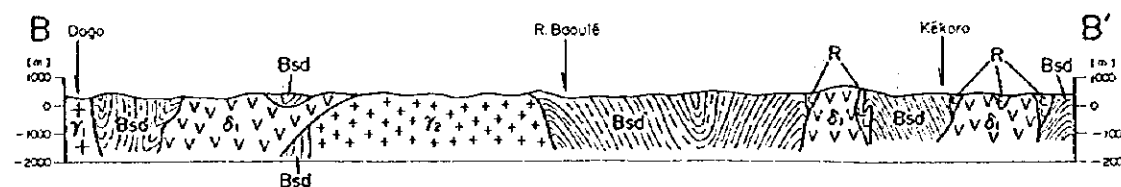


Fig. II-1-1 Plan et profile géologique de la région Kékoro

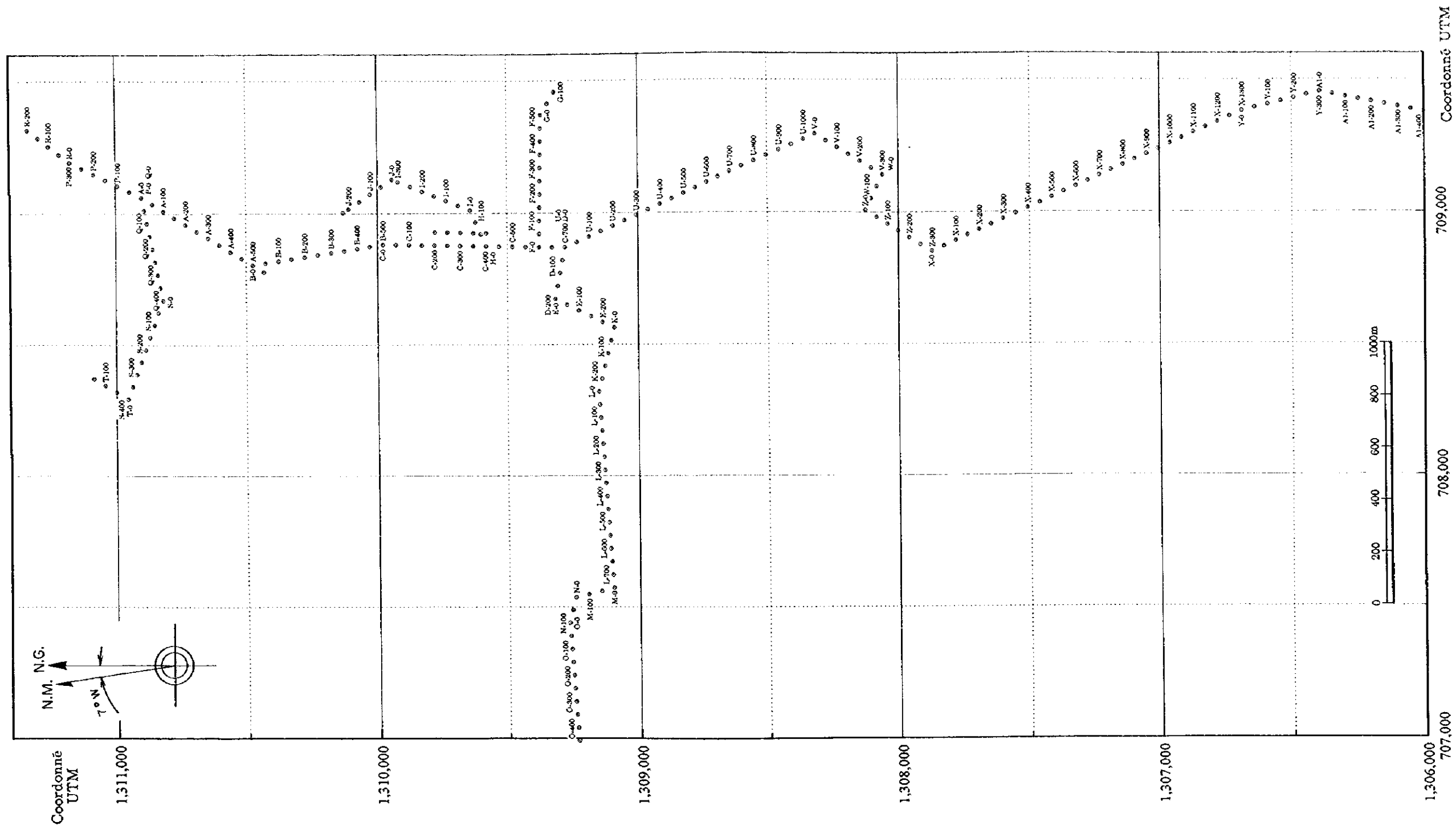


Fig.II-1-2 Disposition des piquets

Coordonné UTM

711.000

709.000

708.000

707.000

1.313.000

1.312.000

1.311.000

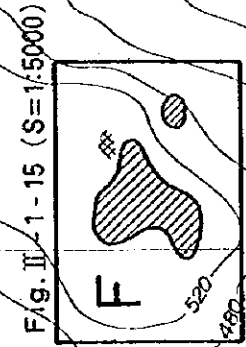
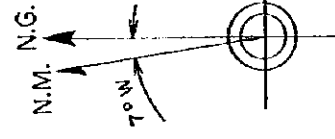
1.310.000

1.309.000

1.308.000

1.307.000

1.306.000



LEGENDE

- Districet aurifere
- Zone d'epandage de blocs de quartz
- Zone silicifiée et veinules de quartz, arsenopyrite dissiminée
- Region pour les études détaillées

Fig. II - 1 - 4 (S=1:5000)

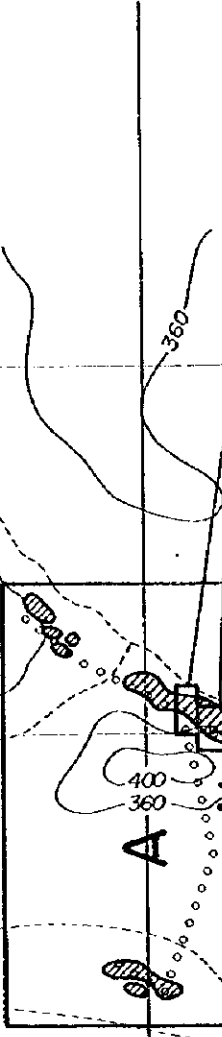


Fig. II - 1 - 5(1) (S=1:500)
Fig. II - 1 - 5(2) (S=1:500)

A2

A1

360

400

360

400

360

400

360

400

360

Fig. II - 1 - 9 (S=1:5000)

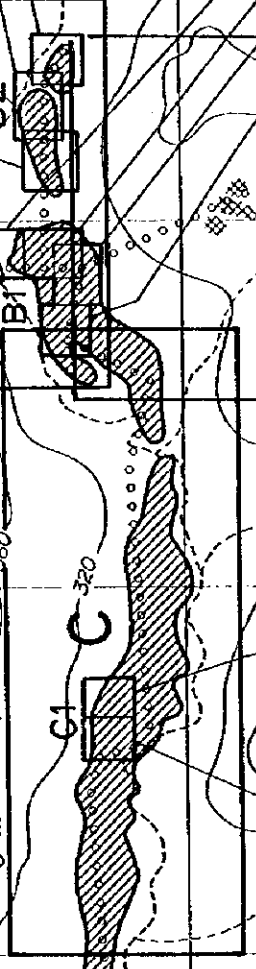


Fig. II - 1 - 10(1) (S=1:500)
Fig. II - 1 - 10(2) (S=1:500)

360

320

360

320

360

320

360

320

360

320

360

320

360

320

360

320

360

320

360

320

Fig. II - 1 - 11(1) (S=1:5000)

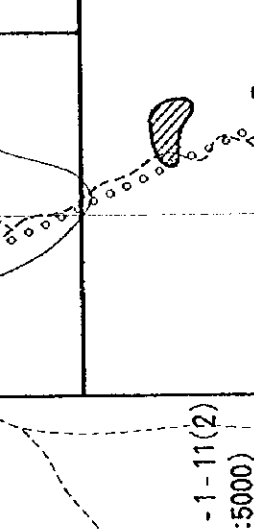


Fig. II - 1 - 7(1) (S=1:500)
Fig. II - 1 - 7(2) (S=1:500)
Fig. II - 1 - 7(3) (S=1:500)
Fig. II - 1 - 7(4) (S=1:500)

360

320

360

320

360

320

Fig. II - 1 - 11(2) (S=1:5000)

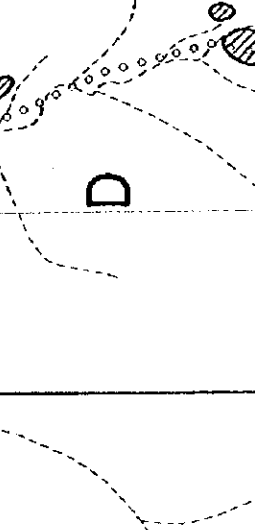


Fig. II - 1 - 13 (S=1:500)

360

320

360

320

360

320

360

320

360

320

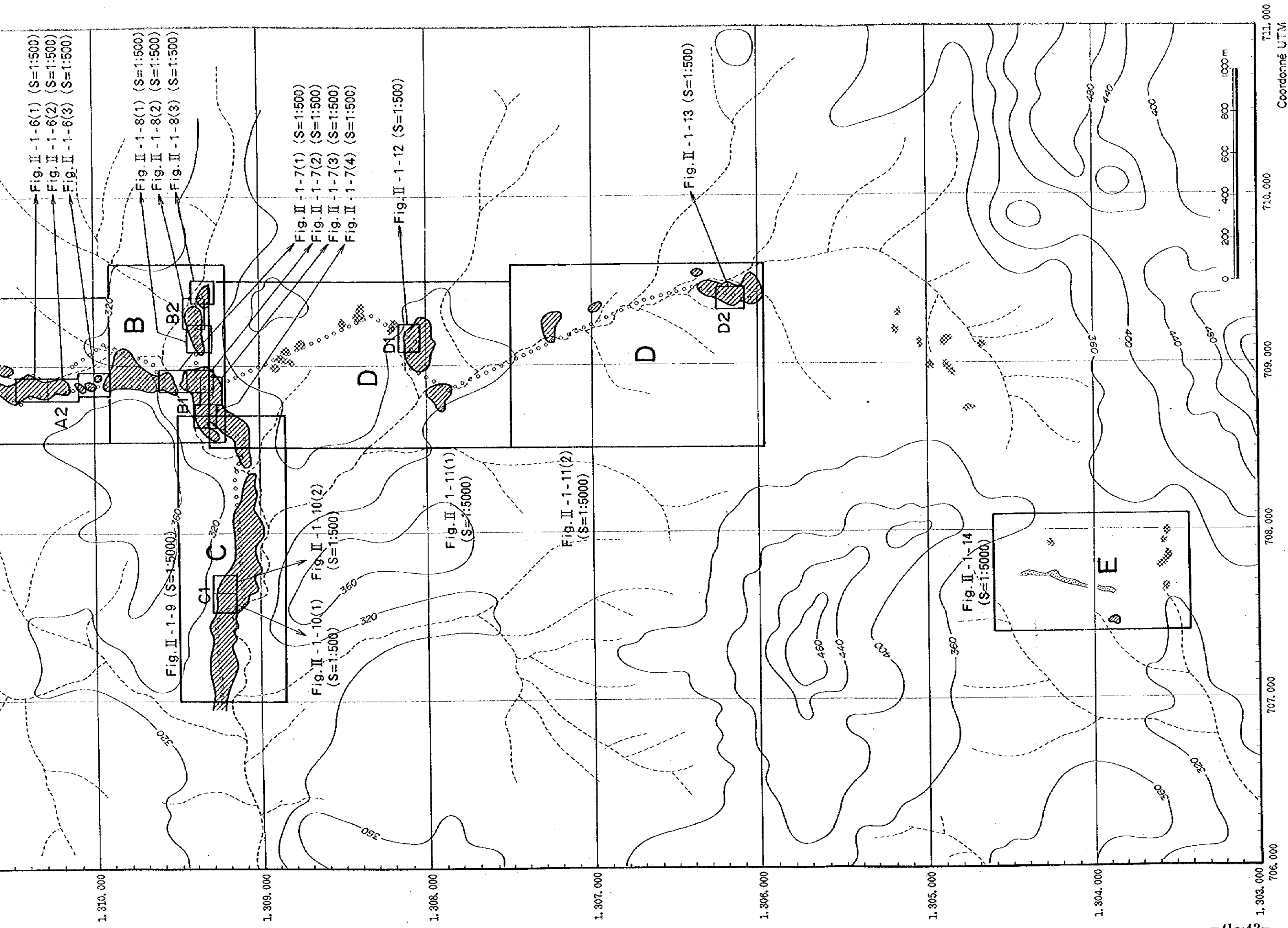


Fig. II-1-3 Répartition des sites minéralisés de la région Kékoro

