

CARACTERISATION ET TYPOLOGIE DU GISEMENT D'OR DE MORILA

I- METHODOLOGIE

Afin de comprendre le comportement du corps minéralisé, deux méthodes de travail sont utilisées dans la mine d'or de Morila, il s'agit de la cartographie des faces dans les carrières d'exploitation et de l'étude des carottes dans le carottèque.

I-1- CARTOGRAPHIE DES FACES (FRONTS DE TAILLE)

La cartographie porte sur des faces de 10m de haut pour une inclinaison comprise entre 70° et 90°. Elle s'effectue aussi bien sur le minerai que sur le stérile à une échelle de: 1/200. Les informations suivantes sont enregistrées sur le papier millimétré: nom du géologue exécutant, date, altitude (par rapport au niveau de la mer), coordonnées et échelle de la carte. Le matériel de travail comporte:

- un ruban de 100m pour reporter les structures tectoniques rencontrées sur le papier millimétré.
- une boussole de mine pour bien situer les objets par rapport au Nord magnétique et à l'horizontale: direction et pendage des structures. Cette boussole est corrigée à -7°W (valeur de la déclinaison magnétique dans le secteur).
- un marteau pour l'échantillonnage des fronts et dégagement des plans des structures.
- du papier millimétré et du crayon pour le report des mesures.
- du papier calque pour faciliter la digitalisation.

Le procédé consiste à mesurer une longueur de 40m, le long d'une face (bench), à l'aide d'un ruban de 100m. Cette longueur est la distance sur laquelle les études seront faites. Deux piquets fixant le ruban portent ainsi le numéro de la face, le nom du niveau ou (bench). La direction de la face est mesurée selon le sens où l'on veut faire la cartographie.

Une vue d'ensemble de la face est d'abord effectuée avant de passer à une étude plus détaillée. Au cours de cette étude détaillée, les structures tectoniques rencontrées sont reportées sur le papier millimétré ainsi que les mesures de leurs directions, pendages et azimuts de pendage. Ce report se fait par métrage le long de la face. Le pendage et l'azimut de pendage sont directement donnés par la boussole, par contre la direction s'obtient en retranchant 90° de la mesure de l'azimut de pendage.

Après la détermination des éléments des structures tectoniques, on procède à l'identification de la lithologie, des types d'altération et des types de minéralisation. La détermination de la minéralisation consiste à énumérer les différents types de sulfures, en leur donnant par simple estimation une valeur comprise entre 1 et 3%. Il en est de même pour les types d'altération.

I-2- ETUDE DES CAROTTES

Les carottes sont étudiées de façon détaillée en réunissant toutes les informations pouvant aider à la compréhension de la géologie et de la minéralisation. Elle se résume à la description lithologique, la détermination des types d'altération, des types de structures tectoniques rencontrées et la détermination de la minéralisation.

I-2-1- Description lithologique

La description lithologique permet de définir la nature lithologique des différents faciès, en décrivant leurs éléments constitutifs, leurs structures, leurs textures, leurs couleurs et la taille de leurs grains. Ainsi, on y établit le profil du sondage (sol, latérite, mottled-zone, saprolite supérieure, saprolite inférieure, saprock, roche fraîche).

I-2-2- Altération

On doit définir tous les types d'altération rencontrés en décrivant la forme, la couleur et l'aspect des produits d'altération dérivés (ex: séricite, chlorite, silice...).

I-2-3- Structures

On doit définir tous les types de structures rencontrés en y spécifiant la nature, la forme, les dimensions et en y effectuant des mesures précises.

I-2-4- Minéralisation

Les sulfures sont identifiés, décrits et leur proportion estimée. L'or visible doit être signalé. Il sera intéressant de définir les liens possibles entre les différents sulfures d'une part et entre les différents sulfures et l'or d'autre part. Les différentes paragenèses et les critères d'identification de la minéralisation aurifère doivent être établis.

II- ETUDE METALLOGENIQUE

II-1- MORPHOLOGIE DU GISEMENT

La minéralisation de Morila a une géométrie irrégulière et complexe (voir **fig.8**).

Le corps minéralisé est orienté SW à NE (carrière1), semble subir plusieurs déformations postérieures à sa formation. Il occupe la partie centrale de la carrière avec comme encaissant les psammites. Cette minéralisation semble être d'origine hydrothermale du fait que l'arsénopyrite minéral indicateur est un minéral de haute température et de grande profondeur. Cette direction SW à NE peut ne pas être la vraie direction mais plutôt une modélisation du contour des fortes teneurs estimées à 1g/t. Le corps minéralisé a été divisé en deux parties:

- une partie verticale comprenant des oxydés (rouge), le transitionnel (vert) ;
- une partie subhorizontale essentiellement sulfurée (voir **Fig.9**).

Le corps minéralisé est long de 850m et large de 700m. Il a une superficie de 1319400m² avec un volume de l'ordre de 16411644m³. Il a une profondeur de 200m. Cette géométrie ci-dessus a la forme d'une chaussure de sécurité.

II-2- RESULTATS DE LA CARTOGRAPHIE

Pour des raisons d'intérêt économique, les faces qui se sont révélées très riches en minéralisation ont été saisies par la société des Mines d'or de Morila. De ce fait, Cela constitue un facteur handicapant pour des études lithologique, pétrographique et métallographique détaillées de la zone minéralisée.

Pour des raisons de secret économique seule une partie des résultats obtenus lors de la cartographie des faces dans les carrières d'exploitation sera présentée dans ce mémoire. Les résultats sont indiqués sur **les planches C1, C2 et C3**. Sur ces planches, figurent le schéma d'une face qui donne la lithologie et les structures tectoniques rencontrées, ainsi qu'un tableau qui montre la variation de la minéralisation et les types d'altération. Sur la page opposée à celle où figure chaque planche, se trouve un tableau indiquant les coordonnées cartographiques (UTM), et l'attitude des structures tectoniques.

Les faces J030T7, J030T9 et J031T1 sont caractérisées par une prédominance des micaschistes. Les structures tectoniques observées sont des failles, joints, chevauchements et foliation. Les failles sont orientées N86°-N175°. Les joints et les chevauchements, N0°-N178°. La direction de la foliation oscille entre N144° et N153°. Les sulfures observés sont : l'arsénopyrite et la pyrrhotite. La pyrite et la chalcopyrite sont absentes. La présence de pegmatites indique la proximité des intrusifs qui causent à leur voisinage la disparition de la minéralisation. Les faces sont faiblement schistosées, moyennement silicifiées et carbonatisées. Ces types d'altérations ne varient que légèrement le long des faces. Nous n'avons pas observé de trace de séricitisation.

Tableau 2: Donne les coordonnées en UTM, pendage, direction et azimut de pendage des structures tectoniques rencontrées sur la face JO30T7

DATE	Géologue	Identification	Structure Code	Distance	X	Y	Z	Z /sol	Geo_ID	Piquet	Pendage	Direction	Azimut de Pendage
08/07/03	BC	SNG	JNT	0	734419,3	1292302	250,3	0	J030	T7	65	2	92
08/07/03	BC	SNG	JNT	2	734418,1	1292301	250,4	0	J030	T7	66	358	88
08/07/03	BC	SNG	BTHRUS	8	734414,5	1292296	250,7	0	J030	T7	28	195	285
08/07/03	BC	SNG	FLT	10	734413,3	1292294	250,7	0	J030	T7	80	350	80
08/07/03	BC	SNG	FLT	17	734409	1292289	251	0	J030	T7	75	346	76
08/07/03	BC	SNG	JNT	20	734407,2	1292286	251,1	0	J030	T7	80	74	164
08/07/03	BC	SNG	FLT	17	734409	1292289	251	0	J030	T7	75	346	76
08/07/03	BC	SNG	JNT	20	734407,2	1292286	251,1	0	J030	T7	80	74	164

Echelle: 1/200

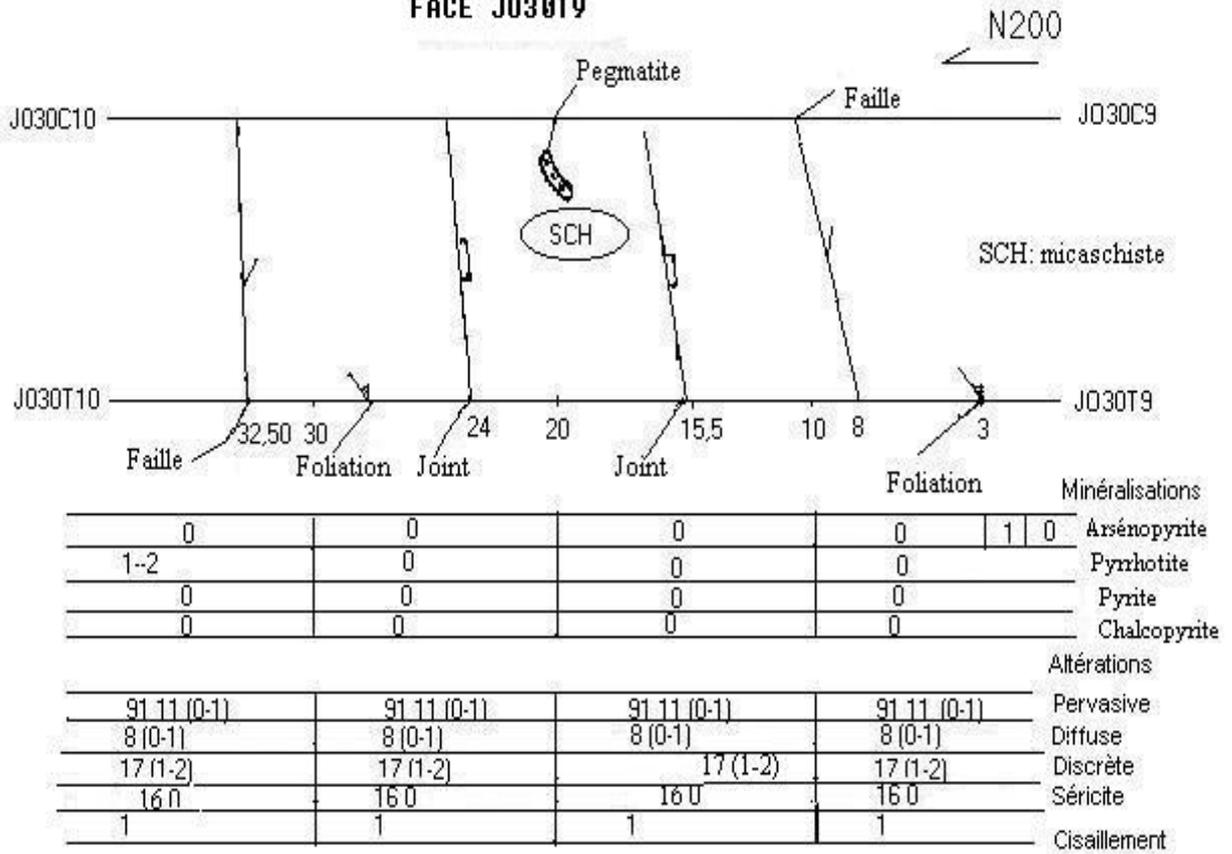
PLANCHE C2**FACE J030T9**

Tableau 3 : Donne les coordonnées en UTM, pendage, direction et azimut de pendage des structures tectoniques rencontrées sur la face JO30T9

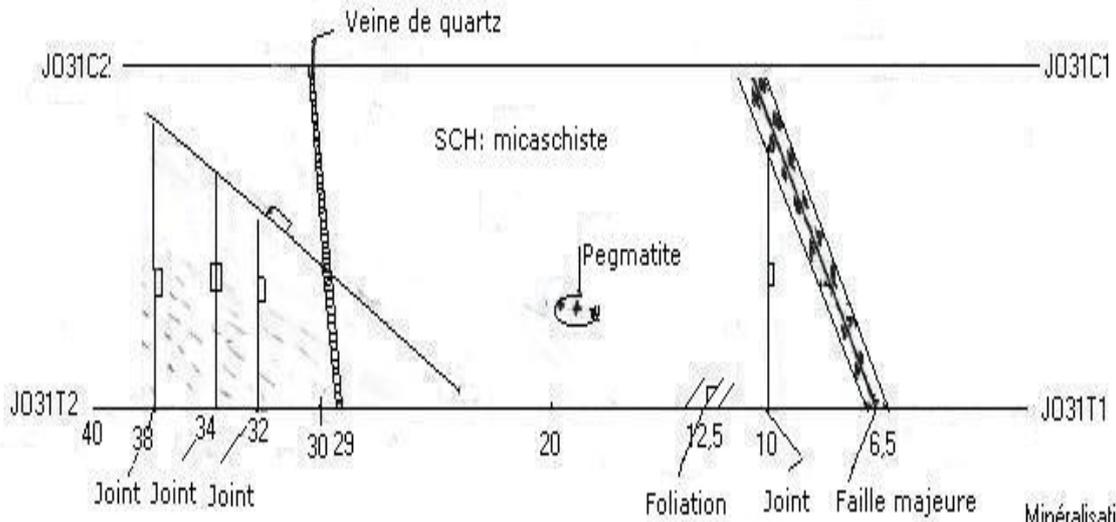
DATE	Géologue	Identification	Structure Code	Distance	X	Y	Z	Z/sol	Geo_ID	Piquet	Pendage	Direction	Azimut de Pendage
08/07/03	BC/OT	SNG	FOLI	2,7	734397,3	1292266	250,1	0	J030	T9	28	332	62
08/07/03	BC/OT	SNG	FLT	7,4	734395,3	1292262	250,2	0	J030	T9	72	355	85
08/07/03	BC/OT	SNG	JNT	14	734392,5	1292256	250,4	0	J030	T9	80	0	90
08/07/03	BC/OT	SNG	JNT	22	734389,2	1292249	250,6	0	J030	T9	85	315	45
08/07/03	BC/OT	SNG	FOLI	26	734387,5	1292245	250,7	0	J030	T9	28	324	54
08/07/03	BC/OT	SNG	FLT	29,5	734386	1292242	250,8	0	J030	T9	68	352	82
08/07/03	BC/OT	SNG	FLT	34	734384,1	1292238	250,9	0	J030	T9	68	340	70
08/07/03	BC/OT	SNG	FLT	34	734384,1	1292238	250,9	0	J030	T9	68	340	70

PLANCHE C3

ECHELLE:1/200

FACE JO31T1

N180



				Minéralisations
0	0	traces	0	Arsénopyrite
0	0	0-1	n	Porrhotite
n	0		0	Pyrite
0	0		0	Chalcopyrite
				Altérations
92 111	92 111	91 111	92 111	Pervasive
8(0-1)	8(0-1)	8(0-1)	8(2-3)	Diffuse
17(1-2)	17(1-2)	17(1-2)	17(1-2)	Discrète
16 U	16 0	16 0	16 0	Séricite
0	0	0-1	0	Cisaillement

Tableau 4 : Donne les coordonnées en UTM, pendage, direction et azimut de pendage des structures tectoniques rencontrées sur la face JO31T1

DATE	Géologue	Identification	Structure Code	Distance	X	Y	Z	Z/sol	Geo_ID	Piquet	Pendage	Direction	Azimut de Pendage
08/07/03	BC/OT	SNG	FLTMA	6	734387	1292230	251	0	J031	T1	60	266	356
08/07/03	BC/OT	SNG	JNT	10	734390	1292227	251	0	J031	T1	78	260	350
08/07/03	BC/OT	SNG	FOLI	13	734392,2	1292225	251	0	J031	T1	23	333	63
08/07/03	BC/OT	SNG	JNT	21	734398,2	1292220	251,9	1	J031	T1	50	134	224
08/07/03	BC/OT	SNG	QV	25,4	734401,5	1292217	250,9	0	J031	T1	-1	-1	-1
08/07/03	BC/OT	SNG	JNT	29	734404,2	1292215	250,9	0	J031	T1	80	265	355
08/07/03	BC/OT	SNG	JNT	31	734405,6	1292213	250,9	0	J031	T1	90	265	355
08/07/03	BC/OT	SNG	JNT	33	734407,1	1292212	250,9	0	J031	T1	85	265	355

II-3- RESULTATS DE L'ETUDE DES CAROTTES

Les tableaux 5, 6, 7, 8, 9 et 10 donnent, en fonction de la profondeur du trou San N°337, la nature lithologique des différents faciès, les structures tectoniques, les types d'altérations et les minéralisations.

Le trou San337 est essentiellement constitué de métagrauwackes. Ces roches sont affectées par différents types d'altération : silicification, chloritisation, la séricitisation et carbonatation. Les métagrauwackes sont également foliés et recoupés par des fractures. Les sulfures les plus représentés sont la pyrrhotite et l'arsénopyrite ; la chalcopyrite et la pyrite sont rares.

Entre 0 et -2,75 m, se situe une zone de fracture contenant de la pyrrhotite et de l'arsénopyrite en faible quantité. Cette zone est pauvre en carbonate, épidote, séricite, chlorite et quartz. Ensuite l'arsénopyrite disparaît et ne réapparaît qu'à la profondeur de -13,75 m où la silicification devient modérée et ce jusqu'à -25 m ; par contre la chloritisation, la séricitisation et la carbonatation restent faibles. Dans cet intervalle (de -13,75 m à -25 m), l'arsénopyrite est fréquente et modérément abondante avec des valeurs comprises entre 1 et 2, par contre la pyrrhotite reste fréquente et faiblement abondante. La tectonique est bien marquée par la foliation. Au-delà de -25 m et jusqu'à -125 m de profondeur, la silicification, la chloritisation, la séricitisation et la carbonatation sont omniprésentes ; en même temps l'arsénopyrite devient fréquente et moyennement abondante avec des valeurs comprises entre 2 et 3, par contre la pyrrhotite, qui, dans les premiers mètres de profondeur, était fréquente et faible, devient fréquente et moyennement abondante avec des valeurs comprises entre 1 et 3. La chalcopyrite a été rencontrée à -42,5 m. Une veine de pegmatite de 25 cm de diamètre a été observée à -53,80 m. Dans les environs immédiats de cette veine, on constate que le taux de variation de l'arsénopyrite est élevé. De -66,86 m à -67,97 m, existe une fracture bien silicifiée mais pauvre en chlorite, séricite et carbonate avec pyrrhotite et arsénopyrite moyennement abondantes.

A -95,23 m, nous avons observé une veinule de quartz à pendage fort (70°) minéralisée en pyrrhotite et pyrite.

L'or visible a été rencontré à -105m de profondeur, par contre la molybdénite n'a pas été observée. Cette partie du trou (entre -100 à -125 m) montre deux importantes zones de fracturations situées respectivement entre -107,5 m et -110 m et à partir de -114,43 m. Ces zones de fractures ont servi de drains aux fluides hydrothermaux minéralisateurs, ce qui pourrait expliquer la fréquence et l'abondance des sulfures à ce niveau.

On constate qu'à partir de -125 m de profondeur, la silicification devient moins importante et l'arsénopyrite disparaît.

Tableau 5 : trou de sondage Sanso No 337 (0-25 m)

Profondeur		Foliation	Silice et feldspaths	Veine de quartz	Biotite	Chlorite	Séricite	Carbonate et épidote	Code D'altération	Structure	Code géologique	Graphique	Profondeur : 0-25m	Sulfures types	% Sulfures	% Arsénopyrite	Or visible	Molybdénite
De	à												Azim :0						Incl :-90	Description géologique
0	1,25	2	1	2	3	2	1	2	Bio6		MGR	.....		Po	1	1	0	0
1,25	2,5	2	1	3	2	2	2	2				.....			1	1	0	0
2,5	3,75	1	2	1	2	1	1	1		F		.....			1	1	0	0
3,75	5	2	1	2	3	1	1	1				.....			1	0	0	0
5	6,25	2	1	2	2	2	1	1		Foli		.....			1	0	0	0
6,25	7,5	3	1	1	3	1	2	1	Bio6			.....			1	0	0	0
7,5	8,75	2	2	2	2	2	1	1				.....			0	0	0	0
8,75	10	1	2	2	2	1	1	1			MGR	.....			0	0	0	0
10	11,25	2	1	1	1	1	1	1				.....			0	0	0	0
11,25	12,5	1	1	2	2	2	1	2		Foli		.....			0	0	0	0
12,5	13,75	3	3	1	2	2	1	1				.....			0	2	0	0
13,75	15	3	3	3	2	1	2	0	Bio6			.....			1	2	0	0
15	16,25	2	3	3	2	2	1	1				.....			1	2	0	0
16,25	17,5	2	2	2	2	1	2	1				.....			1	1	0	0
17,5	18,75	1	2	2	2	1	2	1				.....			1	2	0	0
18,75	20	2	2	1	1	1	1	1			MGR	.....			1	2	0	0
20	21,25	1	2	2	2	2	3	2				.....			2	2	0	0
21,25	22,5	1	1	1	1	1	2	1				.....			2	0	0	0
22,5	23,75	2	1	1	1	2	2	1				.....			1	0	0	0
23,75	25	2	1	2	2	1	1	1	Bio6		MGR	.....			1	2	0	0
													-20,27m foliation=45°					

Tableau 6 : trou de sondage Sanso No 337 (25-50 m)

Profondeur		Foliation	Silice et feldspaths	Veine de quartz	Biotite	Chlorite	Séricite	Carbonate et épidote	Code D'altération	Structure	Code géologique	Graphique	Profondeur : 25-50m Azim :0 Incl :-90	Description géologique	Sulfures types	% Sulfures	% Arsénopyrite	Or visible	Molybdénite
De	à																		
25	26,25	1	1	1	2	2	1	1	Qv11		MGR	Métagrauwacke, modérément folié, choritisé, séricitisé, silicifié avec carbonate Fréquent	Po	1	0	0	0	
26,25	27,5	3	2	3	2	2	1	1			.....			1	1	0	0	
27,5	28,75	3	2	3	2	2	2	1			.....			1	1	0	0	
28,75	30	1	1	1	2	2	2	2			.....			1	2	0	0	
30	31,25	2	2	2	2	2	2	1			.....			2	2	0	0	
31,25	32,5	0	1	1	2	2	1	2	Qv11		.....			2	3	0	0	
32,5	33,75	3	3	3	2	2	2	1			.....			1	1	0	0	
33,75	35	2	2	2	2	2	2	1		MGR	.....			1	2	0	0	
35	36,25	3	3	3	2	2	2	1		Foli	.....			1	0	0	0	
36,25	37,5	2	1	2	2	2	2	1			.....	-36,21 m foliation=60°		2	1	0	0	
37,5	38,75	2	2	2	2	2	3	1						1	1	0	0	
38,75	40	3	1	3	1	1	2	1	Qv11					1	0	0	0	
40	41,25	2	1	2	1	1	2	1						1	2	0	0	
41,25	42,5	2	1	2	1	1	1	1						Pocpy	1	2	0	0
42,5	43,75	2	1	2	2	2	2	0						Po	1	1	0	0
43,75	45	2	1	2	1	1	3	0		Foli MGR				1	1	0	0	
45	46,25	2	1	2	2	2	2	1			.....			1	1	0	0	
46,25	47,5	1	3	1	1	1	3	1			.....		1	0	0	0		
47,5	48,75	1	3	1	2	2	2	0			.....	-44,97 m foliation=40°	1	2	0	0		
48,75	50	2	2	2	1	1	3	1	Qv11		MGR		.....	1	2	0	0	

Tableau 7 : trou de sondage Sanso No 337 (50-75 m)

Profondeur		foliation	Silice et feldspath diffus	Veine de quartz	Biotite	Chlorite	Séricite	Carbonate et épidote	Code type d'altération	Structure	Code géologique	Graphique	Profondeur : 50-75m Azim :0 Incl :-90	Type de sulfures	% Sulfures	%Arsénopyrite	Or visible	Molybdénite
de	a												Description géologique					
50	51,25	3	3	3	2	1	2	1	Qv11		MG R	.....		Po	1	2	0	0
51,25	52,50	3	3	3	2	1	2	0				.....	-53,32m		1	2	0	0
52,25	53,75	3	3	3	3	1	1	1		Foli		.....	Foliaton=45°		1	2	0	0
53,75	55	3	3	3	1	2	2	1		Peg		.....	-53,80m		1	3	0	0
55	56,25	3	3	3	1	1	1	1				.....	Pegmatite		1	2	0	0
56,25	57,50	1	3	1	2	1	3	1				.....	veine(d=25cm)		1	3	0	0
57,50	58,75	2	2	2	2	2	2	1	Qv11			.....	Métagrauwačke		1	3	0	0
58,75	60	1	3	1	1	2	3	1				.....	modérément		2	2	0	0
60	61,25	2	1	2	1	2	2	1				.....	folié,silicifié,		2	2	0	0
61,25	62,50	1	1	1	2	2	2	0				.....	séricitisé et		1	0	0	0
62,50	63,75	1	2	1	2	2	2	1			MG R	.....	faiblement		1	1	0	0
63,75	65	3	3	3	1	2	2	1				.....	chloritisé et		1	1	0	0
65	66,25	3	3	3	2	2	2	1				.....	carbonatisé		1	1	0	0
66,25	67,50	3	3	3	3	2	3	2				.....			2	2	0	0
67,50	68,75	2	3	2	1	2	1	2				.....			1	2	0	0
68,75	70	1	3	1	2	1	2	1				.....	-62,20m		1	2	0	0
70	71,25	2	3	2	1	1	1	1				.....	Foliation=45°		1	2	0	0
71,25	72,50	1	2	1	1	2	2	1				.....			2	2	0	0
72,50	73,75	1	3	1	2	2	1	1	Qv11		MG R	.....			2	2	0	0
73,75	75	1	3	1	1	1	1	1				.....	-66,86-67,97m		2	2	0	0
												.....	Zone de					
												.....	fracture					
																	
																	

Tableau 9: trou de sondage Sanso No 337 (100-125 m)

Profondeur		Foliation	Silice et feldspaths	Veine de quartz	Biotite	Chlorite	Séricite	Carbonate et épidote	Code D'altération	Structure	Code géologique	Graphique	Profondeur : 100-125m Azim :0 Incl :-90 Description géologique	Sulfures types	% Sulfures	% Arsénopyrite	Or visible	Molybdénite
De	à																	
100	101,25	1	3	1	1	2	1	1	Qv11		MGR	Métagrauwacke légèrement folié, modérément silicifié , 103,03m Foliation=45° chloritisé, séricité et carbonaté -107 ,5-110m Zone de fracture -111,43m Foliation=75° -114 ,68m Zone de fracture(d=35m) -122,17m Foliation=60° -123,02M quartz veine=90	Po	2	1	0	0
101,25	102,50	1	3	2	1	2	2	0			.....			3	1	0	0
102,50	103,75	1	3	1	2	3	2	3	QV11		.....			2	3	0	0
103,75	105	2	1	2	1	1	2	0	S9	Foli	.....			2	3	1	0
105	106,25	2	3	3	1	2	3	3			.....			3	3	0	0
106,25	107,50	2	2	2	1	3	2	3			.....			3	2	0	0
107,50	108,75	1	2	1	1	3	1	3			.....			3	1	0	0
108,75	110	1	2	2	1	3	1	3			.....			3	2	0	0
110	111,25	1	1	1	1	3	2	1			.....			2	2	0	0
111,25	112,50	2	2	3	1	3	2	1	S9	Foli	.....			3	2	0	0
112,50	113,75	1	1	1	1	2	1	2			.....			2	2	0	0
113,75	115	1	1	1	2	2	2	3		F	.....			3	3	0	0
115	116,25	2	2	2	2	3	2	3			.....			3	3	0	0
116,25	117,50	1	3	2	2	3	1	1			.....			3	3	0	0
117,50	118,75	1	3	1	2	1	1	1					PocPy	2	2	0	0
118,75	120	2	2	2	1	2	2	2	S9				Po	3	2	0	0
120	121,25	1	3	2	2	1	2	3					PocPy	3	3	0	0
121,25	122,50	2	2	2	2	3	1	1		Foli			Po	3	3	0	0
122,50	123,75	2	1	3	1	1	3	1		Qv	MGR			2	3	0	0
123,75	125	2	2	2	2	1	3	1	S9					3	3	0	0

CONCLUSION

Deux types de roches ont été rencontrés lors de nos travaux de cartographie de face et de l'étude des carottes: des méta-grauwackes et des micaschistes. Ces roches ont été affectées par différents types d'altération : la silicification, la chloritisation, la séricitisation et la carbonatation. Les structures tectoniques observées sont la foliation et les fractures et les joints. Les minéralisations sont constituées de : pyrrhotite, arsénopyrite, chalcopryrite pyrite et or.

II-4- PETROGRAPHIE

Les principales roches rencontrées lors des travaux de cartographie de face et d'étude des carottes ainsi les autres roches du gisement de Morila ont fait l'objet d'une étude pétrographique. Il s'agit des faciès suivant : méta-grauwackes, micaschistes, cornéenne, tonalite et granodiorite.

II- 4-1- Les méta-grauwackes

Ces roches présentent une texture granoblastique (**Planche I, photo 4**). Le faciès est fin riche en quartz et en biotites. On y observe également des plagioclases et des minéraux opaques.

Le quartz (920-360 microns), très abondant se présente rarement en phénocristaux. Il se présente en agrégat mono ou polycristallin à extinction ondulante.

La biotite, de très petite taille, montre des cristaux généralement allongés dans la direction de la schistosité. Des cristaux de quartz et de feldspath sont souvent moulés par ces biotites, ce qui fait apparaître une structure ocellée (**planche III, photo 9**).

Les plagioclases (300 microns en moyenne), peu abondants se présentent en cristaux automorphes parfois déstabilisés en calcite.

Les minéraux opaques (300- 500 microns), disséminés dans la roche, montrent des formes variées. Certains minéraux sont orientés parallèlement à la schistosité.

II-4-2- Les micaschistes

Leur texture est granolépido-blastique (**planche I, photo 3**), composée de plagioclases, de quartz, de biotites et de minéraux opaques.

Les plagioclases (0,56 mm x 0,14 mm), très nombreux se présentent en cristaux équidimensionnels automorphes (rectangulaires) allongés ou trapus aux contours parfois irréguliers. Ils sont souvent déstabilisés en calcite ou en épidote ce qui empêche de distinguer les macles. Les plagioclases ont une taille moyenne de 0,91mm et se présentent le plus souvent en phénocristaux (**planche II, photo 5**) pouvant être corrodés et cisailés (**planche II, photo 6**). Ils renferment parfois des inclusions de quartz.

Le quartz (0,42 mm x 0,25 mm), peu abondant (10% de la roche) montre des cristaux xénomorphes aux contours irréguliers pouvant être isolés ou en agrégats caractérisés par une extinction. Ils sont dans les interstices entre les biotites et les plagioclases ou en inclusion dans ces derniers.

La biotite (0,46 mm x 0,17 mm), assez abondante (30% de la roche) se présente en cristaux automorphes allongés ou trapus aux contours parfois irréguliers. Ces minéraux, généralement orientés suivant la schistosité, sont disposés en lits et moulent les cristaux de quartz et de feldspath.

Les minéraux opaques (1,70 mm x 0,11 mm) se présentent en cristaux automorphes ou xénomorphes associés aux minéraux de quartz et de plagioclase. On observe des minéraux opaques orientés suivant la schistosité (**planche II, photo 8**) et d'autres qui recoupent cette schistosité (**planche III, photo 10**).

Les micaschistes sont affectées par deux types de veinules : des veinules essentiellement constituées de quartz et des veinules à quartz - plagioclase- biotite.

II-4-3- La cornéenne

La texture de cette roche est granoblastique, composée de plagioclases, de quartz, de biotites et de minéraux opaques.

Les plagioclases (1,4 mm x 0,4 mm), peu nombreux (20% de la roche) montrent des cristaux automorphes à subautomorphes (rectangulaires) plus ou moins allongés, aux contours irréguliers. Certains cristaux sont zonés et accolés (**planche II, photo 7**).

Le quartz (0,24 mm x 0,14 mm), assez abondant montre des cristaux xénomorphes isolés ou en agrégats polycristallins à extinction ondulante. Certains quartz occupent les interstices entre les cristaux de plagioclases et de biotites

La biotite (0,21 mm x 0,7 mm), très abondante (50% de la roche) montre des cristaux en lamelles allongées. Certaines lamelles sont déstabilisées suivant leurs plans de clivage en chlorite et minéraux opaques.

Les minéraux opaques

Ils sont moins nombreux dans la cornéenne que dans les micaschistes et présentent toujours des formes diverses.

II-4-4- La tonalite

Cette roche montre une texture grenue (**planche I, photo 1**), composée de plagioclases, de quartz, de biotites, d'amphiboles, de microcline et de minéraux opaques.

Les plagioclases (3,5 mm x 1 mm), très abondants (60% de la roche) montrent des cristaux automorphes (rectangulaires) plus ou moins allongés de grande taille, souvent zonés. Ces minéraux sont altérés en calcite ou en épidote. Ils montrent en outre des inclusions de biotite, de quartz et minéraux opaques.

Le quartz (2,9 mm x 1,2 mm), en faible proportion (10% de la roche) se présente en agrégats polycristallins dans les interstices entre les cristaux de plagioclases et de biotites; leur taille est variable. Ils sont xénomorphes et sont parfois affectés par des craquelures. Leur extinction est toujours ondulante.

La biotite (3 mm x 1,8 mm), assez abondante (30% de la roche) se présente en cristaux rectangulaires allongés ou trapus souvent déstabilisés en chlorite. Ces cristaux sont souvent inclus dans les plagioclases.

Les minéraux opaques sont en général xénomorphes, disséminés dans la roche. Ils sont accolés aux autres minéraux précédemment décrits.

L'amphibole, très rare, correspond à de la hornblende verte.

La microcline également très rare se présente en cristaux poecilitiques.

II-4-5- La granodiorite

De texture hétérogranulaire (**planche I, photo 2**), cette roche est composée de plagioclases, de quartz, de biotites et de minéraux opaques.

Le plagioclase (5 mm x 3 mm), assez abondant (40% de la roche) se présente en cristaux automorphes à subautomorphes aux contours irréguliers, souvent altérés en calcite ou en épidote, ce qui rend les macles polysynthétiques peu nettes.

Le quartz (1,75 mm x 0,75 mm), très abondant (50% de la roche) montre des cristaux xénomorphes, isolés ou en agrégats polycristallins. L'extinction de ces cristaux est souvent ondulante.

La biotite (1,15 mm x 1mm), peu abondante (10% de la roche) se présente en sections allongées de forme rectangulaire. Certaines sections montrent des tâches de chlorite qui suivent les plans de clivage.

Les minéraux opaques sont le plus souvent xénomorphes ; quelques rares cristaux se présentent en section subrectangulaire. Ils sont en général associés aux cristaux de quartz et de plagioclase. Certains minéraux opaques sont issus de l'altération des biotites.

II-4-6- Conclusion

Les métasédiments de la zone minéralisée à Morila sont caractérisés par les minéraux suivants : plagioclase, biotite et quartz. Leur texture est granoblastique à lépidogranoblastique. La présence de plagioclase porphyrique peut leur conférer une texture granoblastique à granolépidoblastique porphyrique. Les micaschistes se révèlent plus riches en minéraux opaques que les autres métasédiments.

Les deux principaux intrusifs sont principalement constitués de quartz, de plagioclase et de biotite. En plus de ces minéraux, la tonalite renferme de l'amphibole et de la microcline. Ces intrusifs sont pauvres en minéraux opaques.

PLANCHE I

Photo 1 :Texture de la tonalite du NW de la carrière 1.

Photo 2 :Texture de la granodiorite de l'Ouest de la carrière 3.

Photo 3 : Micaschiste à texture lépidogranoblastique montrant une alternance de lits sombre clair et de lits sombre.

Photo 4 : Métagrauwaque à texture granoblastique

Légende des photos de 1 à 4

Pl = plagioclase

B = biotite

Q = quartz

O = Minéraux opaques

PLANCHE II

Photo 5 : Texture d'un micaschiste montrant un phénocrystal de plagioclase à inclusions de quartz .

Photo 6 : Claste de plagioclase moulé par la schistosité et ayant subi une rotation lors d'un cisaillement dextre.

Photo 7 : Phénocristaux de plagioclases zonés et accolés, moulés par la schistosité .

Photo 8 : Minéraux opaques (sulfures) orientés suivant la schistosité .

Légende pour les photos 5 à 8

Pl = plagioclase

B = biotite

Q = quartz

O = minéraux opaques

PLANCHE III

Photo 9 : Métagrauwacke à texture oeuillée.

Photo 10 : Minéraux opaques (sulfures) sécants par rapport à la direction de la schistosité .

Photo 11 : Texture de la tonalite montrant une microcline .

Photo 12 : Texture de la tonalite montrant une hornblende verte .

Légende pour les photos 9 à 12

Pl = plagioclase

O = minéraux opaques

MI = microcline

Hb = hornblende

II- 5- METALLOGRAPHIE

II-5-1- Observation macroscopique

Les sulfures observés dans les carrières d'exploitation et au niveau des carottes apparaissent disséminés dans la masse de la formation hôte. Ils sont le plus souvent orientés suivant la foliation (**Planche IV-Photo 14**), mais peuvent apparaître également dans les veines à quartz et feldspath (**Planche IV-Photo 16**), dans les fractures (**Planche IV-Photo 13**), dans les microfissures et même en recristallisation dans les veines de quartz (**Planche IV-Photo 15**). Certains sulfures recoupent la schistosité. Les sulfures observés sont par ordre d'abondance décroissante : pyrrhotite, arsénopyrite, chalcopyrite, pyrite et molybdénite. L'or accompagne ces sulfures ou existe librement dans la matrice formée de minéraux silicatés.

II-5-2- Observation microscopique

Elle porte sur cinq surfaces polies confectionnées au laboratoire de lames minces et de sections polies de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar à partir des échantillons prélevés dans les carrières d'exploitation de la mine d'or de Morila. L'examen de ces sections nous a permis de déterminer les minéraux opaques observés en lames minces. Il s'agit pour l'essentiel de sulfures, de limonite et d'or. Les sulfures observés sont par ordre d'abondance décroissante: l'arsénopyrite, la pyrrhotite, et la chalcopyrite.

L'arsénopyrite

Ce minéral est toujours de couleur blanc argenté. On distingue deux types de cristaux : des cristaux de petite taille et des cristaux de grande taille. Les cristaux de petite taille ou arsénopyrite I (0,1mm en moyenne) sont déformés, allongés parallèlement à la schistosité majeure. Ils sont associés aux cristaux de biotites et de feldspaths. Les cristaux de grande taille ou arsénopyrite II (0,6 mm x 0,38 mm en moyenne) sont isolés, recoupent la schistosité majeure (**Planche V-Photo 20**). Ils peuvent montrer des relations d'association avec la pyrrhotite (**Planche V-Photo 17**). Les phénocristaux d'arsénopyrite sont souvent déstabilisés en limonite ce qui provoque la libération de l'or. Ils sont automorphes, le plus souvent de forme rectangulaire. Ils peuvent recristalliser dans les zones de fractures (**Planche V- Photo 19**) ou dans les veinules anastomosées (**Planche VI- Photo 24**).

La pyrrhotite

Elle se distingue par sa couleur blanche à jaune crème et montre deux types de cristaux : des cristaux de taille moyenne (0,05 mm à 0,1 mm) et des cristaux de grande taille (0,1 mm et 0,5 mm). Ils sont xénomorphes à automorphes (sections lenticulaires à bordures irrégulières,

rectangulaires). Certains cristaux sont parallèles à la schistosité d'autres sont sécants à cette schistosité. Les cristaux de pyrrhotite sont fréquemment associés à la chalcopyrite ; très souvent on observe des inclusions de chalcopyrite dans la pyrrhotite (**plancheVI, photo 21**). La pyrrhotite peut également montrer des relations d'association avec l'arsénopyrite (**Planche VI-Photo 23**).

La chalcopyrite

Elle se distingue nettement par sa couleur jaune. Sa taille est inférieure à celle des sulfures précédemment décrits. Elle est en inclusion fréquente dans la pyrrhotite mais peut également s'associer avec l'arsénopyrite. La taille de l'arsénopyrite dépasse rarement 0,05 mm. Ce sulfure montre souvent des figures de cristallisation simultanée avec l'arsénopyrite et la pyrrhotite (**plancheVI, photo22**).

La limonite

Elle est issue de l'altération des différents sulfures présents. Elle peut être associée à ces sulfures ou dispersée dans la matrice des minéraux silicatés. Elle présente des formes tabulaires et sa couleur est gris-clair.

L'or

Il est associé aux cristaux d'arsénopyrite. On l'observe le plus souvent à la périphérie de ces derniers mais existe également de façon libre dans la matrice des minéraux silicatés (**plancheV, photo18**). En outre, Il se trouve dans la maille cristalline d'arsénopyrite puisque ce dernier en s'altérant donne de la limonite et de l'or.

II-5-3- Conclusion

Les observations macroscopiques montrent que l'or est associé aux cristaux d'arsénopyrite mais existe également de façon libre dans la matrice constituée par des minéraux silicatés. L'analyse microscopique tout en confirmant les résultats des observations macroscopiques, a permis de mettre en évidence des paragenèses minérales essentiellement composées d'arsénopyrite, de pyrrhotite, de chalcopyrite, de limonite et d'or. On distingue quatre phases de minéralisation aurifère:

- la première phase correspond à une dissémination de sulfures dans les méta-grauwackes. Ces sulfures sont : arsénopyrite I, pyrrhotite, chalcopyrite et pyrite. L'or est soit en association avec ces sulfures ou soit libre entre des cristaux de micas et de feldspaths. Ces cristaux d'or s'observent le plus souvent à la périphérie de l'arsénopyrite I ou à ses côtés. Ces sulfures de première génération porteurs de l'or primaire sont déformés comme les micas et allongés dans la schistosité S1.

- la deuxième phase, issue de la remobilisation de la première phase, correspond à des veines quartzo-feldspathiques minéralisées parfois cisillées et boudinées qui se sont mises en place de façon précoce dans les plans de schistosité S1 qui affecte les métagrauwackes.
- la troisième phase correspond à une arsénopyrite II aurifère non déformée qui recoupe la schistosité S1. Elle est également issue de la remobilisation de la première phase.
- la quatrième et dernière phase correspond à une remobilisation de l'or dans les fissures et microfissures tardives.

Planche IV

Photo 13 : Association or et arsénopyrite dans une fracture qui affecte un métagrauwaque.

Photo 14 : Or et arsénopyrite disséminés.

Photo 15 : Recristallisation de pyrrhotite dans une veine de quartz.

Photo 16 : veine de quartz et de feldspath à pyrite diffuse.

Légende des photos de 13 à 16

ASP: arsénopyrite

Po: pyrrhotite

Py : pyrite

Au : or

Qv : veine de quartz

f : feldspath

Planche IV

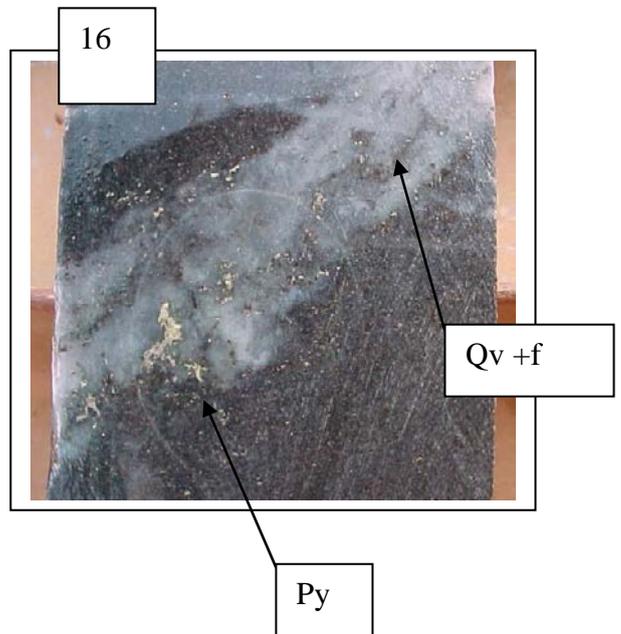
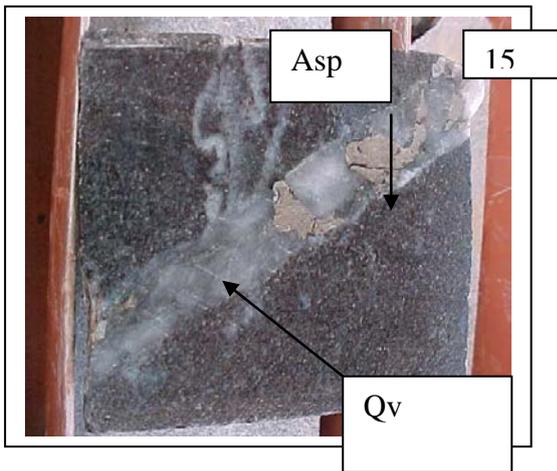
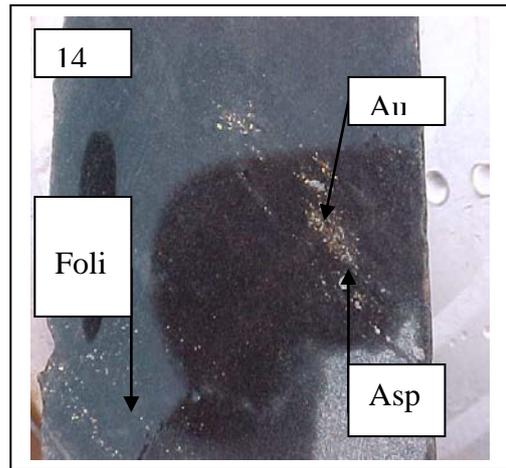
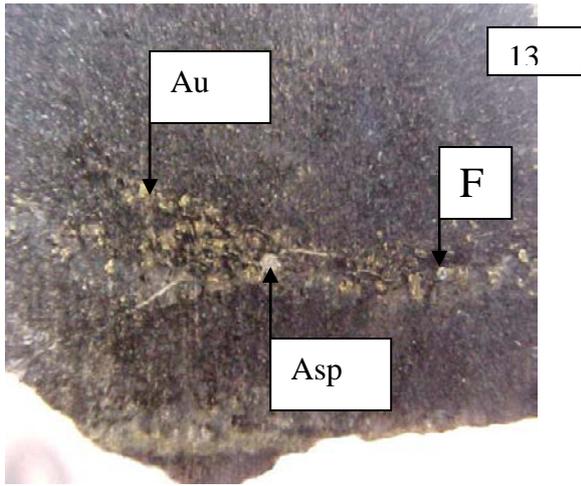


PLANCHE V

Photo 17 : Arsénopyrite II post schisteuse associée à une pyrrhotite.

Photo 18 : Phénocristal d'arsénopyrite II déstabilisé avec cristallisation de la limonite et libération d'or.

Photo 19 : Cristallisation d'arsénopyrite dans une zone de fracture.

Photo 20 : Arsénopyrite II recoupant la schistosité et arsénopyrite I syn-schisteuse.

Légende des photos de 17 à 20

Asp = Arsénopyrite

Po = Pyrrhotite

Au = Or

F = Zone de fracture

PLANCHE VI

Photo 21 : Pyrrhotite post schisteuse montrant des inclusions de chalcopryrite.

Photo 22 : Cristallisation simultanée d'arsénopyrite, de pyrrhotite et de chalcopryrite.

Photo 23 : Association arsénopyrite et pyrrhotite, les deux minéraux sont orientés suivant la schistosité.

Photo 24 : Recristallisation d'arsénopyrite dans des veinules anastomosées subparallèles

Légende pour les photos 21 à 24

Asp = Arsénopyrite

Po = Pyrrhotite

CPy =Chalcopryrite

V =Veinules

III- TYPOLOGIE DU GISEMENT D'OR DE MORILA

Les caractéristiques du gisement de Morila tirées de la cartographies des fronts de taille, des études de carottes et des études pétrographiques et métallographiques, ont été comparées à celles des autres gisements d'or dans le monde en général et d'Afrique de l'Ouest en particulier.

III-1- TYPOLOGIE DES GISEMENTS D'OR DANS LE MONDE

Les classifications des gisements d'or les plus utilisées sont celles proposées par De Launay (1913), Emmons (1937), Raguin (1961), Routhier (1963), Boyle (1979) et Bache (1981).

III- 1-1- Typologie de De Launay

Delaunay (1913) classe les gisements d'or d'après leur relation avec les roches ignées et distingue sept grands groupes qui sont :

- les inclusions dans les roches ignées de composition diverse ;
- les gîtes de ségrégation, gîtes de départ immédiat localisés dans la roche même et les gîtes de contact ;
- les imprégnations diffuses de profondeur en relation avec un métamorphisme ;
- systèmes de filons minces et multipliés ;
- les grands filons et filons réticulés des chaînes tertiaires ;
- les gisements encaissés dans les calcaires ;
- les conglomérats aurifères.

III- 1-2- Typologie d' Emmons et de Raguin

Emmons (1937) et Raguin (1961) ont proposé des classifications qui se ressemblent ; celles-ci sont basées sur la profondeur de mise en place et la température de dépôt. Ils distinguent ainsi:

- les gisements hydrothermaux ;
- les gisements mésothermaux ;
- les gisements épithermaux ;
- les placers et conglomérats aurifères.

III- 1-3- Typologie de Routhier

Cet auteur (1963) propose une classification basée sur la nature des roches encaissantes. Il distingue cinq grands groupes :

- les gisements encaissés dans les roches sédimentaires sans relation visible avec les plutons ;
- les gisements associés à des plutons granitiques et qui peuvent être intraplutoniques ou périplutoniques ;
- les gisements dans les roches basiques et ultrabasiques souvent d'origine volcanique ;
- les gisements liés principalement au volcanisme calco-alcalin, post orogénique des chaînes tertiaires ;
- les gisements dans les terrains métamorphiques sans relation visible avec les plutons.

III- 1-4- Typologie de Boyle

Comme dans le cas précédent, Boyle (1979) regroupe les gisements d'or selon la nature des roches encaissantes. Mais il distingue huit grands groupes :

- or inclus dans les roches ignées ;
- skarns aurifères ;
- veines, filons, stockwerks, pipes en terrains volcaniques ;
- veines, filons en terrains sédimentaires ;
- veines, filons en séries complexes volcaniques et sédimentaires avec intrusions ignées ;
- disséminations et stockwerks (avec forte hydrothermalisation) ;
- conglomérats et quartzites aurifères ;
- placers éluviaux et alluviaux.

III- 1-5- Typologie de Bache

La classification proposée par Bache (1981) associe le contexte géostructural, la nature de l'encaissant et l'association minéralogique. Cette typologie qui a la particularité d'être plus génétique que les précédentes s'articule autour de trois grands groupes : les gisements du groupe volcano-sédimentaire, les gisement du groupe plutono-volcanique post orogénique et les gisements du groupe détritique.

III- 1-5-1- Les gisements du groupe volcano-sédimentaire

L'auteur distingue trois types dans ce groupe :

- type 1 : les gisements de type amas sulfurés polymétalliques où l'or est un sous produit ;

- type 2 : les gisements itabiriques plus ou moins stratiformes encaissés dans des assises sédimentaires métamorphisées, en liaison probable avec un volcanisme associé à des niveaux carbonatés ferrifères et à sulfures subordonnés.

- type 3 : les gisements réputés discordants en contexte volcano-sédimentaires : veines, filons, «pipes», corps silicifiés à minéralisation or-argent, dans une gangue quartzo-carbonatée

III- 1-5-2- Les gisements du groupe plutono-volcanique

Bache rassemble dans ce groupe les types 4, 5 et 6 :

- type 4 : les gisements porphyriques cuprifères à molybdène et or ;
- type 5 : les amas sulfurés de substitution dans des assises carbonatées plus ou moins distaux par rapport à une intrusion ;
- type 6 : les gisements filoniens centrés sur une intrusion.

III- 1-5-3- Les gisements du groupe détritique

On distingue dans ce groupe :

- les gisements de type 7 qui concernent d'une part les placers anciens formés de niveaux conglomératiques continus à minéralisations sulfurés, aurifère et uranifère de type Rand et d'autre part les placers anciens formés de lentilles minéralisées à l'intérieur de niveaux conglomératiques, à minéralisation oxydée de type Tarkwa ;
- les gisements de type 8 constitués par les placers récents alluviaux et éluviaux.

III-2- TYPOLOGIE DES MINERALISATIONS AURIFERES D'OR DU PROTEROZOÏQUE INFÉRIEUR D'AFRIQUE DE L'OUEST

Les gisements d'or en Afrique de l'Ouest ont été classés par Milési et al. (1989) en sept types principaux :

- Type 1 - Le gisement de Loulo (Mali)

Ce type de minéralisation est porté par des grès noirs tourmalinisés de granulométrie fine à grossière parfois conglomératique. L'or est associé à une minéralisation sulfurée qui se présente sous deux formes : 1) disséminé dans le ciment des grès : les sulfures peuvent être orientés par les déformations D1 et ou D2 ; 2) en stockwerks peu ou pas déformés par la phase D2.

Type 2 – Le gisement de Yaouré (Côte d'Ivoire)

Les minéralisations aurifères de Yaouré sont situés dans une série de volcanites basiques

tholéïtiques de type MORB. Les minéralisations disséminées sont associées à des zones hydrothermalisées recoupant ces volcanites ainsi qu'un cortège de dyke et sills . Les principaux sulfures sont la pyrite, la chalcopyrite. Pyrrhotite et pentlandite sont rares. L'or peut être inclus dans les minéraux de la gangue (micas blancs et parfois quartz et carbonates). On le rencontre aussi dans la pyrite et exceptionnellement dans la chalcopyrite. Certaines plages d'or apparaissent dans des veines de quartz gris tardif en association fréquente avec la chalcopyrite.

- Type 3- Le gisement de Tarkwa (Ghana)

Les corps minéralisés exploitables ou « reefs » sont des horizons conglomératiques à galets de quartz. L'or visible apparaît en plages dispersées. Il pourrait provenir du remaniement des formations birimiennes discordantes.

-Type 4 – Le gisement d'Ashanti (Ghana)

Le minerai exploité correspond à des disséminations d'arsénopyrite aurifère recoupées par des veinules de quartz à or libre. Les minéralisations jalonnent des couloirs tectoniques d'orientation générale NE-SW, de longueur pluridécamétrique dont la largeur peut atteindre quelques kilomètres. Les roches encaissantes des corps minéralisés sont le plus souvent les métasédiments de l'ensemble B1, mais aussi des dykes ou sills B2 de composition basique à intermédiaire plus rarement acide, affectées par une altération hydrothermale à chlorite , séricite, carbonates. Ntiamoah-Agyakwa (1979) rattache les minéralisations à un modèle volcanogénique ; tan disque Milési et al (1989) évoque une relation spatiale entre et les gîtes à manganèse et les gîtes d'or à arsénopyrite . Leube et Hirdes (1988, 1989) puis Oberthur et al. (1996) évoquent l'arrivée d'un fluide créé par déshydratation métamorphique.

-Type 5 - Les gisements de Poura (Burkina-Faso) et de Kalana (Mali)

Il s'agit de filons de quartz aurifères contenant de l'or libre et des traces de Cu-Pb-Zn-Ag-Bi (gisement de Poura au Burkina Faso et de Kalana au Mali) et des veines de cherts aurifères (gisement de Sabodala au Sénégal). Ces minéralisations aurifères discordantes apparaissent dans des séries encaissantes variées : métasédiments de l'ensemble B1 (Kalana, au Mali, Banora en Guinée) , séquences grésos-conglomératiques de l'ensemble B2 (Poura au Burkina faso, Sabodala au Sénégal) ou granitoïdes (Hiré, en Côte d'Ivoire).

La minéralisation des gisements de Poura et de Kalana sont associées à une fracturation cassante tardi-éburnéenne. Elle comporte également plusieurs générations successives d'or natif

et la paragenèse des stades tardifs est caractérisée par des sulfures polymétalliques et des sulfosels cupro-argentifères.

Type 6.– Placers alluviaux et éluviaux, n'a pas été décrit par ces auteurs.

- Type 7 – Le gisement d'Ity (Côte d'Ivoire)

La minéralisation aurifère est située dans un profil latérique à stone-line où l'on observe quelques blocs de quartz et de tourmaline. La minéralisation primaire n'a pas encore été identifiée ; mais la présence de ces blocs indique parfois que la minéralisation primaire pourrait être rattachée aux types 4 et 5.

III- 3- TYPOLOGIE DU GISEMENT D'OR DE MORILA

Les formations hôtes de la minéralisation aurifère sont, pour l'essentiel, des micaschistes et des métagrauwackes. Ces roches ont subi une évolution métamorphique complexe en relation avec la mise en place de plusieurs intrusifs. Le métamorphisme, en général de faciès schistes verts dans les métasédiments peut atteindre faciès amphibolite au contact des intrusions.

Au moins deux phases de minéralisation aurifère peuvent être envisagées dans la zone de Morila. La première correspondant à une dissémination de sulfures fins composés d'arsénopyrite I, de pyrrhotite, de chalcopryrite et de pyrite. L'or est surtout lié à l'arsénopyrite I. La deuxième phase correspond à la remobilisation de la première minéralisation. Elle conduit à la formation de trois types de minéralisation : i) veines quartzo-feldspathiques minéralisées parfois cisailées et boudinées, prenant place précocement dans les plans de schistosité S1 ; ii) une arsénopyrite II aurifère qui recoupe la S1 et iii) fractures et microfissures tardives minéralisées.

Dans la typologie de Boyle (1979) le gisement de Morila pourrait être rangé parmi les minéralisations du type « imprégnation le long de certains niveaux dans des séquences volcano-sédimentaires en dehors des coulées » ; dans la classification de Bache (1981) Morila s'intègre parfaitement dans le type 3 : « amas sulfurés encaissés dans des sédiments en dehors des volcanites ».

En Afrique de l'Ouest, ce gisement d'or de Morila semble présenter des caractéristiques qui ressemblent à celles du gisement d'Ashanti (Obuasi, Ghana). Les principales différences entre ces deux gisements sont : i) à Obuasi, il n'existe qu'une seule génération d'arsénopyrite disséminée qui cristallise de façon statique en recoupant la schistosité, l'or est invisible et lié à ce sulfure et ii) à Obuasi, s'observe une deuxième génération de minéralisation plus tardive à quartz-pyrite-chalcopryrite-cuivre gris-pyrrhotite-sphalérite-or natif.

CONCLUSIONS GENERALES
INTERPRETATION DU MODELE DE MISE EN PLACE DES MINERALISATIONS
AURIFERES DU GISEMENT DE MORILA