

マリ共和国 ケコロ・バオレーバニフィング地域

資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

平成 12 年 5 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

はしがき

日本国政府は、マリ共和国政府の要請に応え、同国南西部に位置するケコロ・バオレーバニフイング地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するための地質調査を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することにした。

本調査は平成9年度に開始され、平成11年度までの3年間にわたって実施された。現地調査は、マリ共和国政府機関およびマリ共和国地質鉱山局の協力を得て予定どおり完了した。本報告書は3年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたマリ共和国政府関係機関、ならびに外務省、通商産業省、在セネガル国日本国大使館及び関係各社の方々に哀心より感謝の意を表すものである。

平成12年 5月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

金属鉱業事業団
理事長 田代直弘

要 旨

Kékoro 地区において精密土壌地化学探査を実施した結果、Kékoro F 鉍徴地と Kékoro A 鉍徴地北部の2地区が、規模、Au 含有量ともに、他の異常帯に比べて圧倒的に優勢であることが明らかとなった。Kékoro F 鉍徴地の Au:100ppb 以上の地化学異常帯は 600m×600m の規模を有し、最高値は Au:2890ppb を示す。Kékoro A 鉍徴地北部の Au:100ppb 以上の地化学異常帯は 1000m×1200m の規模を有し、最高値は Au:1220ppb を示す。以降、Kékoro F 鉍徴地周辺の地化学異常帯を「Kékoro F 地区」と、Kékoro A 鉍徴地北部の地化学異常帯を「Kékoro A 地区」と呼称する。Kékoro A 地区における RC ボーリングにより、金鉍化帯が N250, N500, N750, N1000 および N1100 の各測線で確認され、東西 200m~400m, 南北約 850m にわたり連続することが確認された。鉍化帯周辺の地質は、ワッケ質砂質片岩と泥質片岩を主体とするビリミアン累層群とこれを貫く花崗閃緑岩からなる。金は鉍染状自然金として産し、鉍染状黄鉄鉍や硫砒鉄鉍を多量に伴う変堆積岩や、鉍染状硫化鉍物を少量含む花崗閃緑岩岩体中に認められる。金品位は、大半の箇所では 0.05 g/t Au~0.5 g/t Au を示す。1 g/t Au 以上の鉍化帯も多数認められ、各々の鉍化帯の区間長は 1m~13m で、区間平均品位は 2 g/t Au~10 g/t Au を示す。KDD-7 孔では、低品位ではあるが、より大規模な鉍化帯が認められる。そこでは、コア区間長 66m で、平均品位 0.9 g/t Au, 最高品位 9.6 g/t Au を示す。

Sagala 地区で精密土壌地化学探査を実施した結果、Sagala 地区南部異常帯と Sagala 地区北部異常帯からなる2箇所の地化学異常帯を発見した。南部異常帯の 60ppb Au 以上の区域は 1,500m×1,500m の規模を有し、分析値の最高値は 2,120ppb Au を示す。北部異常帯の 60ppb Au 以上の区域は 1,000m×1,500m の規模を有し、分析値の最高値は 2,030ppb Au を示す。南部と北部双方の異常帯を合わせて、1,000ppb Au 以上を示す土壌試料数は 18 点に及ぶ。Sagala 地区の花崗閃緑岩分布域における金の鉍化は、主に石英細脈によってもたらされたことが明らかとなった。石英細脈の大半は脈幅数 mm で、数 10cm~数 m 間隔に疎らに分布する。鉍化部の 1m 間の平均品位は数 g/t Au を示すことから、石英細脈内部の金品位は非常に高いものと推定される。Sagala 地区北部では花崗閃緑岩とビリミアン累層群の境界付近に金の鉍化が認められ、鉍化の程度は境界に近づくほど強くなる。Sagala 地区南部では南北方向に金鉍化帯が認められる。RC ボーリング孔 SRC-104 では、多量の鉍染状黄鉄鉍を伴う変安山岩中に顕著な鉍化を確認した。金の平均品位は高く、深度 0m ~60m 区間で 1.02 g/t Au を示す。

ケコロ・バオレーバニフィング地域において、今後、探鉍を継続すべき地区として、Kékoro, Sagala, Diamou, B.B, Sirba Sobala-Kouloukoro, Torokoro, Kalako および Sirikoro の 8 地区があげられる。Kékoro 地区と Sagala 地区では、Kékoro 地区西部の低比抵抗・高充電率異常帯と Kékoro F 地区の地化学異常帯を対象とするボーリング調査、さらに Sagala 地区の断裂帯の分布を明らかにする目的の放射能地化学探査が提案される。Diamou, B.B, Sirba Sobala-Kouloukoro, Torokoro, Kalako および Sirikoro の各地区は、第 1 年次調査で顕著な Au 地化学異常を確認したものの、その後の調査対象から外れていた。したがって、今後、地表踏査と精密地化学探査から探査を開始する必要がある。

目次

はしがき

要約

第1章 調査概要	1
1-1 調査目的	1
1-2 調査地域	1
1-3 調査内容	1
1-4 現地調査期間	1
1-5 調査員	1
第2章 地勢	1
2-1 気候と植生	1
2-2 地形	9
2-3 ラテライトの産状	9
第3章 マリ南西部の地質と金鉱床の概要	11
3-1 地質の概要	11
3-2 金鉱床の概要	16
第4章 Kékoro 地区	18
4-1 地表踏査およびピット調査結果	18
4-2 土壌地化学探査結果	44
4-3 RCボーリング調査結果	55
4-4 電気探査結果	65
4-5 コアボーリング調査結果	75
第5章 Baoulé-Banifing 地域	95
5-1 鉱徴地調査結果	95
5-2 地化学探査結果	95
第6章 Sagala 地区	107
6-1 地表踏査およびピット調査結果	107
6-2 精密土壌地化学探査結果	107
6-3 RCボーリング調査結果	113
6-4 電気探査結果	121
6-5 コアボーリング調査結果	127
第7章 結論	143
第8章 提言	144

Figures

Fig.1-1	Localisation des régions faisant l'objet de la recherche -----	2
Fig.1-2	Historique des études dans la région du Kékoro-Baoulé-Banifing -----	5
Fig.1-3	Recherches antérieures dans la région et les zones minéralisées -----	7
Fig.2-1	Climat et végétation -----	8
Fig.2-2	Profil schématique de latérite dans le secteur de Sagala -----	10
Fig.3-1	Esquisse géologique du sud-ouest du Mali -----	12
Fig.3-2	Distribution des zones minéralisées dans la région de la présente recherche et à son voisinage -	13
Fig.3-3	Coupe schématique de la géologie en région de Kékoro -Baoulé-Banifing -----	15
Fig.4-1	Plan géologique du Secteur de Kékoro Ouest -----	21
Fig.4-2	Profil géologique du Secteur de Kékoro Ouest -----	23
Fig.4-3	Répartition des sites minéralisées de la région de Kékoro -----	27
Fig.4-4	Excavations d'orpaillage de Kékoro A-1 -----	29
Fig.4-5	Excavations d'orpaillage de Kékoro A-2 -----	31
Fig.4-6	Excavations d'orpaillage de Kékoro B-1 -----	33
Fig.4-7	Répartition des sites minéralisées de Kékoro C -----	35
Fig.4-8	Répartition des sites minéralisées de Kékoro D (2/1) -----	37
Fig.4-9	Répartition des sites minéralisées de Kékoro D (2/2) -----	39
Fig.4-10	Esquisse géologique de Kékoro E -----	41
Fig.4-11	Localisation des sites de puits de Kékoro F -----	42
Fig.4-12	Géochimie d'élément tracé par rapport à la profondeur au KPIT-31 dans le secteur de Kékoro Ouest -----	43
Fig.4-13	Localisation des sites de puits de Kékoro Ouest -----	47
Fig.4-14	Distribution des anomalies géochimiques, Kékoro Ouest (Au et As) -----	49
Fig.4-15	Carte d'interprétation de Kékoro Ouest (Au, As) -----	51
Fig.4-16	Carte d'interprétation de Kékoro Ouest (PC1, PC2) -----	53
Fig.4-17	Localisation des régions faisant l'objet de la recherche -----	59
Fig.4-18	Localisation des régions faisant l'objet de la recherche -----	61
Fig.4-19	Carte plane des résultats d'étude géochimique en profondeur (teneur en Au :moyenne entres les niveaux 0 et 60m) -----	63
Fig.4-20	Carte plane des Résistivités modèles dans le Secteur de Kékoro -----	67
Fig.4-21	Carte plane des Chargeabilités modèles dans le Secteur de Kékoro -----	69
Fig.4-22	Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Kékoro, Ligne-N750 -----	71
Fig.4-23	Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Kékoro, Ligne-N1250 -----	73
Fig.4-24	Géologie et teneur en Au au trou KDD-1 et KDD-2 -----	82
Fig.4-25	Géologie et teneur en Au au trou KDD-3 et KDD-4 -----	83
Fig.4-26	Géologie et teneur en Au au trou KDD-5 et KDD-6 -----	84
Fig.4-27	Géologie et teneur en Au au trou KDD-7 et KDD-8 -----	85
Fig.4-28	Géologie et teneur en Au au trou KDD-9 et KDD-10 -----	86
Fig.4-29	Géologie et teneur en Au au trou KDD-11 -----	87
Fig.4-30	Coupe en travers la ligne N750 dans le Secteur de Kékoro -----	89

Fig.4-31	Coupe en travers la ligne N1250 dans le Secteur de Kékoro	91
Fig.4-32	Carte d'interprétation de Kékoro	93
Fig.5-1	Excavations d'orpaillage de Kouloukoro	97
Fig.5-2	Excavations d'orpaillage de Diamou	99
Fig.5-3	Répartition des zones minéralisées de Soba	101
Fig.5-4	Excavations d'orpaillage de B.B (Baoulé-Banifing)	102
Fig.5-5	Résultat d'analyse géochimique (Au, Baoulé-Banifing et Kékoro)	103
Fig.5-6	Distribution des anomalies géochimiques dans les régions de Kékoro et Baoulé-Banifing	105
Fig.6-1	Carte d'interprétation de Sagala	111
Fig.6-2	Localisation des trous de forage à circulation inverse (RC) et ceux de forage à diamant dans le Secteur de Sagala	117
Fig.6-3	Distribution des anomalies de l'or et de l'arsenic dans le Secteur de Sagala	119
Fig.6-4	Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Sagala, Ligne-N3250	123
Fig.6-5	Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Sagala, Ligne-N1750	125
Fig.6-6	Géologie et teneur en Au au trou SDD-1 et SDD-2 dans le Secteur de Sagala	131
Fig.6-7	Géologie et teneur en Au au trou SDD-3 et SDD-4 dans le Secteur de Sagala	132
Fig.6-8	Géologie et teneur en Au au trou SDD-5 et SDD-6 dans le Secteur de Sagala	133
Fig.6-9	Géologie et teneur en Au au trou SDD-8 et SDD-9 dans le Secteur de Sagala	134
Fig.6-10	Géologie et teneur en Au au trou SDD-10 et SDD-11 dans le Secteur de Sagala	135
Fig.6-11	Géologie et teneur en Au au trou SDD-12 dans le Secteur de Sagala	136
Fig.6-12	Coupe en travers la ligne N3250 dans le Secteur de Sagala	137
Fig.6-13	Coupe en travers la ligne N1750 dans le Secteur de Sagala	139
Fig.6-14	Carte d'interprétation du Secteur de Sagala	141

Tableaux

Tableau 1-1	Rubriques des études réalisées	3
Tableau 1-2	Composition de la mission d'étude	4
Tableau 2-1	Température, humidité et précipitation à Bamako	8
Tableau 3-1	Corrélation de stratigraphie	11
Tableau 4-1	Détermination de l'âge par K-Ar	18
Tableau 4-2(1)	Liste des zones minéralisées du secteur de Kékoro	24
Tableau 4-2(2)	Liste des zones minéralisées du secteur de Kékoro	25
Tableau 4-3	Valeurs statistiques pour chaque élément de Kékoro Ouest (géochimie détaillée)	45
Tableau 4-4	Valeurs de seuil de classement des anomalies de Kékoro Ouest (géochimie détaillée)	45
Tableau 4-5	La matrice de corrélation de Kékoro Ouest (géochimie détaillée)	46
Tableau 4-6	Analyse des composantes principales de Kékoro Ouest (géochimie détaillée)	46
Tableau 4-7	Les trous de forage à circulation inverse dans le secteur de Kékoro	57
Tableau 4-8	Liste des trous de forage à diamant dans le secteur de Kékoro	76
Tableau 6-1	a matrice de corrélation, Sagala	108
Tableau 6-2	Analyse des composantes principales, Sagala	108
Tableau 6-3	Valeurs statistiques pour chaque élément, Sagala	109

Tableau 6-4	Valeurs de seuil de classement des anomalies, Sagala	-----	109
Tableau 6-5	Liste des trous de forage à circulation inverse (RC) dans le secteur de Sagala	-----	115
Tableau 6-6	Liste des trous de forage à diamant dans le secteur de Sagala	-----	129
Tableau 6-7	Caractéristiques de la minéralisation dans le secteur de Sagala	-----	130

第1章 調査概要

1-1 調査目的

本調査は、マリ共和国ケコロ・バオレーバニフィング地域において地質状況および鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とする。また、相手国機関に対し、技術移転を図ることを目的とする。

1-2 調査地域

ケコロ・バオレーバニフィング地域は、首都バマコの南東約50km～100kmのBaoulé川とBanifing川の流域に位置する。当地域は、北緯12°00'以南のKékoro地域と、北緯12°00'以北のBaoulé - Banifing地域からなる(Fig.1-1)。

1-3 調査内容

3年間の調査経緯をFig.1-2とFig.1-3に、調査数量をTableau 1-1に示す。

1-4 現地調査期間

1997年度	自)1998年1月19日	至)1998年3月13日
1998年度	自)1999年1月17日	至)1999年3月14日
1999年度	自)1999年4月30日	至)1999年6月9日
	自)2000年1月8日	至)2000年4月20日

1-5 調査員

本調査に参画した人員をTableau 1-2に示す。

第2章 地勢

2-1 気候と植生

調査地域のマリ南部の気候はサバンナ帯に属す。3月～5月は暑く乾燥し、5月～11月は高温多湿、11月～3月は涼しく乾燥している。1月～3月は夜間と明け方の冷え込みが厳しく、日中の気温差は24～40℃に達する。年平均降水量は1,400mm前後で、降水の大半は5月から10月の雨季に集中する。植生はスーダン帯に属し、疎らな森林と背の高い草が地表全面を覆っている(Fig.2-1)。

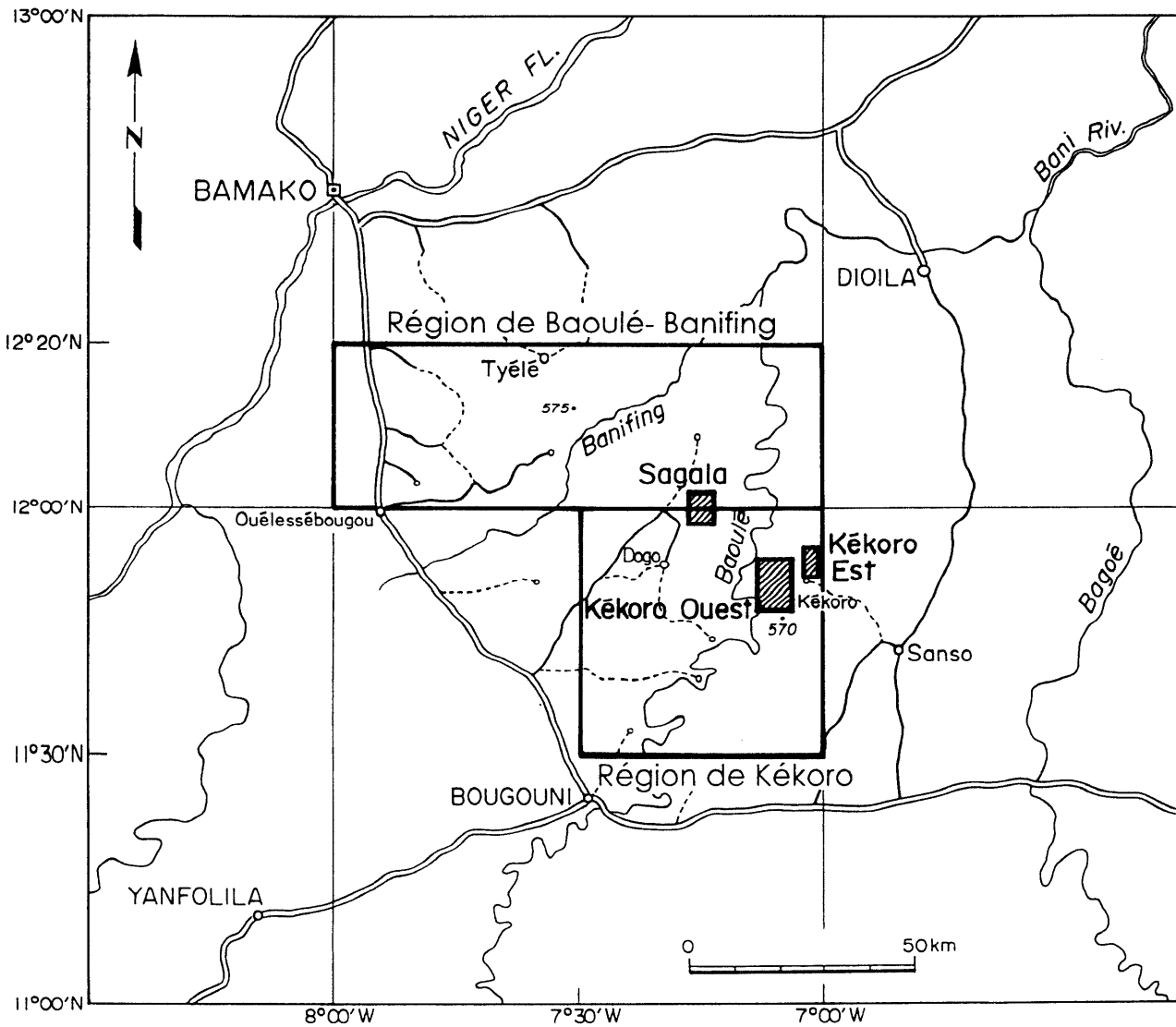
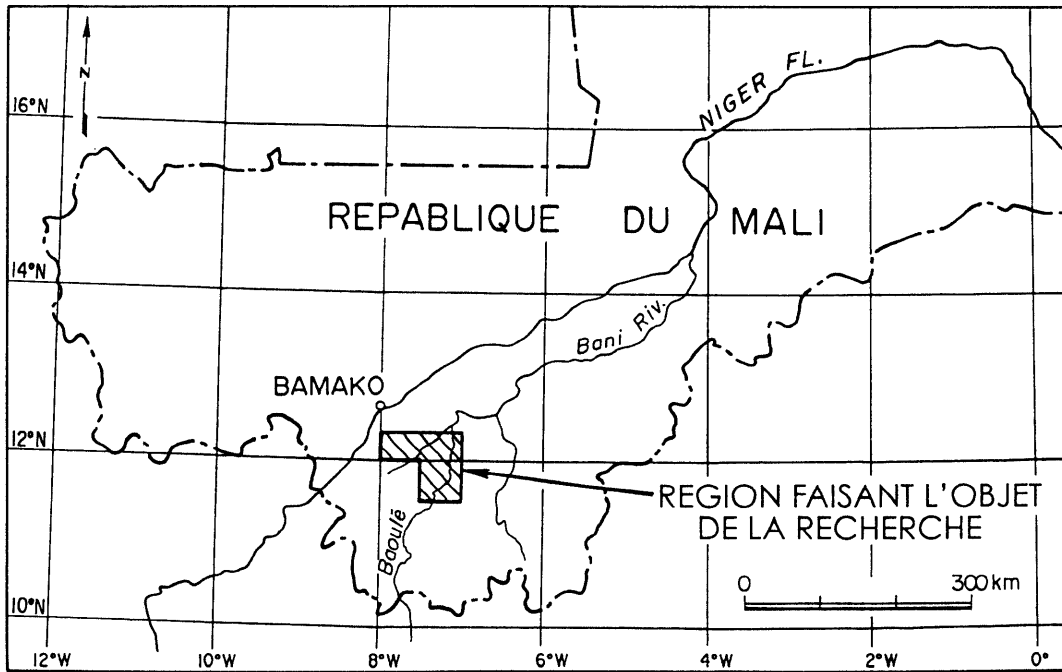


Fig.1-1 Localisation des régions faisant l'objet de la recherche

Tableau 1-1 Rubriques des études réalisées

Secteur	Rubriques	Quantité	Phase
Baoulé - Banifing	1 Analyse d'images-Landsat	7,000km ²	I
	2 Architecture d'un G.I.S.	à forfait	I
	3 Etude géochimique	6,000 échantillons 1,500 km	I
Kékoro	1 Cartographie topographique	300 km ²	II
	2 Etude géochimique	2,600 échantillons 192.4 km	II
	3 Leués des puits	57 puits 283 m	II
	4 Prospection électrique	13.2 km 1,200 points	III
	5 Forage à circulation inverse	66 trous 4,205 m	II, III
	6 Forages à carottage	11 trous 1,803 m	III
Sagala	1 Cartographie topographique	300 km ²	III
	2 Etude géochimique	1,216 échantillons 59.75 km	II
	3 Leués des puits	11 puits 56 m	II
	4 Prospection électrique	43.0 km 3,980 points	III
	5 Forage à circulation inverse	71 trous 4,054 m	III
	6 Forages à carottage	11 trous 1,600 m	III
Etude au laboratoire	1 lame mince	116	I, II
	2 Section polie	59	I, II
	3 Analyse par rayon X	68	I, II
	4 Inclusion fluide	23	I, II
	5 Datation (K-Ar)	15	II
	6 Analyse chimique des roches minerais *1	345	I, II
	7 Analyse chimique des sols *2	9,816	I, II
	8 Analyse chimique des sols (puits) *2	339	II
	9 Analyse chimique des roches (forages) *3	11,662	II, III

*1: Au,Ag

*2: Au,Ag,Cu,Pb,Zn,As,Sb

*3: Au,Ag,Al,As,Ba,Be,Bi,Ca,Cd,Co,Cr,Cu,Fe,Ga,Hg,K,La,Mg,
,Mn,Mo,Na,Ni,P,Pb,Sb,Sc,Sr,Ti,Tl,U,V,W,Zn

Tableau 1-2 Composition de la mission d'étude

Contrepartie Japonaise	Contrepartie Malienne
La mission pour négociation, 1997	
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)
SHIBASAKI, Hiroshi (MMAJ)	
L'équipe pour l'étude, 1997	
Chef géologue : SHIBUYA, Akitsura (SUMICON)	Chef géologue : Emmanuel THERA (DNGM)
Géologue : HIROKAWA, Toru (SUMICON)	Géologue : Lassana GUINDO (DNGM)
Géologue : NAGAO, Takaaki (SUMICON)	Géologue : Mohamed COULIBALY (DNGM)
Géologue : SAWATSU, Toshihisa (SUMICON)	Géologue : Baby FOFANA (DNGM)
Géologue : TAMURA, Masaharu (SUMICON)	Géologue : Karamoko BERTHE (DNGM)
Géologue : MORIMOTO, Koji (SUMICON)	
La mission pour négociation, 1998	
ITO, Tadashi (MMAJ)	Ibrahim Abba KANTAO (DNGM)
NAGUMO, Makoto (MMAJ)	Ibrahima SISSOKO (DNGM)
NISHIKAWA, Nobuyasu (MMAJ)	Fatiaga KONE (PDRM)
FUJII, Noboru (MMAJ)	Hachimi B. SIDIBE (DNGM)
L'équipe pour l'étude, 1998	
Chef géologue : SHIBUYA, Akitsura (SUMICON)	Chef géologue : Emmanuel THERA (DNGM)
Géologue : NAGAO, Takaaki (SUMICON)	Géologue : Lassana GUINDO (DNGM)
Géologue : ISHII, Masahiro (SUMICON)	Géologue : Mohamed COULIBALY (DNGM)
Géologue : UEDA, Koji (SUMICON)	Géologue : Karamoko BERTHE (DNGM)
Géologue : OHNO, Michiharu (SUMICON)	Géologue : Alphonse KONE (DNGM)
La mission pour négociation, 1999	
ITO, Tadashi (MMAJ)	Ibrahim Abba KANTAO (DNGM)
NISHIKAWA, Nobuyasu (MMAJ)	Ibrahima SISSOKO (DNGM)
FUJII, Noboru (MMAJ)	Fatiaga KONE (PDRM)
SHIBASAKI, Hiroshi (MMAJ)	Hachimi B. SIDIBE (DNGM)
	Ousman Aboudou MAIGA (DNGM)
L'équipe pour l'étude, 1999	
Chef géologue : SHIBUYA, Akitsura (SUMICON)	Chef géologue : Lassana GUINDO (DNGM)
Géologue : NAGAO, Takaaki (SUMICON)	Géologue : Emmanuel THERA (DNGM)
Géologue : UEDA, Koji (SUMICON)	Géologue : Yaya DJIRE (DNGM)
Géophysicien : TAKAHASHI, Naoyoshi (SUMICON)	Géologue : Ousmane TRAORE (DNGM)
Géophysicien : KIKUCHI, Yutaka (SUMICON)	Géologue : Mohamed COULIBALY (DNGM)
Géophysicien : KONDO, Mutsuo (SUMICON)	Géologique : Baby FOFANA (DNGM)
Superviseur : NARITA, Katsuei (SUMICON)	Géologue : Karamoko BERTHE (DNGM)
du Sondage	Géophysicien : Moussa Holla MAIGA (DNGM)

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.

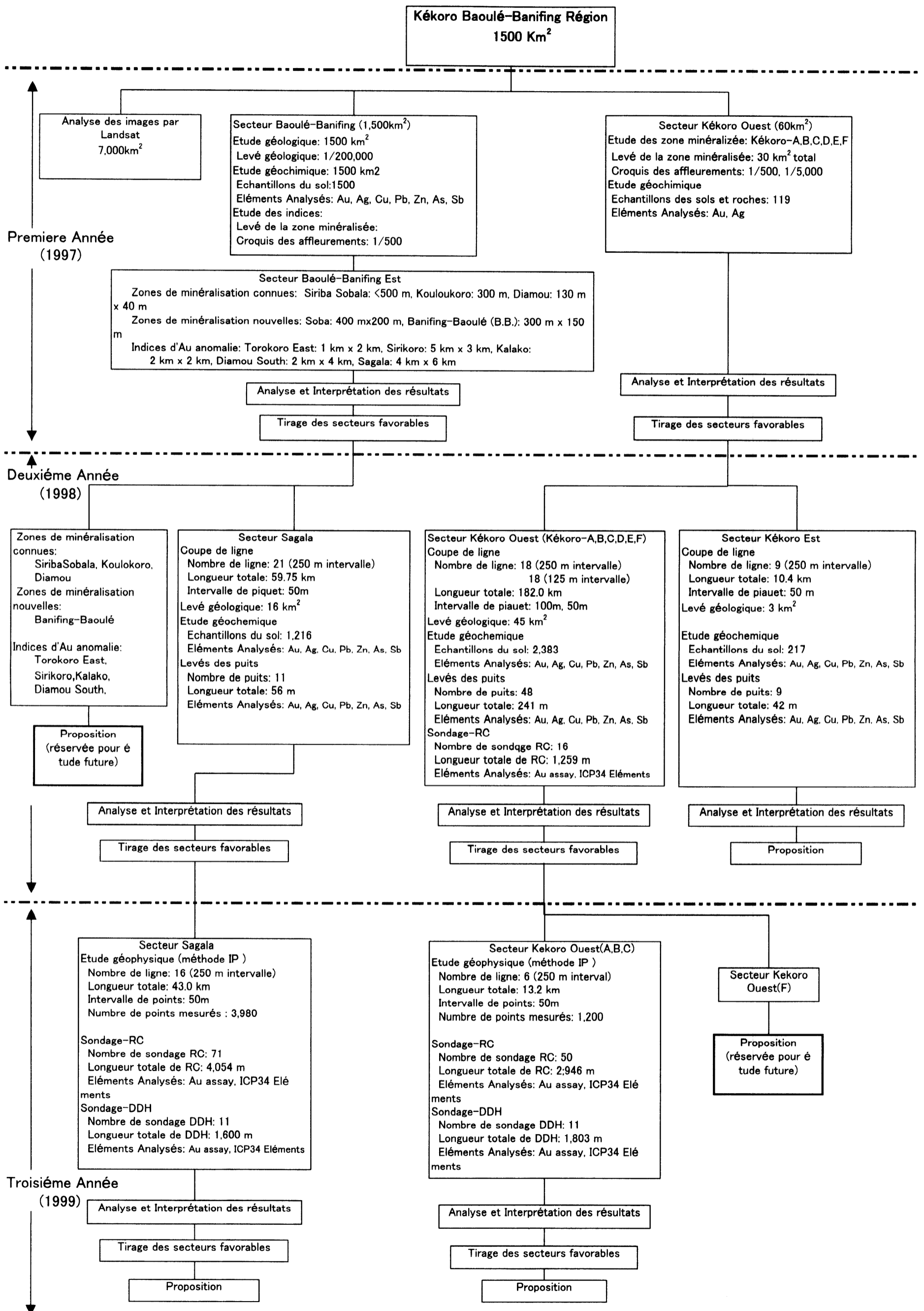


Fig.1-2 Historique des études dans la région du Kékoro-Baoulé-Banifing

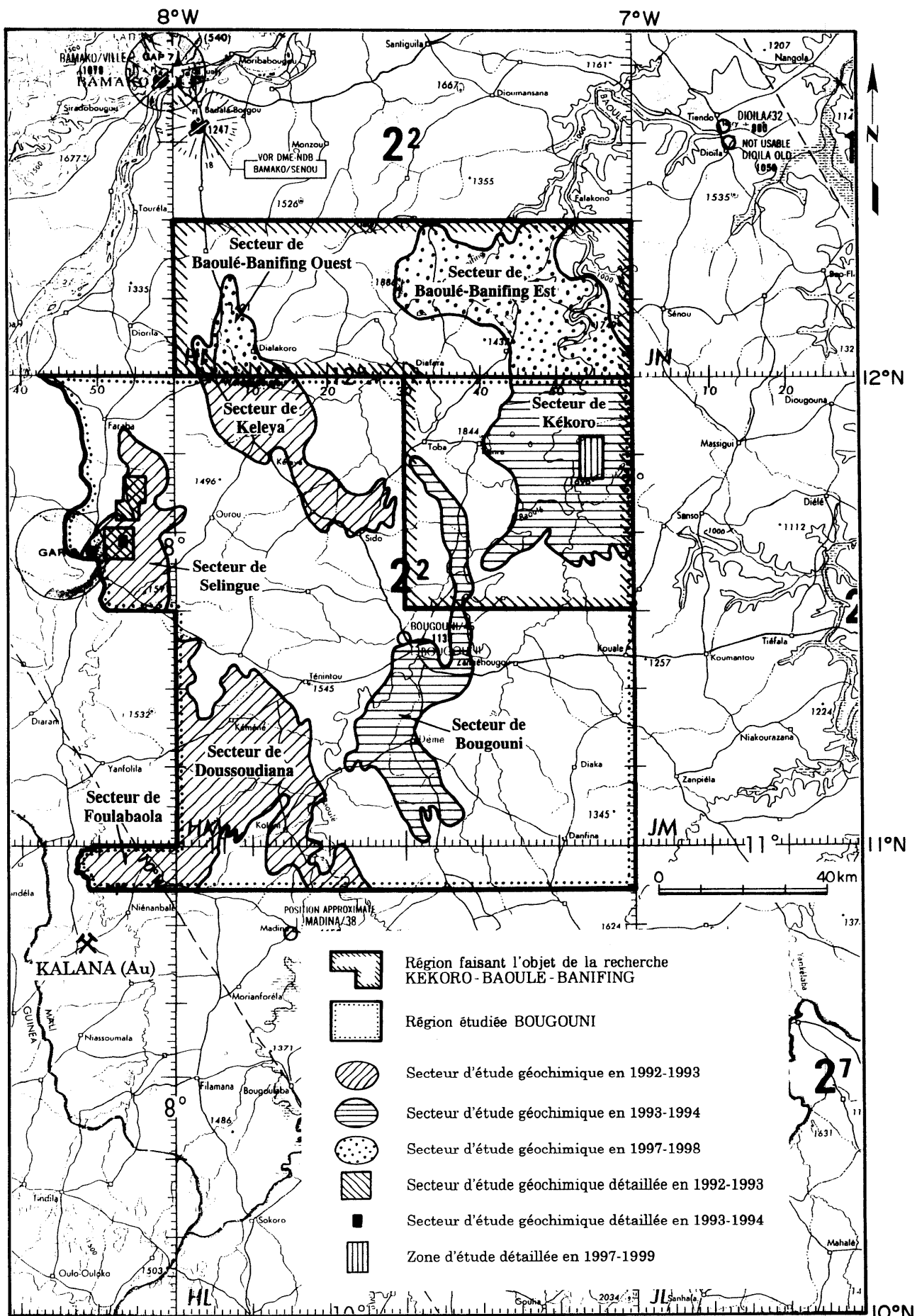


Fig.1-3 Recherches antérieures dans la région et les zones minéralisées

Tableau 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

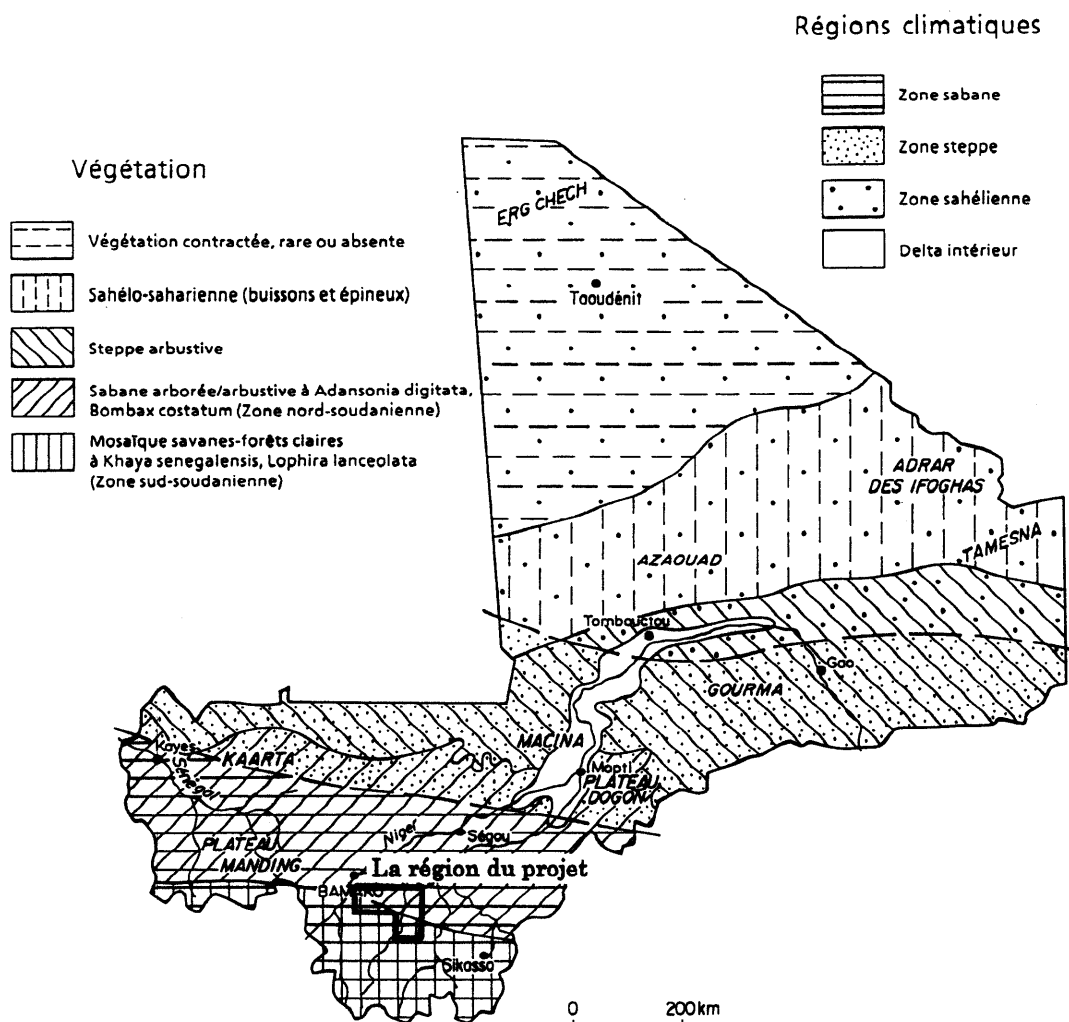


Fig.2-1 Climat et végétation

2-2 地形

調査地域は標高 300m～350m のゆるやかな高原からなり、比高差 20m～30m の小規模なテーブル状台地がその中に多数散在する。南から北に向かって流れる Baoulé 川と Banifing 川は、地域内で多くの支流を形成し、雨季には、これら河川の大部分が湛水する。

地形的に特異なのは Kékoro 地区である。同地区の周囲には比高 100～200m の山塊 (Kebekourou 山, Kouloubie 山, Kolobokourou 山および Seridjekourou 山) が環状に配列し、直径 10km の円形構造を形成している。金採掘跡の多くは、この円形構造の内側の盆地に位置するが、一部の採掘跡 (例えば Kékoro F 鉱徴地) は、Kebekourou 山山頂に位置する。

2-3 ラテライトの産状

本報告書では、高温・多湿の熱帯地方で生じる特徴的な土壌化作用、すなわち岩石の風化作用と鉄・アルミナ富化作用、さらにこれに伴う他の化学成分の溶脱・移動・濃集の全過程をラテライト化作用 (latérisation) と呼称する。また、このラテライト化作用で生じたキュイラス (cuirasse)、カラパス (carapace)、斑紋帯 (argile trachetée) およびサプロライト (saprolite) 全体をラテライト (latérite) と総称する。一般に、地表から地下の岩盤に向い、キュイラス、カラパス、斑紋帯、サプロライトの順に成層し、各々は漸移的に変化する (Fig.2-2)。

キュイラスは、調査地に散在するテーブル状の台地の頂部に分布し、その層厚は 1m～3m であることが多い。一般に黒色～赤褐色のゲーサイトおよびヘマタイトからなる魚卵状ノジュールを多量に含み、基質は鉄・アルミナ水酸化物で完全にセメント化している。全体に暗褐色を呈し、ツルハシでやっと碎けるほど硬い。キュイラスの上部数 10cm は鉄石 (ferricrete) と呼ばれ、きわめて堅い黒色のセメント物質のみから構成され、ノジュールを含まない。

カラパスは、キュイラスと同様に、ゲーサイトおよびヘマタイトからなる魚卵状ノジュールを含むが、基質は赤褐色の土壌からなり、セメント化は進行していない。上位のキュイラスとの境界付近はノジュール量が多く、その基質は弱いセメント化によってやや硬質になっている。下位の斑紋帯との境界付近はノジュール量が少なく、その基質には少量の白色粘土が認められる。カラパスは、調査地域全域に広く露出する。ピット調査結果によれば、層厚は Kékoro 西部地区と Kékoro 東部地区で 3m～5m、Sagala 地区で 5m 以上であることが多い。

斑紋帯は、鉄・アルミナ水酸化物からなる径 1cm 前後の褐色の斑紋が白色粘土中に散在するもので、一般に、カラパスとサプロライトの中間に産出する。ピット調査結果によれば、層厚は Kékoro 西部地区と Kékoro 東部地区で 0.5m～3m であることが多い。また、斑紋帯を欠き、カラパスの下位に直接サプロライトが認められる場合もある。Sagala 地区では、斑紋帯の産出深度が一部の例外を除いて深いため、ピット調査では層厚を確認できなかった。

サプロライトは、褐色、帯紫褐色または灰白色を呈する塊状・均質かつ軟質の風化岩で、カオリナイトとモンモリロナイトに富む。まれに、斑状組織や片状構造等の原岩組織・構造が残存していることがある。Kékoro 西部地区のピット調査と RC ボーリング調査結果によれば、サプロライトの上面

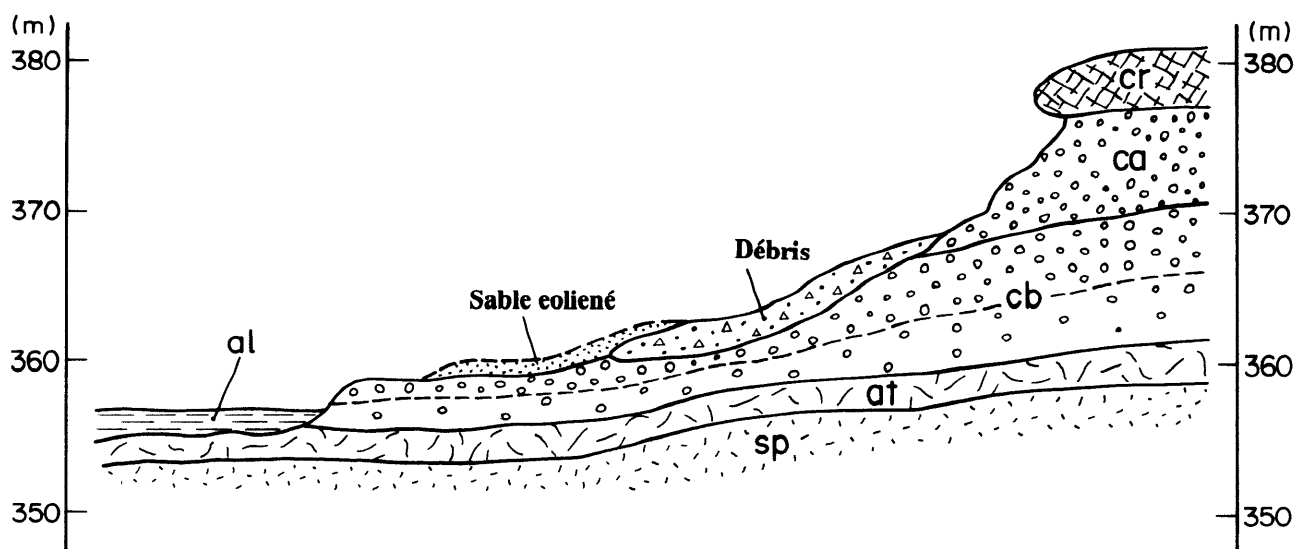
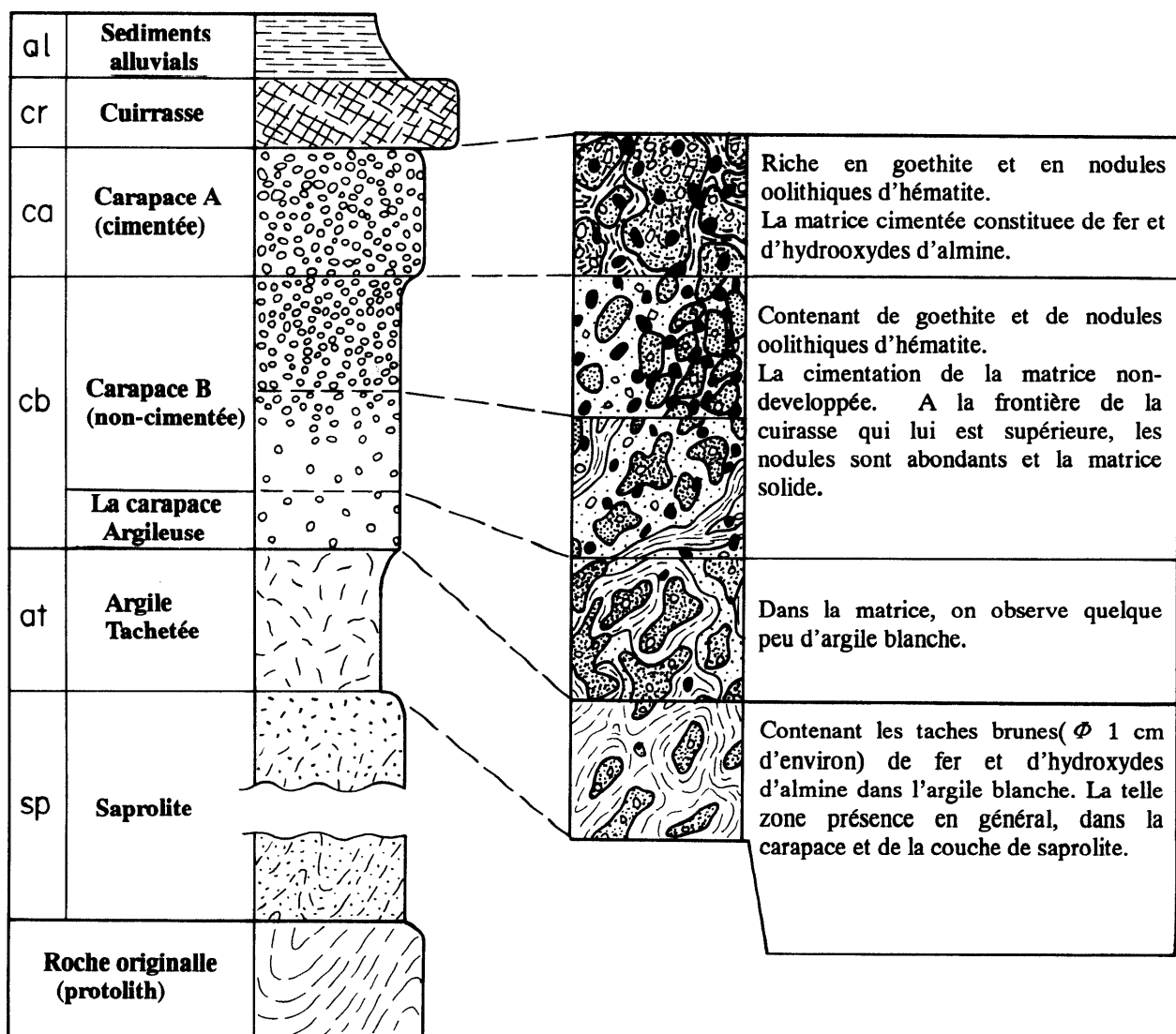


Fig.2-2 Profil schématique de latérie dans le secteur de Sagala

深度(出現深度)は5m 前後, 下底深度は30m~40mを示す。Kékoro 東部地区と Sagala 地区では RCボーリングを実施していないため下底深度は不明であるが, ピット調査結果によれば, 上面深度は Kékoro 東部地区で5m 前後, Sagala 地区で5m 以上を示した。

第3章 マリ南西部の地質と鉱床の概要

3-1 地質の概要

西アフリカにおける主要な変動は, 先カンブリア紀の4回の造山運動からなる。これらはリンポポーリベリア造山(27±2 億年前), エブルニア造山(20±2 億年前), キバラ造山(11±2 億年前)および汎アフリカ造山(6±2 億年前)である。リベリア剛塊北部の西アフリカ・クラトンには, 原生代前期に形成され, エブルニア造山時の変成・変形を受けたとされるビリミアン累層群と, これを貫くバンスリス状花崗岩類が広く分布する。ビリミアン累層群は, 幅数 10km, 長さ数 100km の細長いベルト状に分布し, 一般に弱い変成(緑色片岩相)を受けている。ケコロ・バオレーバニフィング地域周辺のビリミアン累層群は, 幅 20~70km, 長さ 150km 以上にわたり, NNE - SSW 方向に延長する複数のシンフォームを形成している。Milési (1992a)は, 火山岩類(変玄武岩, 安山岩, 凝灰岩)に富む上部ビリミアンと, 堆積岩類(片岩, アルコーズ砂岩, グレーワッケ)に富む下部ビリミアンに区分した (Tableau 3-1)。

Tableau 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	~~~~~	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	?	~~~~~ ? Niega-Pauli Plage gneissified granite Monogaga paragneiss	~~~~~ Pre-Birrimian crystalline basement

マリ南西部のプリミアン累層群は、東から西へ向かって Bagoé 帯, Bougouni-Kékoro 帯, Yanfolila 帯および Kangaba 帯の4帯に分けられる(Fig. 3-1)。 Bagoé 帯は Bagoé 川沿いに延びる複向斜構造を形成する。 その中央部は陸成堆積物(片岩, グレーワッケ)によって占められる。 一方周縁部は, 変火山岩類(安山岩, 玄武岩, 石英安山岩, 凝灰岩)からなり, 稀に礫岩およびグレーワッケが分布する。 Kékoro 地区と Sagala 地区が属する Bougouni-Kékoro 帯は泥質片岩と変砂岩からなり, 黒雲母に富んだホルンフェルスと変火山岩類を伴う。 Yanfolila 帯はフリッシュ型の堆積岩(片岩とグレーワッケ)で特徴付けられ, 火山岩と珪岩を伴う。 Kangaba 帯は大部分がギニアに分布するため, マリではよく知られていない。 岩相は Yanfolila 帯に類似していると考えられている。

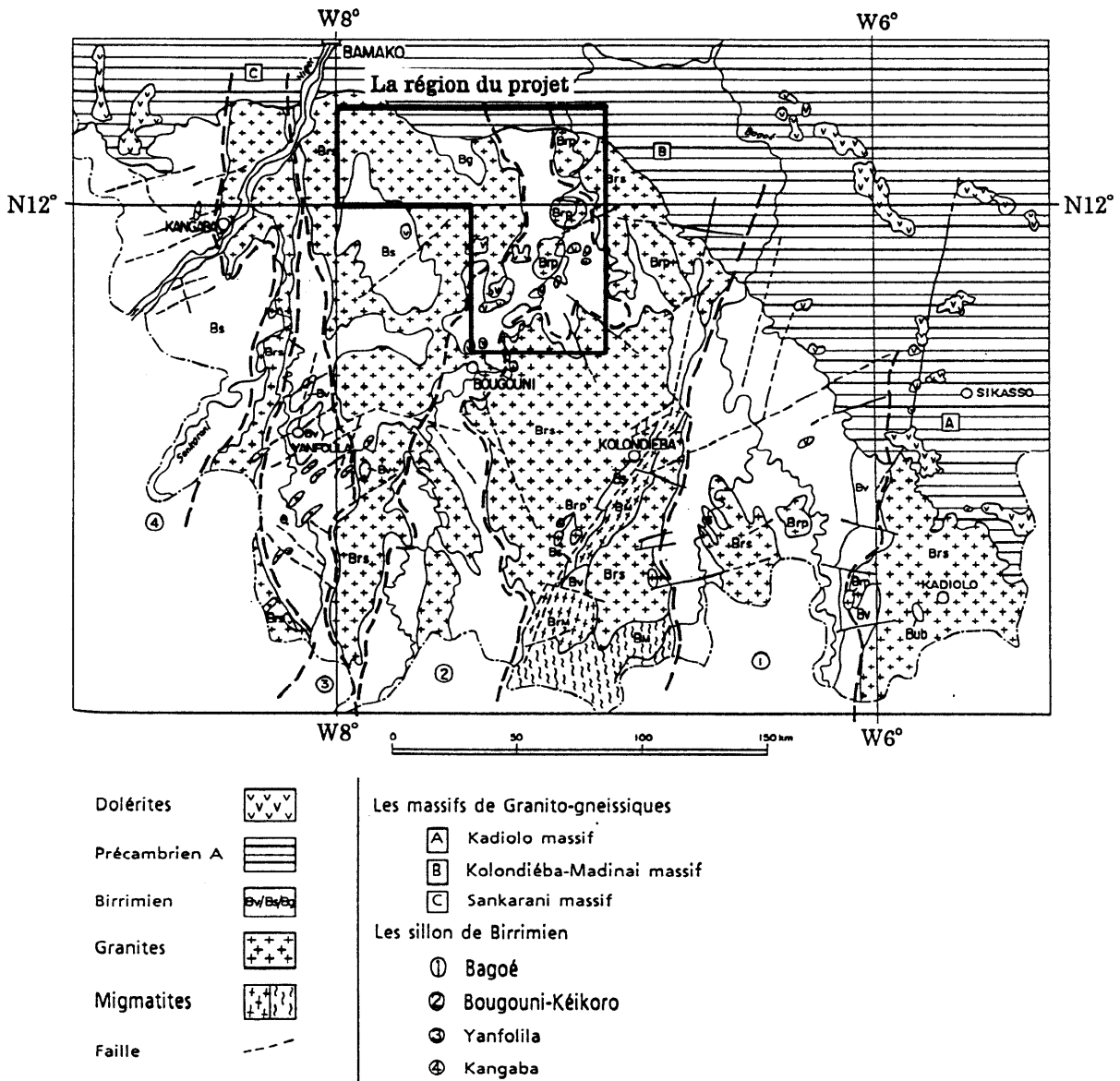


Fig.3-1 Esquisse géologique du sud-ouest du Mali

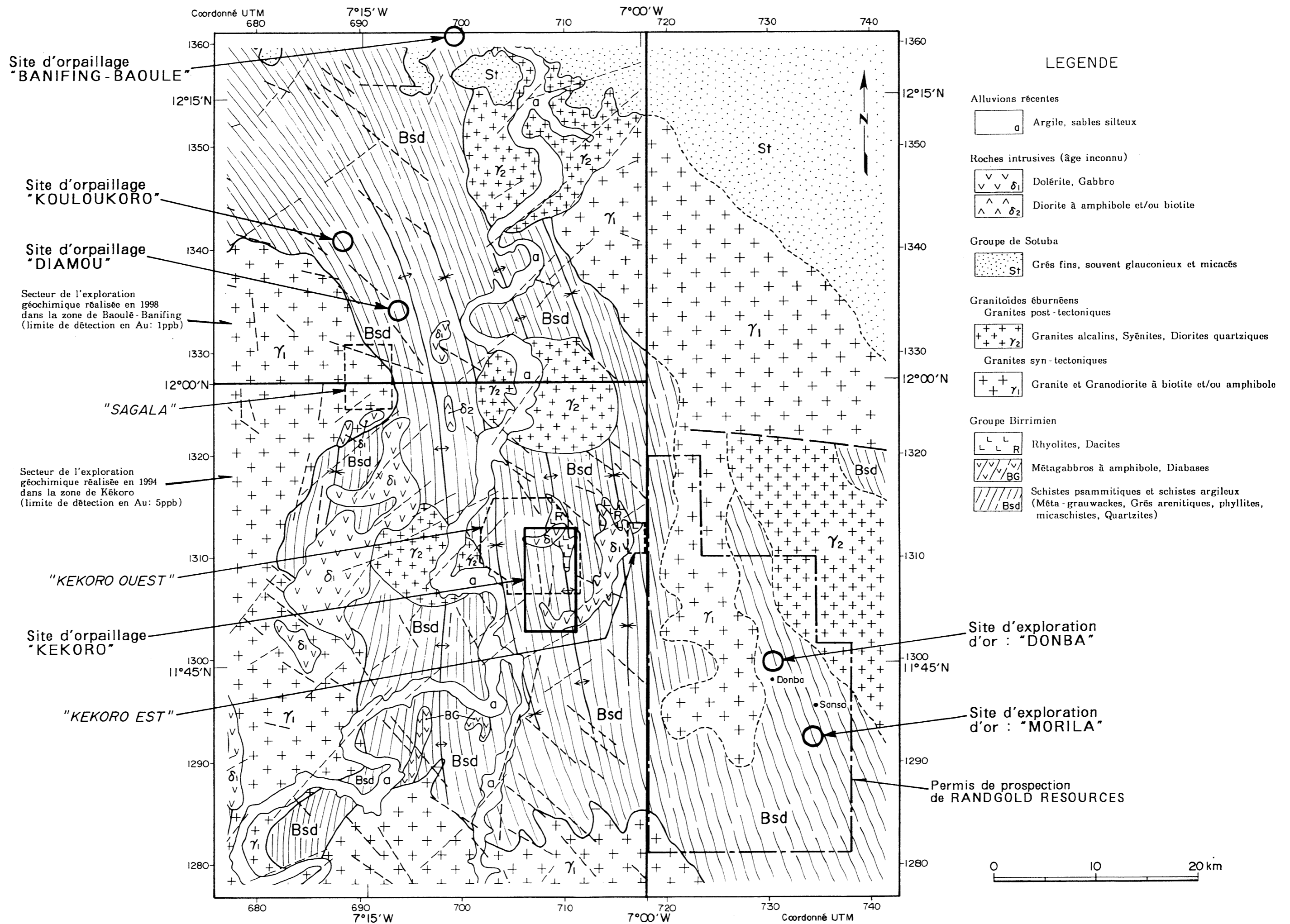
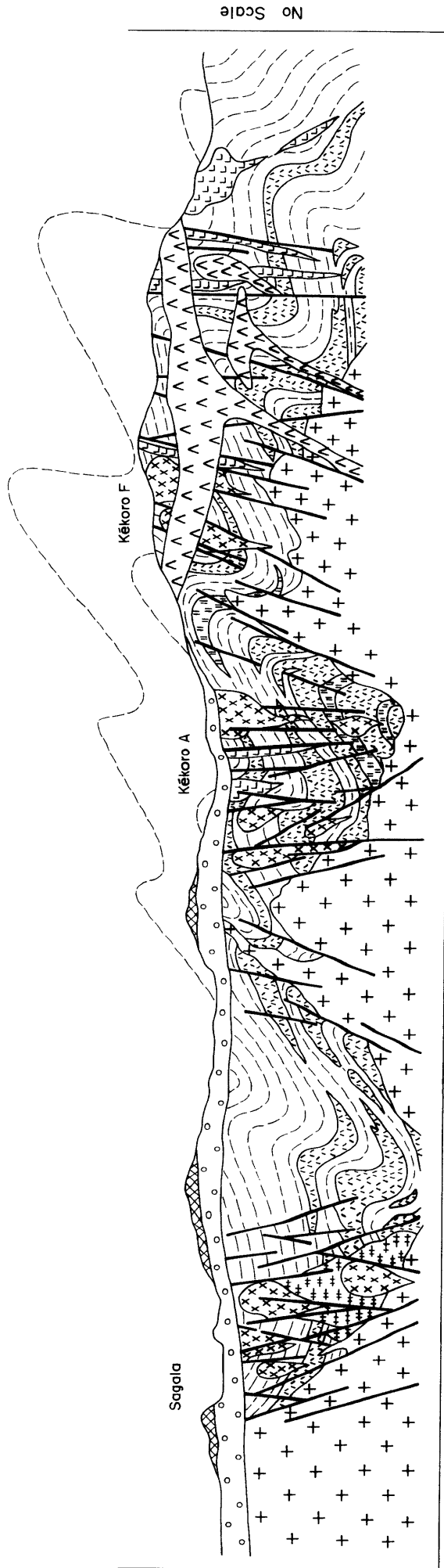


Fig.3-2 Distribution des zones minéralisées dans la région de la présente recherche et à son voisinage



No Scale

LEGENDE

<p>Latérites</p> <p>Intrusives Mésozoïques</p> <p>Granites (Eburnian)</p>	<p>Cuirasse</p> <p>Carapace</p> <p>Dolérite, Gabbro</p> <p>Tonalite, Diorite</p> <p>Granites</p> <p>Gabbro</p> <p>Dacite, Rhyolite</p>	<p>Méta-grauwackes, Quartzites Schistes argileux</p> <p>Tufs felsiques</p> <p>Métabasaites, Méta-andésites</p>	<p>Groupe Birrimien</p>
--	--	--	-------------------------

Fig.3-3 Coupe schématique de la géologie en région de Kékoro-Baoulé-Banifing

3-2 金鉱床の概要

ガーナ, マリ, ブルキナファソ等の西アフリカ諸国には多くの金鉱床が知られ, それらの大部分はビリミアン累層群中に賦存する。Milési et al (1992b)は, これらの鉱床を電気石砂岩型, 硫化鉱物鉱染型, Tarkwaian 含金礫岩型, 中熱水性石英脈型等に分類・整理した。以下に, マリの代表的な金鉱床である Sadiolam 鉱山, Loulo 鉱床, Kalana 鉱床, Syama 鉱山および Morila 鉱床の概要を示す。これらの鉱床は, いずれもビリミアン累層群中に胚胎する。

Sadiola 鉱山: バマコの西方約 350km のマリ・セネガル国境付近に位置する。可採鉱量 43.0Mt, 平均品位 3.06g/t Au, 金量約 131.6t と言われ(Iamgold, 31/Dec./1998), 1996 年 12 月から露天掘りによる出鉱を開始した。1998 年の処理鉱量は 4.96Mt, 金生産量は 15.7t, 平均品位は 3.3g/t Au, cash operating cost は 104 US\$/oz で, マリ最大の金鉱山として, さらに世界有数の低コスト金鉱山として注目されている。1999 年の金生産量は 14t と計画されている(Iamgold, 20/Jan./1999)。開発は, SEMOS 社(Anglo-American 社が 38%, Iamgold 社が 38%, マリ政府が 18%, IFC(国際金融公社)が 6%を出資)によって行われている。採掘対象は, 金を含むサブプロライトである。地表付近のサブプロライト酸化帯の鉱量は 24.1Mt, 下部のサブプロライト還元帯(硫化鉱物鉱染帯)の鉱量は 18.9Mt である。ボーリング結果によれば, 地下深部の金鉱化帯は, 「Sadiola フラクチャー帯」と呼ばれる変質を受けた破碎帯に沿って分布し, 地下 400m~500m まで連続することが確認されている。

Loulo 鉱床: バマコの北西約 300km, Sadiola 鉱山の南約 80km に位置する。1983 年に発見された鉱床で, 現在, SOMILO 社(Randgold 社が 51%, La Source 社が 29%, マリ政府が 20%を出資)によって F/S が実施されている。金鉱床は, 強い電気石化を受けた砂岩中に胚胎する。金は, 砂岩基質中の鉱染状自然金として産し, 多量の鉱染状硫化鉱物を伴う。F/S 前の旧資料によれば, 「Loulo 0 鉱体」は 10m 幅で南北 800m に連続し, 地表から地下 150m までの資源量は金量 28.2t(平均品位 4.38g/t Au)と算出されている(Dommanget et al., 1985 and 1986)。

Kalana 鉱床: ギニアとの国境に近い Yanfolila の南約 42km に位置する。1966 年に旧ソ連の技術支援を受けて SONAREM によって発見されたもので, 1985 年から 1991 年にかけて 2~3t の金を生産した。旧ソ連崩壊後に操業を休止し, 1995 年以降は Ashanti Goldfield 社グループが権益を取得し, 現在 F/S を実施中である。金は, ビリミアン累層群の変堆積岩と閃緑岩を母岩とする石英脈中にエレクトラムとして産する。石英脈中には硫砒鉄鉱と黄鉄鉱が多量に認められ, 流体包有物重点温度は 340~420°Cを示す。F/S 前の旧資料によれば, 採掘対象となった「Kalana 1 鉱体」の資源量は金量 30.2t(平均品位 28g/t Au)と算出されている(Bassot and Traoré, 1980)。

Syama 鉱山: バマコの南東約 300km に位置する。1960 年代に SONAREM による空中磁気探査とボーリング調査が行われ, 1980 年~1986 年には DNGM と UNDP による土地化学探査とピット・トレンチ調査が行われた。1987 年, BHP 社はマリ政府とジョイント・ベンチャー契約を結び, 当地区における積極的な探鉱を開始し, その結果, 鉱量 22.5Mt, 金量 88.5t, 平均品位 3.9g/t Au の大規模金鉱床を発見した。その後, Syama Extension, Banaso 等の衛星鉱床の発見もあり, 鉱量はさらに増加した。1990 年から露天掘りによる採掘が開始され, 1997 年までに 24t の金が生産されている。1996 年以降は SOMISY 社(Randgold 社が 65%, DNGM が 20%, IFC が 15%を出資)により操

業されている。鉍床母岩はビリミアン累層群の安山岩、玄武岩およびチャートからなり、金鉍化帯は、走向南北、西傾斜 70 度、幅 20～40mの剪断破碎帯中に発達する。当破碎帯には、炭酸塩化、アルバイト化、セリサイト化および黄鉄鉍の鉍染が広く認められ、このなかで、金は鉍染状のエレクトラムとして産出する。

Morila 鉍床： Kékoro 地域の南東約 30km に位置する。1950 年代にはフランスが、1970 年代にはフランスと SONAREM が、1984～1987 年にはマリ・ベルギーが土壌地化学探査と鉍徴地調査を実施し、数箇所の地化学異常と断裂帯を発見した。1992 年には BHP 社が Molira 鉍区を取得し、ボーリング調査、ピット調査、VLF 調査、IP 調査を実施した。その結果、数箇所の硫化物鉍染帯と IP 異常帯を抽出した。1996 年以降は Randgold 社が鉍区権益を受け継ぎ、1997 年に大規模な金鉍床を発見するに至った。2000 年 4 月の Randgold 社の発表によれば、可採鉍量 41.7Mt、金量 169t(平均品位 4.1g/t Au)である。金は、ビリミアン累層群のワッケ質砂岩中または黒雲母片岩中の黄鉄鉍-硫砒鉄鉍鉍染帯に、細粒の鉍染状自然金として産する。母岩の片理面と平行な石英細脈(分泌石英?)が少量認められる以外に、明瞭な厚い石英脈は認められない。