



HAL
open science

Contribution à l'étude géochimique des formations précambriennes du schisto-calcaire supérieur du bassin minier du Niari et de la mine de M'Passa (Rép. pop. Congo) : implications métallogéniques

Daniel Mouzita

► **To cite this version:**

Daniel Mouzita. Contribution à l'étude géochimique des formations précambriennes du schisto-calcaire supérieur du bassin minier du Niari et de la mine de M'Passa (Rép. pop. Congo) : implications métallogéniques. Minéralogie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1979. Français. NNT : . tel-00756648

HAL Id: tel-00756648

<https://theses.hal.science/tel-00756648>

Submitted on 23 Nov 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

205142

1979

155 / D

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

THESE

présentée pour obtenir le grade de Docteur Ingénieur

Spécialité : GEOLOGIE APPLIQUEE

Option : PETROLOGIE - METALLOGENIE

*Contribution à l'étude géochimique
des formations précambriennes du schisto-cal-
caire supérieur du bassin minier du Niari
et de la mine de M'Passa (Rép. Pop. Congo).
Implications métallogéniques*



Par DANIEL MOUZITA

Soutenu le 19 Décembre 1979
devant la Commission d'examen

MM.	R. MICHEL	Président
	P. GIRAUD	Examineur
	F. JAFFE	Examineur
	J. AMOSSE	Rapporteur
	G. BUFFET	Examineur
	G. POURRET	Examineur



205142

1979

155/D

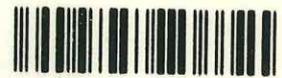
UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

THESE

présentée pour obtenir le grade de Docteur Ingénieur

Spécialité : GEOLOGIE APPLIQUEE

Option : PETROLOGIE - METALLOGENIE



0520133272

*Contribution à l'étude géochimique
des formations précambriennes du schisto-cal-
caire supérieur du bassin minier du Niari
et de la mine de M'Passa (Rép. Pop. Congo).
Implications métallogéniques*

Par DANIEL MOUZITA

Soutenu le 19 Décembre 1979
devant la Commission d'examen

MM. R. MICHEL Président
P. GIRAUD Examineur
F. JAFFE Examineur
J. AMOSSE Rapporteur
G. BUFFET Examineur
G. POURRET Examineur



T. 80/158

A mes parents

A Noëlie, mon épouse

A Sylvie et Mireille
mes enfants

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est l'aboutissement d'un effort collectif, comme tous les travaux analogues. Nombreux sont ceux qui y ont participé à divers titres. Qu'ils soient ici cités et remerciés.

L'étude sur le terrain a été rendue possible grâce à la Société des Mines de M'Fouati. C'est pourquoi je remercie R. BINDA-POATY, son directeur, son personnel technique et particulièrement les prospecteurs SITA Norbert, N'KOUNKOU Gustave, N'GOUNDA Christophe, les chauffeurs Charles et MALONGA Paraclat.

Je dois une reconnaissance toute particulière à Monsieur le Professeur P. GIRAUD qui m'a accueilli au Laboratoire de Pétrologie et Métallogénie de Grenoble, m'a fait profiter de ses connaissances sur le terrain, et a beaucoup contribué au bon déroulement de la thèse.

Au cours de mes études en Laboratoire, et durant la rédaction de cette thèse, j'ai reçu l'aide précieuse de certaines personnes que je tiens à remercier vivement:

Monsieur J. AMOSSE m'a conseillé et guidé pour la métallogénie ainsi que Madame B. USELLE qui s'est intéressée à mes problèmes d'analyse.

Monsieur G. BUFFET, m'a initié aux techniques statistiques multivariées utilisées dans cette étude.

J'exprime ma gratitude à Monsieur le Professeur R. MICHEL pour l'honneur qu'il me fait de présider le Jury.

J'ai l'honneur de remercier Monsieur le Professeur F. JAFFE de l'Université de Genève d'avoir accepté de juger ce travail en participant au Jury.

J'adresse également mes vifs remerciements à Monsieur J. CONNAN de la S. N. E. A. (P) Pau, pour l'amitié qu'il m'a témoignée et l'intérêt qu'il a porté à ce travail.

Mes remerciements s'adressent à Monsieur P. SAMBA, ex-Directeur Général des Mines et de la Géologie, grâce à ses interventions et conseils amicaux, a été le catalyseur de la reprise de mes études après cinq ans de travail au Service de Recherches Géologiques et Minières.

Monsieur G. POURRET fut un ami de travail lorsqu'il était mon conseiller technique au Service de Recherches Géologiques et Minières à Brazzaville. Je tiens à le remercier pour l'intérêt qu'il a porté à cette étude, et de l'honneur qu'il me fait en participant au Jury de thèse.

Je remercie Madame N. REVOL qui a assuré avec le plus grand soin la dactylographie de ce mémoire.

Il me reste à remercier tous les membres de l'Institut Dolomieu. Que ceux qui m'ont témoigné leur amitié trouvent ici mes sincères et vifs remerciements. Enfin, je n'oublierai pas mes camarades de la salle de 3ème cycle, pour les conseils donnés et l'ambiance qu'ils ont su créer.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	7
--------------------	---

CHAPITRE I

GENERALITES	9
I. 1. Situation géographique	11
I. 1. 1. Géographie physique	12
I. 1. 1. 1. Géomorphologie	12
I. 1. 1. 2. Hydrographie	12
I. 1. 1. 3. Climat	12
I. 1. 1. 4. Végétation	13
I. 1. 2. Géographie humaine	13
I. 1. 2. 1. Exploitation minière	13
I. 1. 2. 2. Elevage	13
I. 1. 2. 3. Pisciculture	14
I. 1. 2. 4. Agriculture	14
I. 2. Historique des travaux de recherches géologiques et minières effectuées dans le bassin minier du Niari.....	14
I. 3. Géologie régionale	17
I. 3. 1. Stratigraphie	19
I. 3. 1. 1. Les formations de couverture	19
I. 3. 1. 1. 1. Le sédimentaire côtier	19
I. 3. 1. 1. 2. La couverture continentale	21
I. 3. 1. 2. Les formations du socle précambrien	23
I. 3. 1. 2. 1. Le précambrien inférieur	26
I. 3. 1. 2. 2. Le précambrien moyen	27
I. 3. 1. 2. 3. Le précambrien supérieur	28

I. 3.2. Etude tectonique	31
I. 3.2.1. Les plis	35
I. 3.2.2. Les failles	35
I. 3.3. Corrélations avec les régions voisines	37
I. 3.4. Conclusion	37
I. 4. Métallogénie régionale	40
I. 4.1. Répartition de la minéralisation	40
I. 4.2. Théories génétiques proposées	40
I. 4.2.1. Travaux classiques	40
I. 4.2.2. Travaux de P. Nicolini	42
I. 4.3. Conclusions	44

=====

CHAPITRE II

GEOCHIMIE REGIONALE DU SCHISTO-CALCAIRE SUPERIEUR ..	45
II. 1. Etude géochimique	46
II. 1.1. Domaine d'investigation	46
II. 1.2. Echantillonnage: Principe et réalisation pratique	49
II. 1.2.1. Principe	49
II. 1.2.2. Réalisation pratique	49
II. 1.3. Préparation et analyse des échantillons	50
II. 1.3.1. Broyage	50
II. 1.3.2. Mise en solution	50
II. 1.3.3. Mesure	50
II. 1.4. Traitement statistique	52
II. 1.4.1. Etude statistique mono-variable des variations de la composition chimique	52
II. 1.4.2. Analyse statistique multivariées	53
II. 1.4.2.1. Généralités	53

II. 1.4.2.2. Moyens de calculs utilisés	54
II. 1.4.2.3. Principaux résultats obtenus grâce à l'analyse statistique	55
II. 1.4.3. Diagramme de corrélation du manganèse	65
II. 1.4.4. Etablissement de la carte géochimique	69
II. 1.4.4.1. Teneur de fond à l'échelle régionale	69
II. 1.4.4.2. Variation dans la distribution des éléments traces à proximité des gisements	72
II. 1.5. Premières données sur la géochimie du plomb et du zinc	73
II. 1.6. Conclusions	74

=====

CHAPITRE III

ETUDE GEOCHIMIQUE DE LA MINE DE M'PASSA	76
III. 1. Choix du gisement de M'Passa	77
III. 1.1. Critères géologiques et métallogéniques	77
III. 1.2. Critères techniques	77
III. 2. Géologie locale	79
III. 2.1. Etude lithostratigraphique	79
III. 2.1.1. Les formations du schisto-calcaire supérieur ...	79
III. 2.1.1.1. Etude pétrographique	81
III. 2.1.1.2. Caractéristiques pétrographiques	84
III. 2.1.1.3. Conditions de formation des dolomies et des calcaires	85
III. 2.1.2. Brèche du Niari	87
III. 2.1.3. Les grès	87
III. 2.2. Tectonique locale	87
III. 2.2.1. Les plis	87
III. 2.2.2. Les failles	90
III. 2.2.3. Conclusion	90

INTRODUCTION

L'étude entreprise au Laboratoire de Pétrologie et Métallogénie de l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble I se propose plusieurs objectifs:

- connaître le fond géochimique en certains éléments métalliques (Cu, Pb, Zn etc..) des formations du schisto-calcaire supérieur du bassin minier du Niari;
- connaître la répartition de ces éléments en traces dans les corps minéralisés et leur encaissant de la mine de M'Passa;
- comprendre le comportement de ces éléments par l'étude de leurs corrélations;
- proposer un modèle génétique de leurs concentrations;
- avancer des recommandations pour l'orientation des recherches futurs de nouveaux gîtes.

Le présent mémoire est présenté en quatre chapitres. Dans le premier, on exposera succinctement les données régionales de géographie, géologie et de métallogénie. Les deux chapitres suivants traitent de géochimie. On abordera d'abord la géochimie régionale dont l'importance est primordiale pour déceler une éventuelle parenté géochimique entre la minéralisation et son encaissant. Ensuite, on détaillera, la géochimie minérale, organique et isotopique du soufre du gisement primaire de M'Passa. Par l'emploi de l'analyse statistique multivariable, on recherchera les corrélations entre les éléments dosés ainsi que leur répartition entre les différentes phases en présence. On pourra alors être à même de proposer un modèle pour la genèse des indices et gisements de la région. Le dernier chapitre sera celui des interprétations globales, des conclusions et des suggestions pour les travaux futurs de prospection minière.

=====

... la métallurgie
 ... les travaux de recherches
 ... les métaux
 ... les corps
 ... l'étude de
 ... les recommandations
 ... les nouveaux sites
 ... le programme
 ... le bord
 ... le terrain
 ... la présence
 ... les besoins
 ... les besoins
 ... les besoins

CHAPITRE I

- I.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE
- I.2. HISTORIQUE DES TRAVAUX DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES EFFECTUÉS DANS LE BASSIN MINIER DU NIARI
- I.3. GÉOLOGIE RÉGIONALE
- I.4. MÉTALLOGÉNIE RÉGIONALE

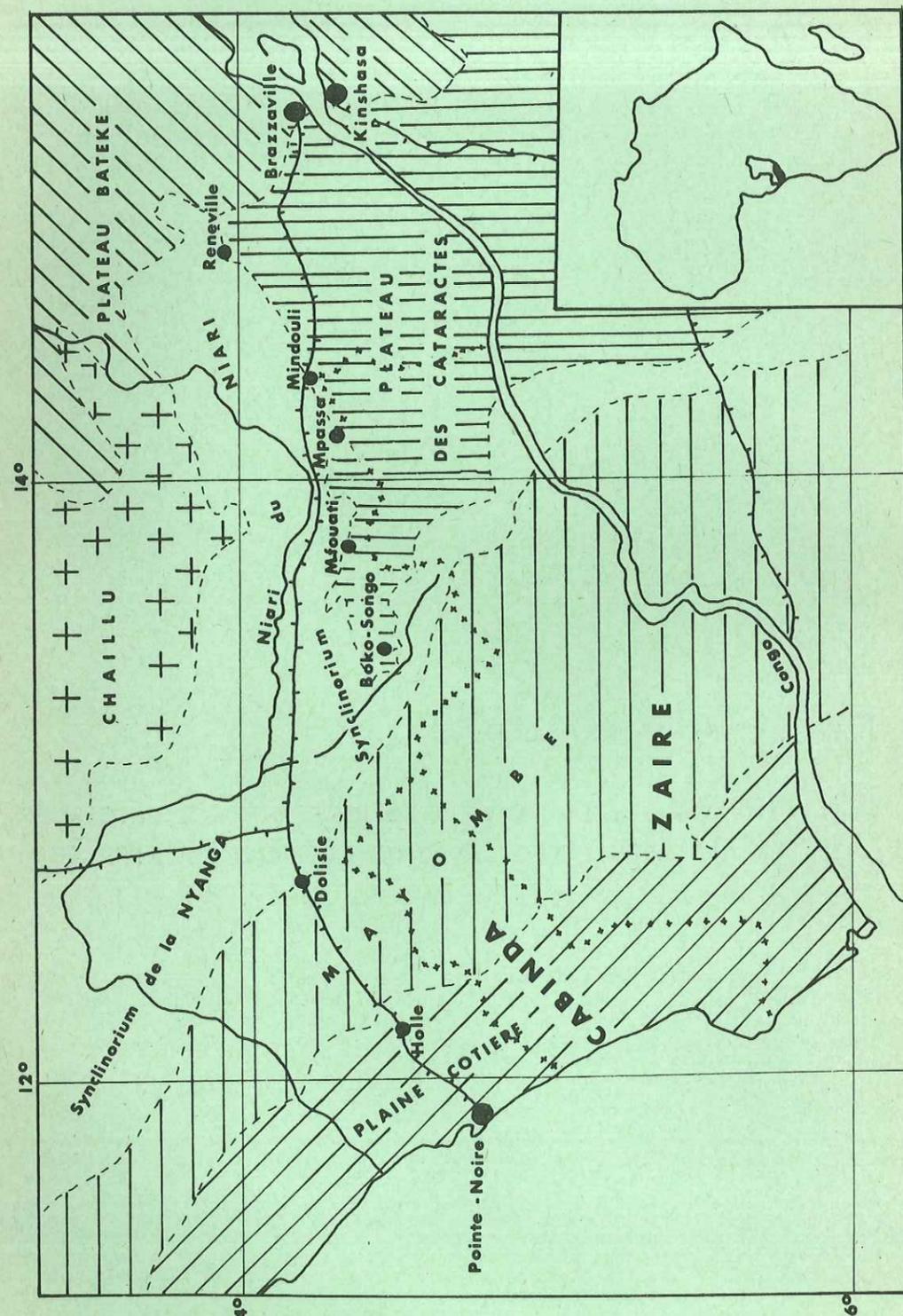


Fig.1 Carte de situation: les grandes unités régionales
Ech.: 1:2000000

G. BIGOTTE 1958

CHAPITRE I

GENERALITES

I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Dans la partie méridionale de la République Populaire du Congo, on rencontre successivement d'Ouest en Est, des unités géographiques très différentes (fig.1)

- la plaine côtière, orientée NW-SE, large de 40 km, s'étendant sur plus de 140 km, de la République Gabonaise au Nord, au Cabinda au Sud;
- la chaîne forestière du Mayombe, allongée parallèlement à la côte, et dont la largeur augmente du Nord (20 km) au Sud (50 km);
- la plaine du Moyen Niari formant une bande en arc de cercle autour du massif du Chaillu; d'abord parallèle à la chaîne du Mayombe sur 160 km de long et 60 km de large au Sud de la frontière gabonaise, elle prend une orientation ENE-WSW à partir de Boko Songho jusqu'à Renéville;
- le massif du Chaillu, au Nord, s'étendant en République populaire du Congo sur environ 120 km selon SW-NE et 250 km selon NW-SE;
- le plateau des Cataractes au Sud, dominant la plaine du Niari;
- le plateau Batéké à l'Est.

La présente étude porte sur le synclinal minéralisé du Niari, zone comprise entre Boko-Songho et Renéville en bordure nord du plateau des Cataractes.

Long de 180 km et large de 20 km, il recèle de nombreux indices et gisements essentiellement de Pb, Zn Cu. C'est la raison pour laquelle nous parlerons de "Bassin minéralisé du Niari".

I. 1. 1. GEOGRAPHIE PHYSIQUE

I. 1. 1. 1. Géomorphologie

La morphologie du Bassin minéralisé du Niari résulte de divers facteurs:

- l'érosion,
- la nature lithologique des roches,
- les structures qui les affectent.

Ainsi, les grès de la formation schisto-gréseuse, peu perméables, sont sillonnés de vallées en V, avec des forêts-galeries, et correspondent à des plateaux, tandis que les calcaires et dolomies de la formation schisto-calcaire présentent des formes plus molles, sont couverts de savane et pauvres en affleurements.

I. 1. 1. 2. Hydrographie

A l'exception de la région de Renéville située dans le domaine du Djoué, le "Bassin minéralisé du Niari" est entièrement drainé par le Niari et ses affluents; ceux-ci sont des torrents, descendant du plateau des Cataractes qui, en saisons des pluies, apportent des quantités importantes de matériaux, alors qu'en saisons sèches, ils ne sont que de paisibles ruisseaux.

I. 1. 1. 3. Climat

Le climat du Niari est de type guinéen, caractérisé par:

- une température moyenne comprise entre 21° et 27° avec des extrêmes de 12° en Juillet et de 36° en Mars-Avril;
- une humidité relative moyenne, supérieure à 80 %;
- des précipitations abondantes grâce à l'influence des moussons de Guinée, et à la condensation provoquée par le courant froid de Benguela. Il s'agit surtout de violents orages, de "tornades" qui peuvent donner jusqu'à 8cm d'eau en une heure;

- une grande saison sèche de quatre mois (Juin à Septembre), et une petite saison sèche (Février-Mars).

I. 1. 1. 4. Végétation

Elle est caractérisée par le développement exclusif de la savane à galeries; la savane est couverte d'herbes hautes qui sont brûlées partiellement à la fin de la saison sèche à des fins agricoles, ce qui certes facilite les travaux du géologue, mais gêne le reboisement naturel.

Les galeries forestières sont étroites, d'accès souvent difficile en raison de la densité de la végétation sur leurs bords.

I. 1. 2. GEOGRAPHIE HUMAINE

La population est concentrée le long de la route et du chemin de fer reliant Brazzaville à Pointe Noire.

Ainsi, la région de Mindouli est peuplée de 6 500 habitants, celle de Loutété de 11 000 habitants. Ils se livrent à diverses activités.

I. 1. 2. 1. Exploitation minière

L'exploitation minière est centrée sur M'Passa et M'Fouati.

La mine de M'Passa, située à 25 km du chemin de fer et à 13 km de l'axe routier Brazzaville - Pointe-Noire, emploie environ 300 ouvriers.

La mine de Djenguelé, récemment mise en exploitation par l'Etat congolais est située à 30 km du chemin de fer Congo-Océan. Une laverie, installée à M'Fouati, utilise le minerai extrait de la carrière de Djenguelé. Ces deux unités de production (laverie de M'Fouati et carrière de Djenguelé) emploient plus de 250 personnes.

I. 1. 2. 2. Elevage

Les activités de la ferme d'état de M'Passa sont réduites car elle se trouve confrontée à de nombreuses difficultés. Seules quelques modestes exploitations individuelles arrivent à satisfaire partiellement le besoin local en viande.

I. 1. 2. 3. Pisciculture

Une distribution de semences pour l'élevage de la *Tilapia Nilotica* à reproduction très rapide est assurée par les stations piscicoles de Mindouli. Malheureusement, les exploitants ne disposent pas de moyens leur permettant d'entreprendre des exploitations plus vastes, capables d'approvisionner régulièrement une poissonnerie locale.

I. 1. 2. 4. Agriculture

Les cultures artisanales de riz, de tabac, de haricot, mais surtout d'arachide et de manioc, constituent l'activité primordiale fournissant à la population, aussi bien rurale qu'urbaine, les produits alimentaires de base.

° ° °

I. 2. HISTORIQUE DES TRAVAUX DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES EFFECTUES DANS LE BASSIN MINIER DU NIARI

Avant l'arrivée au Congo des premiers européens, les indices polymétalliques de la région du Niari étaient connus des autochtones, qui les exploitaient d'une manière archaïque. Ils s'intéressaient aux minerais de Cu, Pb, dans les régions de Mindouli, M'Fouati et Boko-Songho, les triant manuellement et les fondant au bois dans des creusets à soufflets, façonnés dans l'argile rouge latéritique; le métal produit était vendu dans toute la région, jusqu'au Gabon.

En 1904, une compagnie hollandaise exportait le produit par Loango. Les grandes excavations de Djenguelé, Boko-Songho et M'Fouati, les fours conservés dans le sol, les débris de creusets et les innombrables scories témoignent de cette activité.

Les premiers explorateurs européens, ayant visité la région minière du Niari furent:

- le Professeur PESCHUEL-LOESCHE, de l'Université d'Iena (1876-1886), qui en établit la carte géologique schématique en 1879;
- G. de CHAVANNES (1884-1885);
- M. DUPONT (1888);
- R. THOLLON (1891), qui signale la présence de diopside dans la région de Mindouli, et en 1893, visite les excavations de la région de M'Fouati.

En 1895, M. BARRAT, sur la base des travaux de ses prédécesseurs, publie les premières études géologiques du Congo Français.

En 1903, est créée la Compagnie Minière du Congo Français, ayant pour but la prospection, la recherche minière et l'exploitation des gisements du Niari.

De 1903 à 1927, la C. M. C. F., rassemblant plusieurs compagnies, réalise de nombreux travaux d'exploration, de recherche et de prospection de Cu, Pb, Zn, dresse des cartes régionales et découvre quelques indices et gisements (Mindouli, Renéville, Moubiri, Pimbi, M'Pita).

En 1928, les travaux de grande envergure menés par H. LAGOTOLA, L. DUPARC, permettent la découverte des gisements de M'Passa et N'Zala.

En 1931, l'Ingénieur Th. S. CARNAHAN, pour le compte de la C. M. C. F. découvre les gisements de M'Fouati et Hapilo. Le géologue J. PARES effectue des études sur les minerais oxydés de Cu de la Grande Mine, estimant les réserves à 3 700 T à 2,9 % de Cu.

De 1935 à 1941, plus de 125 000 T de concentrés de Pb à 52 % et 26 000 T de concentrés de Zn à 42 % sont extraites (725 000 T de minerais). A la même période, la C. M. C. F. intensifie les travaux de prospection de surface sur les gisements de Hapilo et de Yanga-Koubenza.

La première carte géologique du bassin du Niari à l'échelle

1/50 000 est établie par V. BABET en 1938.

En 1939, la mission franco-anglaise de l'EMAC, représentant les intérêts de la C. M. C. F. étudie la bordure nord du Synclinal du Niari.

Dans son rapport final, J. AUSTEN-BANCROFT, Chef géologue des Mines de Rhodésie, infirme toute possibilité de découverte de gisements de Cu de type rhodésien.

L'activité de recherche reprend après la seconde guerre mondiale (1947-1948) avec les travaux de prospection d'uranium du Commissariat à l'Energie Atomique (C. E. A.) (DUMOULIN et GANGLOFF).

En 1949, le BUMIFOM intensifie les travaux de recherche et de prospection sur les gisements de Mindouli, M'Passa et Renéville, sous la direction du Professeur E. RAGUIN. Ces travaux permettent la mise en évidence des indices de N'Zala et Diangala.

L'ensemble de ces recherches se poursuit jusqu'en 1954, année correspondant à la création du Syndicat de Boko-Songho (C. M. C. F. et Penarroya) et à la dissolution des Sociétés EMAC et SOMINIA.

A cette même époque, le C. E. A. interrompt ses travaux dont la synthèse est présentée sous forme de thèse par G. BIGOTTE en 1956.

De 1956 à 1959, la C. M. C. F. et le BUMIFOM poursuivent leurs recherches respectivement dans les secteurs de M'Fouati, de Hapilo et dans la zone de M'Passa, N'Zala, Mimbodi, Moubiri.

Dès le début de 1959, le Bureau de Recherche Géologique et Minière (B. R. G. M.) et la C. M. C. F. forment le Syndicat "Loutété" en vue d'étudier sous la direction de P. VINCENT, les indices décelés dans le bassin de la rivière Loutété (Palabanda; Yanga-Koubenza; M'Passa).

Suite à la baisse des cours, la C. M. C. F. arrête l'exploitation des gisements de M'Fouati et de Hapilo en 1961. Un an après, la Société est dissoute.

En 1963, A. ALLON fait le point sur les connaissances acquises au Niari oriental après 12 ans de travaux du B. R. G. M. en un mémoire de thèse intitulé "Etude Géologique du Bassin du Niari Oriental et de ses minéralisations Cu, Pb, Zn".

De 1966 à 1974, le BUMICO assisté de géologues soviétiques réévalue les gisements de M' Fouati, Hapilo, Djenguélé, Yanga-Koubenza et construit l'Usine d'Enrichissement de M'Fouati, pouvant traiter 170 000 t/an de minerais.

En 1970, le BUMICO, sous la direction technique de Mr E. WILHELM, publie la carte des minéralisations de la République Populaire du Congo au 1/50.000 .

En 1975, D. M. BAKA étudie la position stratigraphique des minéralisations du Niari (M'Passa) en une thèse présentée devant l'Université de Nancy I, "Les Minéralisations en Cu, Pb, Zn de M'Passa - Exemple du rôle métallogénique des émergences".

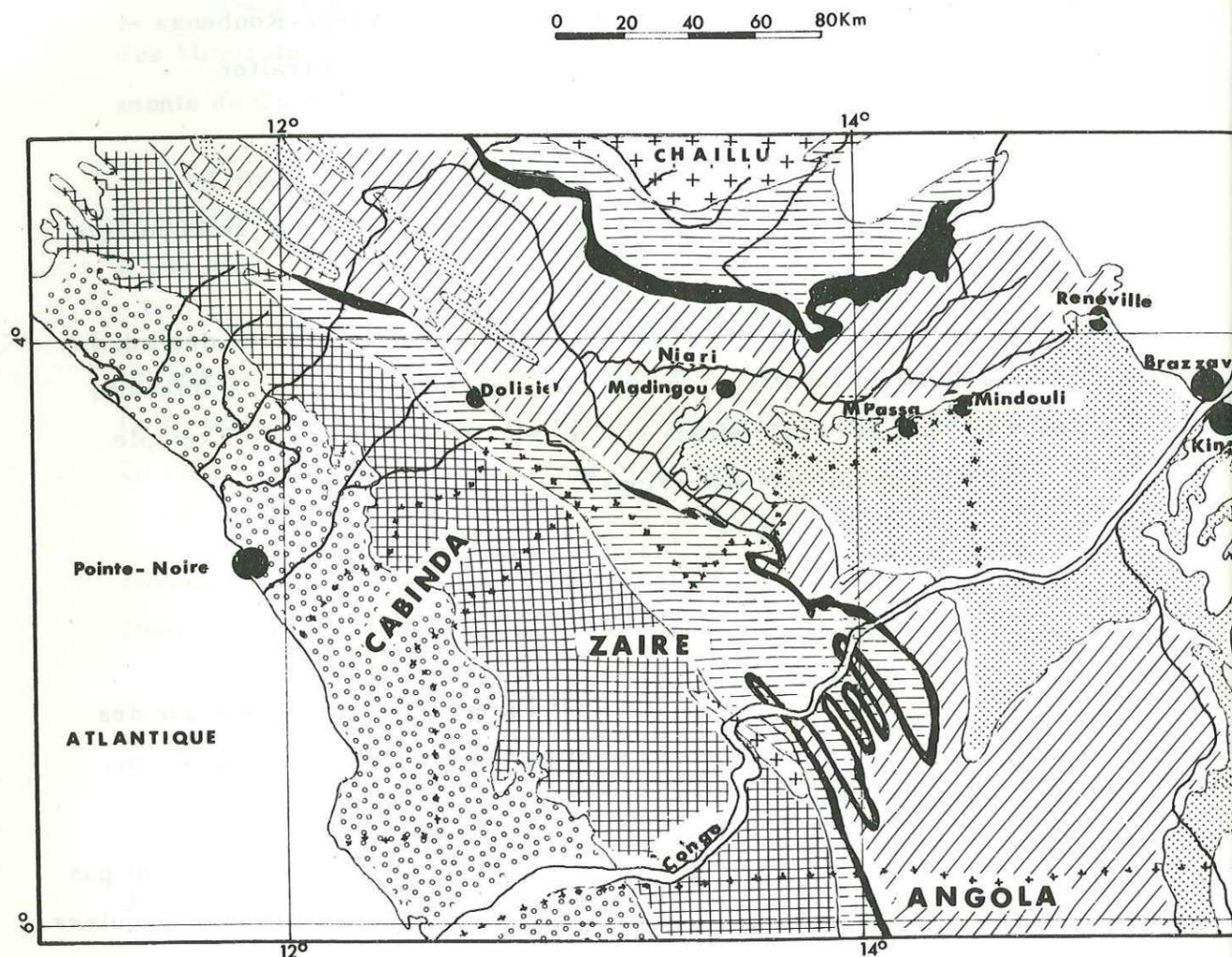
° ° °

I. 3. GEOLOGIE REGIONALE

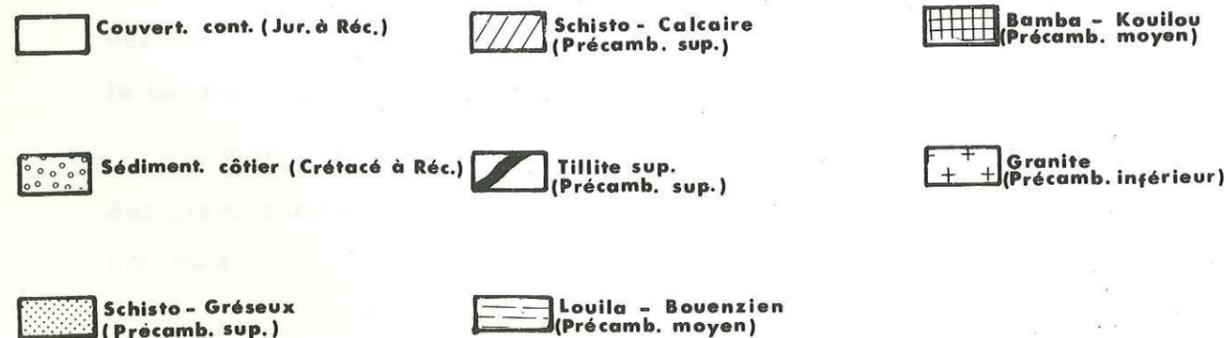
Le Bassin minéralisé du Niari est essentiellement occupé par des formations du Précambrien supérieur et par la couverture post-précambrienne à l'extrémité est.

Le Précambrien inférieur et le Précambrien moyen n'affleurent pas dans la région étudiée. Néanmoins, compte-tenu des connaissances acquises sur la géologie du Congo, tirées des données bibliographiques, il est nécessaire de replacer dans leur contexte géologique d'ensemble, les formations précambriennes inférieures et moyennes.

Fig.2-VUE SCHEMATIQUE DE LA GEOLOGIE REGIONALE AU SUD DU CONGO - BRAZZA ET AU SW DU ZAIRE



G. BIGOTTE



1. 3. 1. STRATIGRAPHIE

Les connaissances géologiques de la République Populaire du Congo peuvent être considérées comme particulièrement avancées depuis, en particulier, les travaux de V. BABET, 1928 - P. NICOLINI, 1959 - G. SCOLARI, 1965.

Un travail synthétique plus récent a été réalisé en 1969 par Ph. DADET. Ce dernier a dégagé les diverses unités géologiques congolaises qui se répartissent en deux grands ensembles (fig. 2):

- une couverture paléozoïque et mésozoïque représentée par le remplissage continental de la Cuvette et les terrains sédimentaires de la région côtière d'âge crétacé et plio-pléistocène (tableaux I et II) ;
- un socle précambrien, formé de roches sédimentaires plissées, de roches métamorphiques et de roches granitiques.

1. 3. 1. 1. Les formations de couverture

Les formations de couverture sont horizontales et discordantes sur les terrains précambriens. Ainsi, de part et d'autre de ceux-ci, on distingue le sédimentaire côtier à l'Ouest et la couverture continentale à l'Est (tableaux I et II). Elles sont séparées du socle par une lacune considérable s'étendant sur l'ère primaire et une partie de l'ère secondaire.

1. 3. 1. 1. 1. Le sédimentaire côtier

Le bassin sédimentaire de l'Ouest du Congo fait partie d'un "chapelet" de dépressions affectant la marge occidentale du vieux socle africain, depuis la Côte d'Ivoire jusqu'à l'Angola (P. HIRTZ et A. PERRODON, 1966).

Les indices bitumineux superficiels connus sur les marges du bassin ont amené les Sociétés de Pétrole (SPAEF puis SPAFE) à entreprendre des études qui aboutirent à une ébauche de structure du bassin et à la découverte d'un certain nombre de gisements d'hydrocarbures (Emeraude) et du gisement salifère de Holle.

Unité lithostratigraphique	Puissance	Age
Série des Cirques	30-180 m	Plio-pléistocène
Horizons marins	25-400 m	Aptien supérieur
Couches évaporitiques	300-900 m	Aptien inférieur
Couches continentales fluvio-lacustres	400-700 m	

TABLEAU I : Stratigraphie des formations du bassin côtier de la République Populaire du Congo.

Série	Niveau	Puissance	Age
	Niveau sup. (limons sableux)	40-90	Néogène
	Niveau inf. Grès polymorphes	300m	Paléogène
	Niveau sup.		Crétacé supérieur
	Niveau moyen		Crétacé inférieur
	Niveau inf.	10m	Jurassique

TABLEAU II : Stratigraphie des formations de la couverture continentale (J. Cosson-1955)

Les connaissances acquises sur la stratigraphie de ce bassin ont été résumées par S. FRANCKS (1973) à partir des données fournies par les travaux de V. HOURCQ (1966) et Y. BELMONTE (1966).

La stratigraphie de ce bassin côtier montre, de bas en haut, la succession suivante (tableau I):

- les couches fluvio-lacustres avec pour seuls fossiles des plantes et des Ostracodes, datées de l'anté Aptien inférieur. Elles comprennent une séquence inférieure de grès et un faciès supérieur argileux avec des bandes fines de grès argileux. Ces couches ont une puissance variant de 400 à 700 m avec une nette diminution vers l'Est (150 m à Holle);

- les couches évaporitiques (Aptien inférieur), d'une puissance moyenne de 300m mais pouvant atteindre 900m au centre du bassin près de Pointe Noire. Elles constituent une séquence cyclique de halite alternant avec de la carnalite. Ce cycle comprend:

. shales noirs bitumineux (1 à 2m de puissance) riches en matériaux ligniteux et contenant occasionnellement des bancs de dolomies ;

. halite pure, puissante de 30 à 60 m;

. alternance de couches de halite et de potasse, souvent carnalite, parfois altérée en sylvinite;

- les horizons marins (de l'Aptien au Maestrichtien), sont représentés par des grès conglomératiques, grès marneux et phosphatés avec des intercalations de calcaires dolomitiques. Leur puissance varie de 30 à 180m (1).

1.3.1.1.2. La couverture continentale

La couverture continentale de la "Cuvette Congolaise" est constituée par des formations horizontales gréseuses et sableuses. Elles affleurent à l'extrémité orientale du "Bassin minéralisé du Niari" (fig. 1).

(1) André MASSENGO 1970, Thèse Faculté des Sciences, Bordeaux.

Les subdivisions en vigueur ont été données par J. COSSON (1959), qui a distingué deux séries (tableau II) :

a) la série du Stanley-Pool constituée de trois niveaux:

- un niveau inférieur comportant des argilites rouges à passées gréseuses, abondantes vers le haut, superposées à des marnes plus ou moins sableuses; ce niveau est connu par sondage au Port de Brazzaville et n'excède pas 10 m;

- un niveau moyen daté du Crétacé inférieur comportant des grès compacts, blancs, localement indurés, parfois lités et n'ayant aucune stratification entrecroisée; transgressif par rapport au niveau inférieur, il est observé à Brazzaville (Ravin de Makélékélé) et près de la gare Goma-Tsé-Tsé (C. F. C. O.);

- un niveau supérieur, daté du Crétacé supérieur, et constitué de grès kaoliniques, tendres à grain moyen, de couleur jaune, et à stratifications entrecroisées très nettes. Ce niveau affleure dans l'île M'Bamou, sur les rives du fleuve Congo, en amont de Brazzaville.

b) la série des plateaux Batéké. Essentiellement gréseuse, elle comporte deux niveaux:

- un niveau inférieur paléogène, qui comporte des grès tendres blanc-jaunâtre, avec des intercalations de grès durs silicifiés de teinte claire; ce sont des grès polymorphes. Sa puissance est estimée à 300 m;

- un niveau supérieur, d'âge néogène, qui comporte des limons sableux, ocres (sables Batéké non indurés), caractérisés par leur teneur élevée en argile, en fer, et par la présence de quartz automorphe.

Pour faciliter la compréhension de ces formations, il est nécessaire d'associer les données paléontologiques fournies par les grès polymorphes, tout en les insérant dans l'histoire de la Cuvette congolaise établie par P. GIRESE et A. MASSENGO (1971):

- formation d'un bouclier centrafricain plus ou moins convexe;
- sous l'action d'efforts tectoniques, apparition de plusieurs

cuvettes dont celle du Congo avec, dans celle-ci, l'installation d'un grand lac;

- capture d'un des effluents du Lac par un fleuve côtier; c'est la naissance du fleuve Congo, assurant la vidange du lac.

Par endroits, les formations de couverture, ainsi que le socle précambrien, sont recouvertes par des formations superficielles, produits de leur altération "in situ".

1.3.1.2. Les formations du socle précambrien

Les formations précambriennes affleurent selon une bande d'environ 270 km de largeur entre les recouvrements du sédimentaire côtier au SW, et du continental de la cuvette congolaise au NE (fig. 2).

Du point de vue lithologique, elles se répartissent en trois grandes unités:

- le massif du Chaillu, essentiellement granitique;
- le massif montagneux du Mayombe fait de terrains métamorphiques très plissés;
- le synclinorium de la Nyanga et du Niari occupé par des terrains sédimentaires n'ayant subi que de faibles déformations.

De nombreuses difficultés ont été rencontrées par les auteurs pour établir dans et entre ces formations des subdivisions et des corrélations à partir des seuls critères lithologiques. Il a alors été fait appel à la notion de cycle orogénique définie à partir de données pétrologiques, structurales et surtout géochronologiques. Ainsi, en Afrique Centrale, STANTON 1963, L. CAHEN 1966 ont défini, à partir de données radiométriques, plusieurs cycles orogéniques. Cependant, une seule a été unanimement reconnue à travers toutes ces régions: l'orogénèse ouest-congolienne datée à 615 M. a. (L. CAHEN et Coll. 1966).

Pour en revenir au Précambrien de la République Populaire du Congo, P. DADET, 1968, est conduit à adopter une subdivision en deux ensembles:

ERE	SYSTEME	SERIE	FAISCEAU	LITHOFACIES	METAMORPHISME	MAGMATISME		
600 M.a	SUPERIEUR	Inkissi	I ₁	Arkose à mica blanc, grès siliceux, feldspathiques micacés.				
			I ₀	Conglomérats				
		M'Pioka	MPII	Grès feldspathique, argilites micacés.				
			MPI	Grès argileux, argilites				
			MPO	Brèches (calcaire)				
	PRECAMBRIEN	SCHISTO - CALCAIRE	Schisto - calcaire	SCIV			20 m - 50 m	
				SCIII			Dolomie sombre avec intercalations marneuses: 150m. Calcaires dolomitiques 20-130m	
				SCII			Marnes et grès calcaireux, avec intercalations de niveaux calcaireux, dolomie 250m	Chlorite, albite faciès calcschiste et cipolin.
				SCI			50-100m : calcaires en bancs épais (Stromatolites) : 300 m calcaire.	
				Ts			Galets de quartzite dans un fond argilo-gréseux et calcaires 170 m.	
900 M.a		Tillite supérieure du Bas - Congo						

24

ERE	SYSTEME	SERIE	FAISCEAU	LITHOFACIES	METAMORPHISME	MAGMATISME	
900 M.a	MOYEN	KOUILOU	Bouenza Louila	Bz	Argilites 650 m	Schistosité dans les argilites	
			Tillite inférieure	Ts	Complexe "glaciaire" et périglaciaire 150 m	Epizonal	Volcanisme sous-marin
		BAMBA	Mossouva	Mo	Quartzites feldspathiques à ciment dolomitique; Dolomies gréseuses	Epizonal faible	Sills concordants de roches basiques
			M'Vouti	Vo	Schistes. Grès quartzites	Epizonal	Filons de dolérites
1600 M.a	INFÉRIEUR	MAYOMBE	Loukoulou	Lo	Quartzites blancs, intercalations schisteuses	Plus léger que la Louémé-Bikossi schistes, chlorites, muscovite.	Intrusion de dolérites. Granite des Saras et de N'Gouda
Loémé - Bikossi			Bi	Quartzites, schistes et micaschistes	Faciès schiste vert	Granite du Mt Kanda, M ¹ Foubou Roches vertes	
2700 M.a	INFÉRIEUR	CHAILLU			Granite à 2 faciès: gris (granodiorite et diorites quartziques) et rose (granite alcalin, granite migmatique. Roches métamorphiques (amphibole, biotite, amphibolites, pyroxénites, micaschiste, gneiss à biotite). Intrusions basiques et ultrabasi-ques (dolérites, pyroxénites et péridotites).	<p>===== Discordance</p> <p>————— Concordance</p>	

25

TABLEAU III : Etude lithostratigraphique du Précambrien du Congo

- le complexe de base du Chaillu, correspondant au Précambrien inférieur;

- le géosynclinal du Congo occidental, correspondant au Précambrien supérieur.

L'étude de ces formations n'étant pas abordée dans le cadre de ce travail, nous nous contenterons ici d'en donner un bref résumé (tableau III).

1.3.1.2.1. Le Précambrien inférieur

Ce sont les formations du massif du Chaillu et du système du Mayombe dont les âges seraient respectivement de 2 700 et 1 600 Ma.

a) Le massif du Chaillu : C'est un immense batholite granitique fortement érodé, dans lequel "flottent" divers panneaux de roches métamorphiques diversement affectées par la granitisation.

Ce granite est hétérogène en ce qui concerne sa composition.

G. GERARD, 1958, y a distingué deux grands faciès eux-mêmes subdivisés en deux sous-faciès:

1- le "faciès gris" produit par une première phase de granitisation silico-sodique, celle-ci donnant:

. soit un granite akéritique à biotite au détriment de roches silico-alumineuses,

. soit des granodiorites et diorites à amphibole ou biotite et amphibole aux dépens de roches calco-magnésiennes;

2- le "faciès rose" résultat d'une deuxième granitisation silico-sodique, ayant produit, d'une part un granite alcalin leucocrate à partir des roches silico-alumineuses, d'autre part un granite migmatique ou porphyroïde à biotite et amphibole aux dépens des faciès gris précédents.

Des intrusions basiques et ultrabasiques postérieures à la mise en place du granite recoupent le massif (dolérites et pyroxénolites).

b) Le système du Mayombe : Étudié le long du Chemin de Fer Congo Océan, ce système comporte les séries de la Loémé-Bikossi et de la Loukoula (tableau III).

1- Série de la Loémé-Bikossi :

Dans l'ensemble cette série apparaît d'origine détritique : quartzites peu micacées et quartzites à muscovite, quartzites schisteux micacés, micaschistes à muscovite parfois à grains de quartz détritiques.

2- Série de la Loukoula :

Elle est caractérisée par une succession d'arkoses et de quartzites feldspathiques à la base et d'arkoses schistifiées à la partie supérieure.

Il semble admis à l'heure actuelle que ces terrains ont été affectés par l'orogénèse mayombienne datée à 1 600 M. a., comme au Gabon (J. P. DEVIGNE, 1958), au Zaïre (L. CAHEN 1954) et au Cabinda.

L'âge de 1 600 M. a. marquerait la fin du Précambrien inférieur (ou du Protérozoïque inférieur).

1.3.1.2.2. Le Précambrien moyen (entre 1 600 et 900 M. a.)

Sont rapportées au Précambrien moyen les formations des systèmes "Bamba et Kouilou".

a) Le système du Bamba : Il comporte deux séries : la série de M'Vouti et la série de la Mossouva.

1- La série de M'Vouti est faite de schistes argileux, sériciteux, parfois noirs, localement carbonatés, alternant avec des grès quartzites et des quartzites parfois feldspathiques ou à niveaux conglomératiques. Cette série présente une sédimentation à caractère de flysch.

2- La série de Mossouva est caractérisée par une alternance de grès quartzites à ciment dolomitique et de dolomies gréseuses.

b) Le système du Kouilou : Reposant en discordance sur le précédent, le système du Kouilou comporte deux séries : la série des "Tillites inférieures" et la série de la "Louilo-Bouenza" (fig. 2).

1- La série des "tillites inférieures"

Le faciès principal de cette série est un conglomérat à galets hétérogènes et à pâte argileuse, généralement noire, auquel sont associés des schistes et des grès quartzites. Des dolérites y sont interstratifiées dans la partie sud (Loudéla-Kayi). La puissance de la série ne dépasse pas 150 m.

2- La série de la "Louila-Bouenza"

La série plissée de la Louila affleure sur le flanc sud-ouest du Synclinorium du Niari. Elle est composée de calcaires, schistes et marnes, surmontés d'argilites. Son épaisseur est estimée à 650 m.

La série de la Bouenza s'observe sur le flanc nord-est du synclinorium du Niari et se moule sur le massif cristallin du Chaillu (fig. 2). Elle présente un caractère détritique (grès calcaireux, grès feldspathiques, argiles marneuses). Sa puissance est de 130 m.

1.3.1.2.3. Le Précambrien supérieur

Daté de 900 à 600 M. a. , le Précambrien supérieur comprend deux systèmes:

A/ Le système schisto-calcaire

Reposant en discordance angulaire sur le Précambrien moyen, le système schisto-calcaire débute par la puissante série dite de la "Tillite supérieure" du Bas-Congo, formée de galets de quartzites et de calcaires. Ce système comprend les étages suivants, du plus ancien au plus récent:

SC I

Il commence par des bancs massifs de dolomie rose, très finement et régulièrement litée, qui passent progressivement à des calcaires marneux en plaquettes et à des marnes brun rouge à lie de vin, puis à des marnes bleues. Le toit du SC I est formé de calcaires en bancs épais souvent oolithiques, et localement à stromatolites. La puissance du SC I est d'environ 300 m.

SC II

Il est constitué par un ensemble de roches très variées, et caractérisé par une sédimentation carbonatée avec apports de matériaux argileux. On rencontre des niveaux oolithiques et des formations à stromatolites. Sa puissance est de 250 m.

SC III

Débutant par un horizon bréchiq ue très caractéristique, le SC III constitue l'étage supérieur du schisto-calcaire. Les roches en sont généralement dolomitiques avec de nombreux niveaux oolithiques et algaires. La partie inférieure comprend un calcaire oolithique typique d'extension régionale, dite de Kisantou et d'abondants niveaux à gypse. Le SC III se subdivise de bas en haut en:

. SC III inf.

Ce sont des dolomies et calcaires fétides. Ce niveau, dont la puissance est de 60m, débute par des dolomies foncées ou gris clairs stratifiées, se débitant facilement. A sa partie supérieure, il se charge d'argile en proportion croissante.

. SC III moyen

Il s'agit de calcaires argilo-magnésiens, et de dolomies cristallines de couleur gris-bleu à gris-noir, puissantes de 100 m. Ils se débitent en minces lits à plan de stratification souvent ondulé.

. SC III supérieur

Ce sont des dolomies compactes, grises, grossièrement cristallines, se clivant suivant des surfaces courbes. Leur puissance est de 150 m.

La puissance totale du SC III est plus grande à Boko-Songho et à M' Fouati (300-360 m), qu'à M'Passa et Mindouli (200-290 m) et qu'à Renéville (100 m).

SC IV

Composé d'argilites et de grès rouges à mauve, cet étage est présent seulement en certains points. Il représente alors un niveau de transition avec la série de la M'Pioka. Son développement et les rapports avec la série de la M'Pioka, sont fonction des facteurs paléogéographiques dans le synclinorium de la Nyanga,

il atteint 250 m (P. NICOLINI, 1953), tandis qu'à l'Ouest de Boko-Songho, sa puissance n'est que de 20 mètres, et qu'entre M'Fouati et Mindouli, il est même absent. L'absence du SC IV dans cette région s'explique par l'existence d'une ride qui n'a pas permis son dépôt (G. SCOLARI, 1965).

B/ Le système schisto-gréseux

Une discordance angulaire sépare le système schisto-gréseux du système schisto-calcaire. Il comporte deux séries discordantes et de puissance sensiblement égale: la série de la M'Pioka et la série de l'Inkissi.

a) le système de la M'Pioka : Cette série est subdivisée au Congo en un niveau de base (MPo) et deux étages (MP 1 et MP 2).

1- MPo ou brèche du Niari

La brèche débute par un conglomérat à éléments anguleux ayant dû subir un faible transport. Le niveau supérieur du conglomérat renferme une quantité d'éléments allochtones très arrondis, provenant des terrains anciens soumis à l'érosion et ayant subi un transport important. Epais d'une dizaine de mètres, il est caractérisé par un ciment grésocalcaire enrobant des éléments de calcaires dolomitiques.

2- MP 1

Constitué par une alternance de grès argileux et grès arkosiques, de teintes diverses, cet étage comporte en son sommet des grès conglomératiques.

3- MP 2

Cet étage est surtout représenté au SE de Mindouli, mais quelques placages sont connus aussi sur le plateau des Cataractes. Il est totalement absent dans le synclinorium de la Nyanga. Il est essentiellement composé de grès feldspathiques roses ou mauve, en bancs massifs, de grès feldspathiques verts et blancs, et d'argilites micacées rouges à rares intercalations gréseuses.

b) La série de l'Inkissi : Puissante de 600 m cette série est subdivisée en un conglomérat de base et deux étages (J. COSSON, 1955).

a- Io

C'est un conglomérat à pâte arkosique grossière et à galets plats de quartz et de roches diverses.

b- I1

Cet étage est composé d'arkoses quartziteuses et grossières à mica blanc.

c- I2

Des grès siliceux, feldspathiques ou micacés avec rares intercalations d'argilites constituent ce terme supérieur de l'Inkissi.

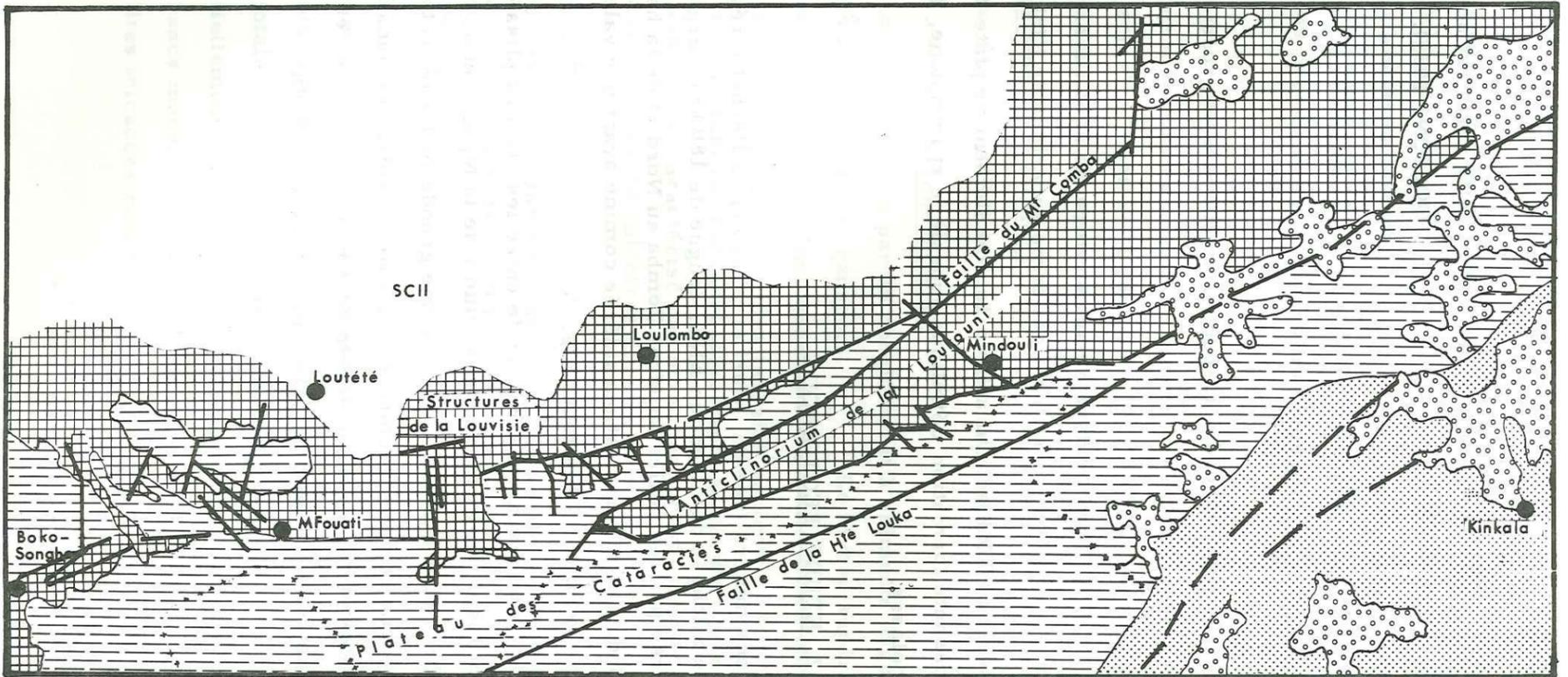
La série de l'Inkissi, qui achève le comblement de plate-forme est une puissante formation détritique grossière et monotone, à caractères de molasse.

1.3.2. ETUDE TECTONIQUE

La zone minéralisée du Niari correspond, à l'échelle régionale, à une bande allongée de direction ENE, longue de 180 km, large de 20 km, encadrée par les failles du Mont Comba au Nord et de la haute Louka au Sud. Cette bande est considérée comme ayant une valeur d'anticlinorium : celui de la Loukouni (fig. 3).

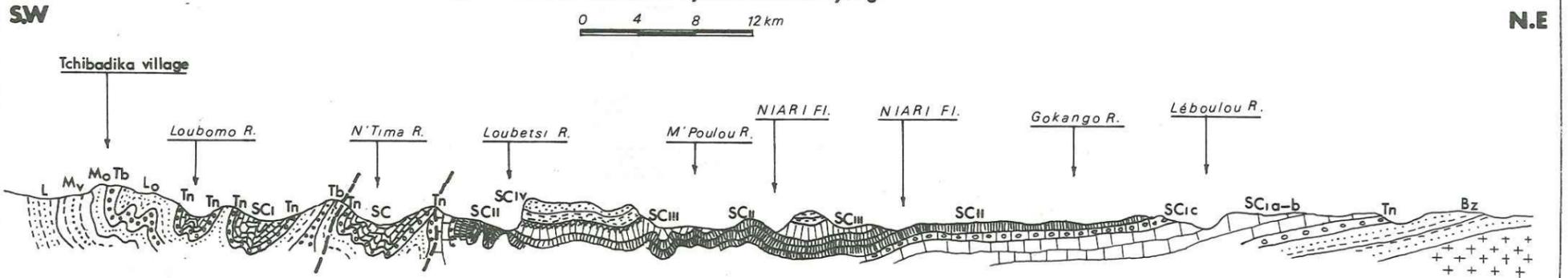
Il existe une disparité structurale entre les chaînes plissées du Mayombe et les plate-formes (synclinoriums de la Nyanga et du Niari). Les premières sont caractérisées par une grande mobilité tectonique et par l'importance de mouvements tangentiels, alors que dans les régions de plate-forme, ces mouvements sont moins accentués, et les déformations sont surtout verticales (P. NICOLINI, 1959).

Fig. 3 - Schéma de la position tectonique de l'anticlinorium de la Loukouni



052 113598 5

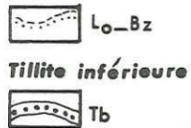
Fig. 4 - Coupe à travers le Synclinal de la Nyanga



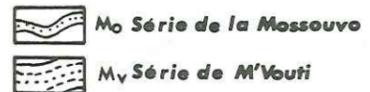
SYSTEME DU NIARI
Série Schiste-calcaire



SYSTEME DU KOUILOU
Série de la Louila et Bouenza



SYSTEME DU BAMBA



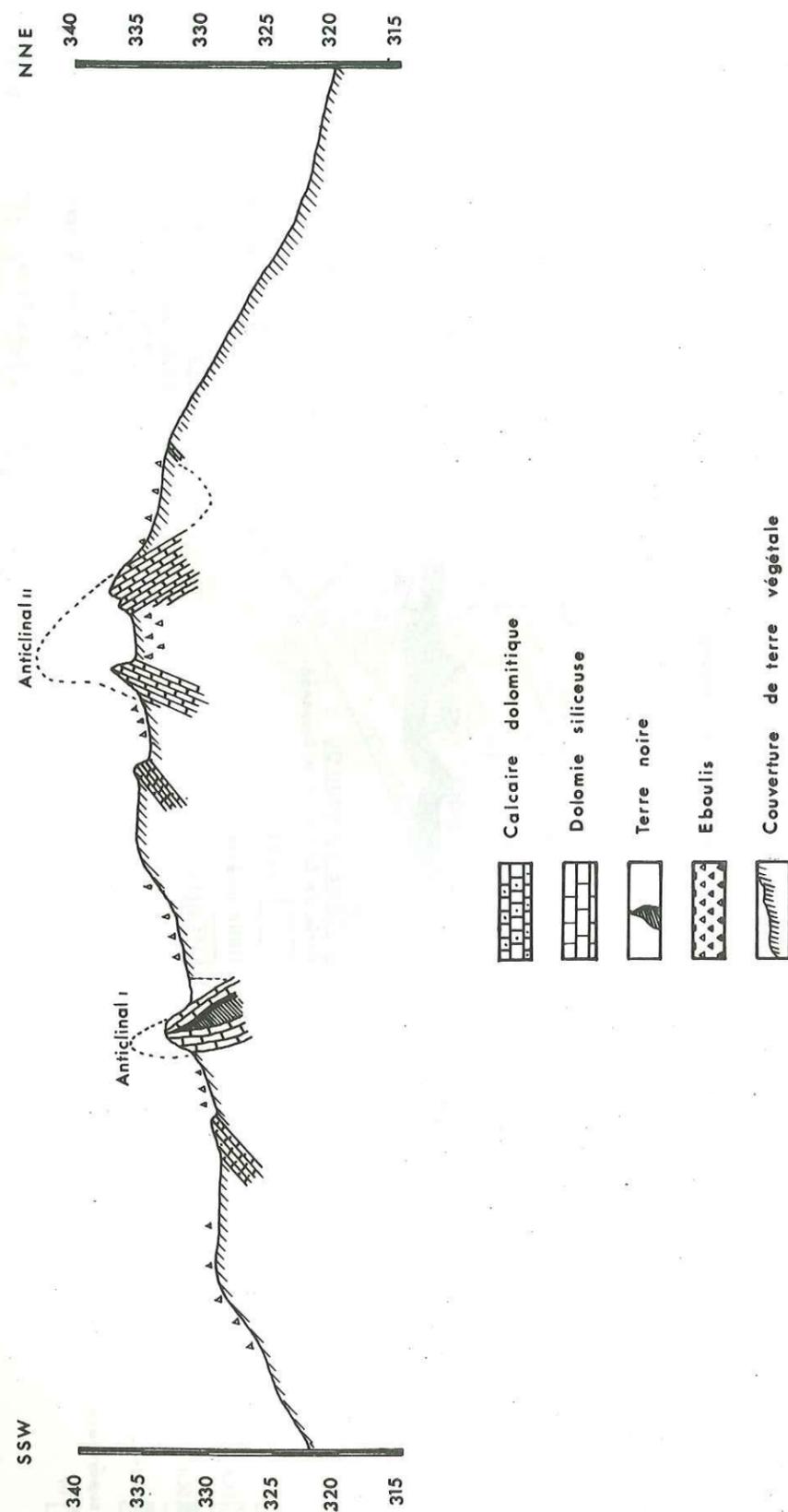
SYSTEME DU MAYOMBE



P. NICOLINI (1959)

Fig. 5 - Coupe SSW - NNE à la Petite Mine (Boko - Songho)

0 2,5 5m



A. Gangloff (1959)

1.3.2.1. Les plis

Dans la chaîne du Mayombe, les plis sont étroits et serrés. Leur direction, NW-SE, est dite mayombienne.

Le flanc NE de l'anticlinal du Mayombe se rattache au synclorium de la Nyanga par une zone caractérisée par des synclinaux perchés au coeur occupé par la série de la M'Pioka (Mont de Soussongui). Le flanc nord du synclorium de la Nyanga est presque horizontal et repose sur le massif du Chaillu (fig. 4).

Au Sud du synclorium de la Nyanga, on passe à celui du Niari, où les structures précédemment décrites s'atténuent. A l'Ouest de Boko-Songho, les bancs de dolomies sont encore fortement redressés et forment deux anticlinaux faillés (fig. 5).

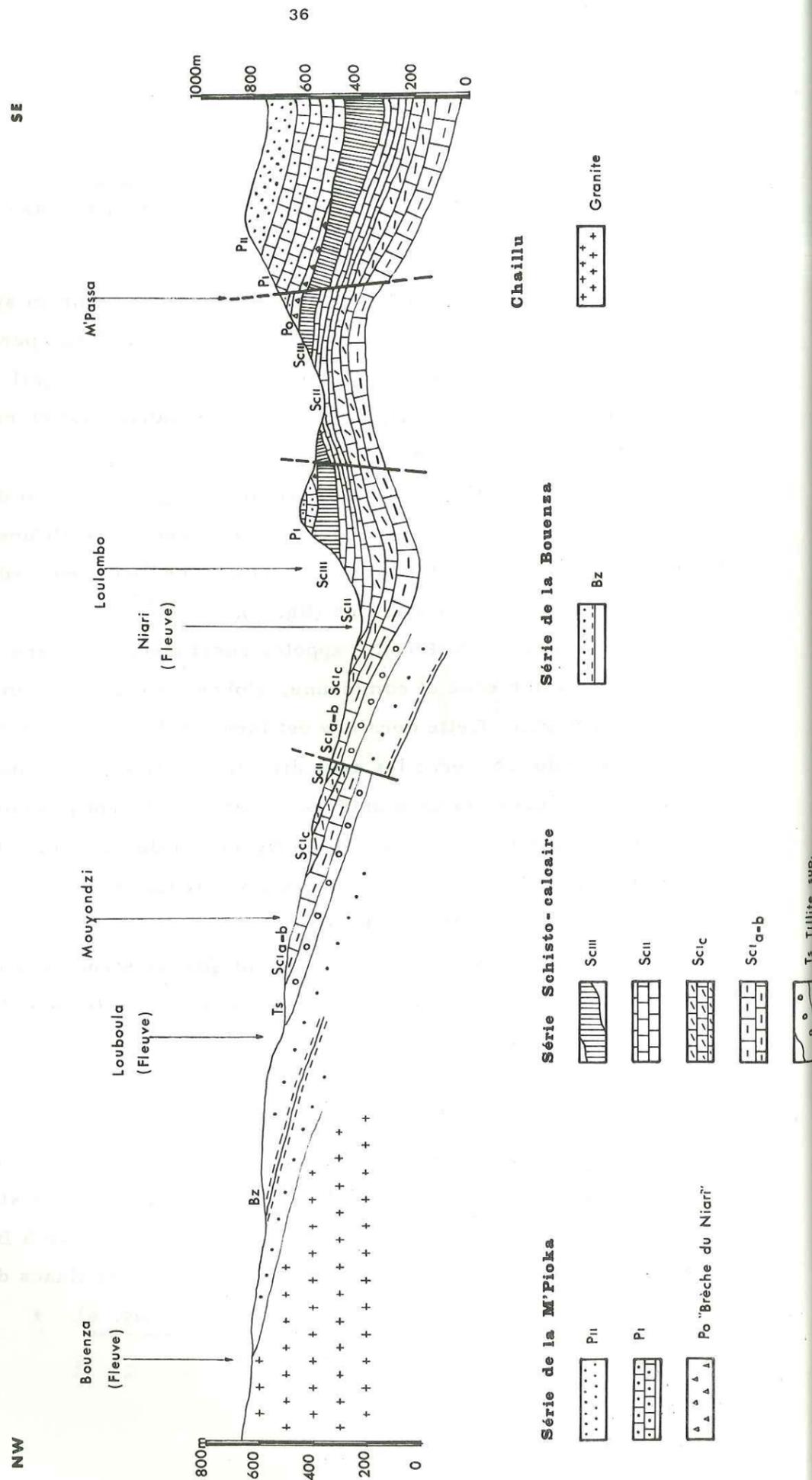
Dans la zone de M'Fouati, appelée aussi zone charnière entre les directions mayombienne et combienne, s'observe une troisième direction subméridienne. Cette dernière est bien visible à la mine de Hapilo (fig. 3). En ce qui concerne les deux directions principales (mayombienne et combienne), pour certains auteurs, elles ne seraient pas contemporaines du fait que les synclinaux de la Nyanga et du Niari interfèrent (P. NICOLINI 1959). Les mouvements verticaux du socle expliqueraient cette interférence (G. BIGOTTE, 1960).

Par contre, d'autres auteurs pensent que les structures mayombiennes subissent simplement une virgation pour prendre une direction combienne (J. GERARD, 1964).

1.3.2.2. Les failles

Des accidents cassants très remarquables ont été observés dans le synclorium du Niari, où la faille combienne contrôle les structures orientées NE-SW (direction combienne, fig. 3). Reconnues à Boko-Songho, les failles de direction combienne affectent les flancs des plis avec des rejets verticaux de l'ordre de 60-200 m (fig. 6).

Fig. 6 - Coupe schématique à travers le synclinorium du Niari



Sur le flanc sud-ouest du synclinorium de la Nyanga, l'intensité du plissement a été assez forte pour provoquer des plis-failles. Dans cette région, les failles ont une direction mayombienne et sont pentées vers le NE. Les failles de direction subméridienne sont moins importantes et s'observent surtout dans la zone charnière de M'Fouati et surtout à Hapilo.

1.3.3. CORRELATIONS AVEC LES REGIONS VOISINES

Les formations plissées du Précambrien du Congo se poursuivent au Gabon au NW, et en Angola, en passant par le Cabinda et le Zaïre au SE. L'existence dans ces régions de quelques niveaux repères (dolomie rose du SC I, brèche Bangu-Niari, tillites), ont permis des tentatives de corrélation entre les différentes régions d'Afrique Centrale (tableau IV).

Cependant, tous les géologues ayant travaillé dans ces régions ont reconnu que certaines coupures marquent des phases d'émersion. L'une de ces émersion, surtout connue en République Populaire du Congo, est celle se situant à la fin du schisto-calcaire.

1.3.4. CONCLUSION

En replaçant la région dans son contexte africain, il est important de noter un certain parallélisme entre les diverses directions tectoniques du Niari et certaines grandes cassures à l'échelle du continent africain.

Ainsi, l'orogénèse ouest-congolienne, datée de 615 M. a., qui concerne toute l'Afrique centrale a affecté l'ensemble des terrains précambriens, dont ceux du synclinal du Niari. Les traces les plus évidentes de cette orogénèse sont les failles de direction NE à NNE qui, entre autre, contrôlent les structures plissées. On peut toutefois penser que le jeu de ces failles importantes a dû déjà commencer lors de la sédimentation des formations du Précambrien supérieur. Elles ont créé des rides et des bassins et après la sédimentation, soit vers 615 M. a., ont rejoué violemment.

TABLEAU IV - Corrélation stratigraphique du précambrien de l'Afrique Centrale

600M.a	CONGO - B/VILLE		GABON		ZAIRE	
	SYSTEME	SERIE	SYSTEME	SERIE	OROGENESE	SERIE
	SCHISTO - GRESEUX	Inkissi	OCCIDENTAL	Schisto gréseux Grès argileux, Argilites	OUEST - CONGOLIEN	Schisto-gréseux Grès
		M' Pioka		Schisto calcaire (Dolomie - marnes - grès calcaireux - calcaires)		Schisto calcaire (Dolomie-calcaire)
	SCHISTO - CALCAIRE	Schisto-calcaire	CONGO	Tillite supérieure		Série de la Tillite supérieure
		Tillite supérieure Bas Congo		LOUILA schistes		Série du Haut-Shilo Louila (conglomérat argilites)
900M.a	KOUILOU	Bouenza-Louila	BAMBA	Série glaciaire du BAMBA (Tillite inférieure)		Série de la Tillite
		Tillite inférieure		M' BEIA Grès quartzites schistes		Série de la Sansikeva (quartzites - conglomérats).
1600M.a	BAMBA	Mossouva	MAYOMBE	LOUKOULA Conglomérat - quartzites	MAYUMBIEN	Série Dniza-Inga (quartzites)
		M' Vouti				BANZA Grès - quartzites
2700M.a	MAYOMBE	Loukoula	PREMAYOMBIEN		ZADINIEN	Série de MATASI Quartzites
		Loemé-Bikossi				Série de Palabada (quartzites et roches vertes).

600M.a	SHABA		ANGOLA		
	OROGENESE	SERIE	SYSTEME	SERIE	
	KATANGUIEN	Série du Kundelungu supérieur.	SCHISTO - GRESEUX	Inkissi (Grès - arkoses)	
		Série du Kundelungu inférieur		M' Pioka (conglomérat - grès)	
		Série du Roan	SCHISTO - CALCAIRE	Schisto-calcaire (dolomie - calcaires)	
				Tillite supérieure	
900M.a	KIBARIEN	SYSTEME LUBUDI		Série sup.	Série du Haut - Shiloanga
				Série inf.	Série de la Tillite inférieure
1600M.a		SYSTEME DE N'ZILO		Série sup.	Série de la Sansikeva
				Série inf.	
				Complexe de base	Complexe de base

I. 4. METALLOGENIE REGIONALE

Les indices et gisements polymétalliques du Bassin minier du Niari, appartiennent à la vaste province métallogénique Cu, Pb, Zn (V, Ge) de l'Afrique Centrale (G. BIGOTTE, 1955).

Ce district minier compte en effet plus de 80 gisements et indices minéralisés en Pb, Zn, Cu, se répartissant de Kissengué à l'Ouest, à Renéville à l'Est (fig. 7), soit sur une bande orientée NE-SW d'environ 180 km de long et 20 km de large.

Les minerais sont essentiellement représentés par des sulfures, des oxydes et des carbonates de Pb, Zn et Cu, localisés dans les séries carbonatées du schisto-calcaire supérieur et dans les séries de la M'Pioka.

1. 4. 1. REPARTITION DE LA MINERALISATION

Tous les indices connus au Niari sont localisés, d'une part dans les 15 derniers mètres du SC III supérieur, sous le contact avec le schisto-gréseux et d'autre part, dans les grès de la M'Pioka et de l'Inkissi (tableau V).

1. 4. 2. THEORIES GENETIQUES PROPOSEES

Les géologues ayant travaillé au Niari ont attribué à ces gisements, soit une origine épigénétique, soit une origine syngénétique.

1. 4. 2. 1. Travaux classiques

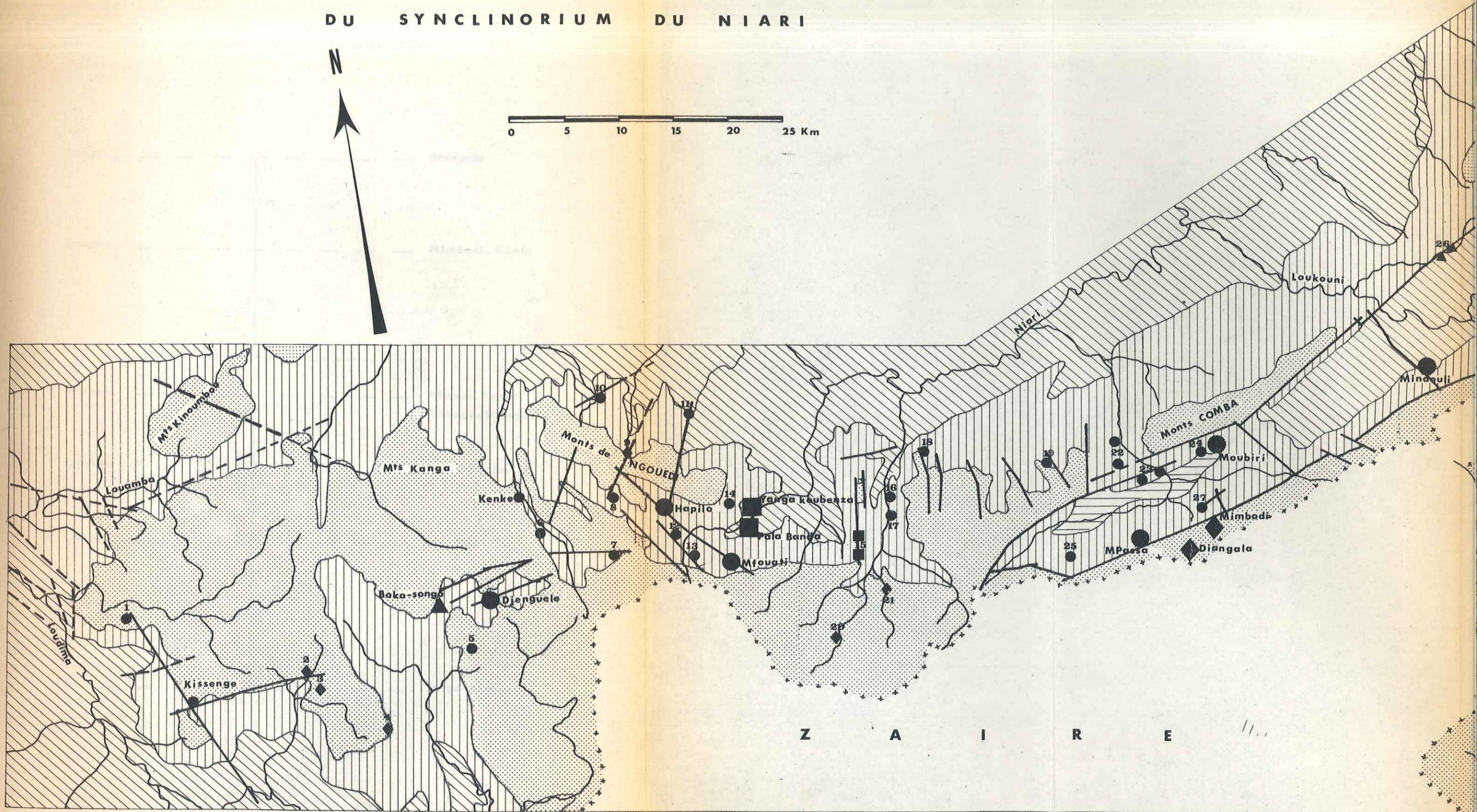
J. COSSON, 1955, BIGOTTE G., 1959, G. SCOLARI, 1965, considèrent les minéralisations du Niari comme épigénétiques, d'origine hydrothermale. Leurs arguments sont les suivants:

Fig. 7- SITUATION DES PRINCIPAUX GISEMENTS ET INDICES
DU SYNCLINORIUM DU NIARI

N

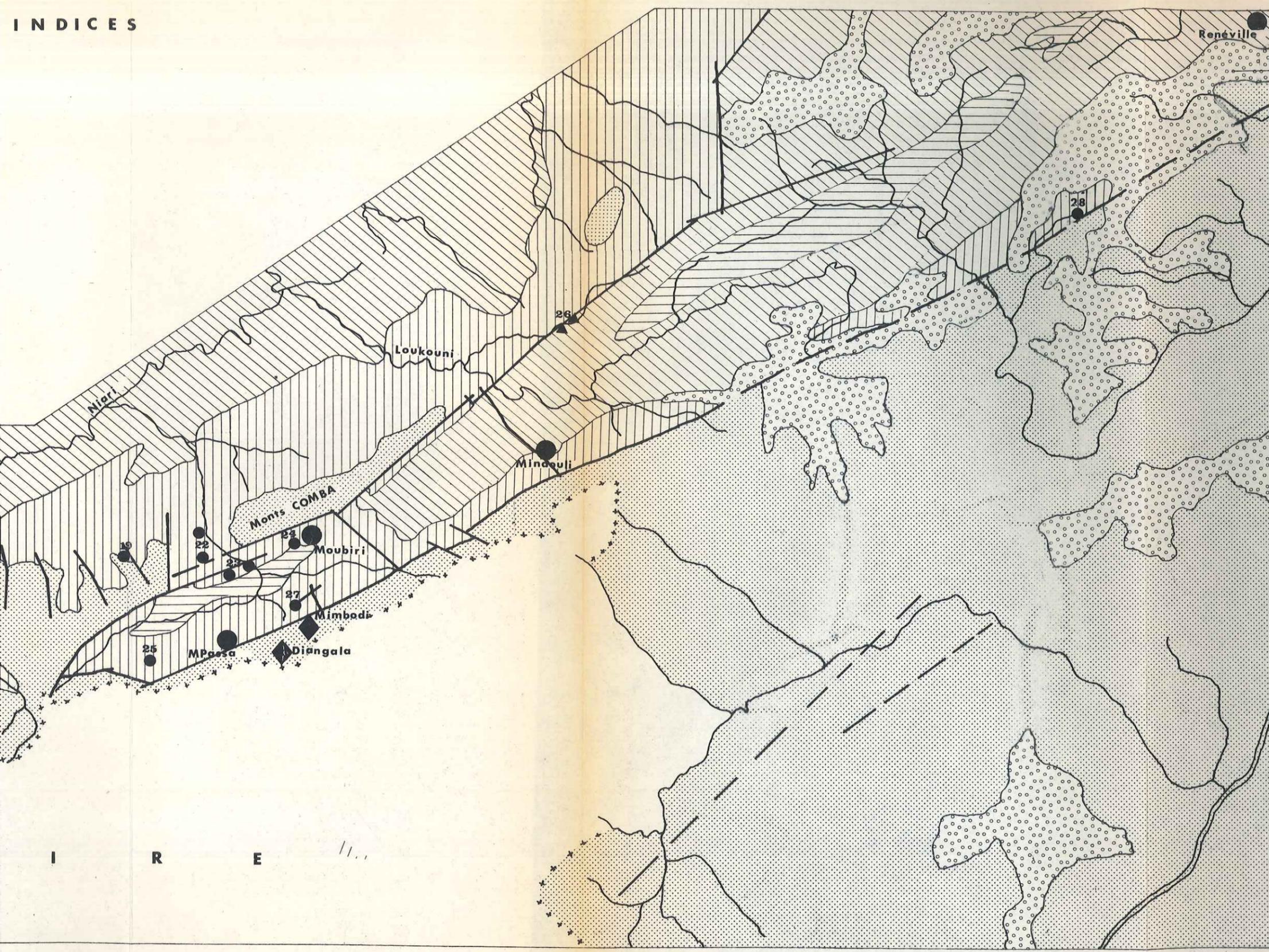


0 5 10 15 20 25 Km



Z A I R E

INDICES



LEGENDE

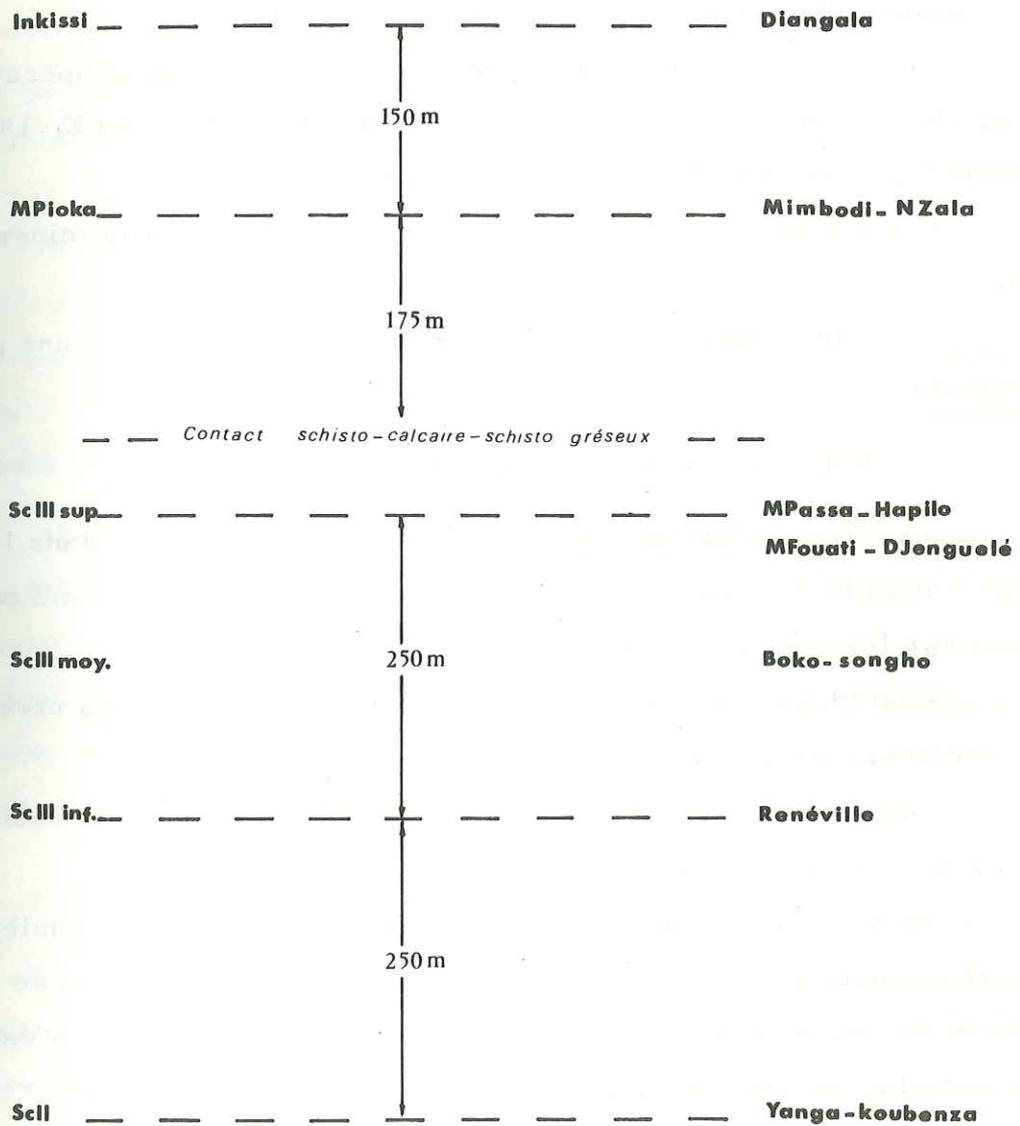
- Séries continentales de couverture
 - Schisto-gréseux
 - SC IV
 - SC III
 - SC II
 - SC I^c
 - Faille
- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Gisements Cu, Pb, Zn | Indices Cu, Pb, Zn |
| dans le SG | |
| dans le SC III sup. | |
| dans le SC III moy. | |
| dans le SC II inf. | |

- | | |
|-------------------------|------------------|
| 1. Bingui | 15. Pita |
| 2. Mabengué | 16. Kiniama |
| 3. Bangou | 17. Pimbi |
| 4. Abikoula | 18. Fougoula |
| 5. Mouyomi | 19. Lombola |
| 6. H ^e kenké | 20. Mianzi |
| 7. Mounié | 21. Moukassou |
| 8. Songo | 22. Makala |
| 9. Kiodi | 23. Pembé |
| 10. Pakodi | 24. Tchicoumba |
| 11. Sangola | 25. Mandola |
| 12. Moutélé | 26. M'Pieme |
| 13. Loutété | 27. Mimbodi inf. |
| 14. Fouvou | 28. Bouaboumpo |



I R E

Tabl. V - Répartition schématique de la minéralisation au Niari



- il existe une liaison très étroite, aussi bien à grande échelle qu'à petite échelle, entre les minéralisations et les systèmes de failles. La mise en place de la minéralisation est contemporaine du rejeu des accidents;

- il y a une substitution du banc de calcaire dolomitique au passage d'une cassure minéralisée;

- dans des terrains aussi dissemblables que les grès et calcaires dolomitiques, le minerai reste à peu près le même;

- la présence de minéraux géothermes indique des températures assez élevées: mispickel, arséniures de cobalt (G. BIGOTTE, 1959), germanite, renierite (P. PICOT, G. SCOLARI, 1963);

- il n'y a aucun zonage vertical, ni horizontal dans la minéralisation;

- il y a incompatibilité de l'uranium syngénétique avec une gangue carbonatée.

1.4.2.2. Travaux de NICOLINI

Dans ses conclusions sur les travaux menés en 1958 dans le synclinorium de la Nyanga, NICOLINI rejette l'hydrothermalisme en se basant sur les arguments suivants:

- existence dans l'échelle stratigraphique de plusieurs niveaux à minéralisations Cu, Pb, Zn stratiformes;

- absence dans le synclinorium du Niari de tout magma susceptible d'avoir donné naissance aux minéralisations;

- les minéralisations cuprifères sont associées d'une manière à peu près constante à des oxydes de manganèse. Cette paragenèse est considérée comme caractéristique des dépôts syngénétiques en eaux peu profondes (H. NISHIHARA, 1957).

A la suite de son étude des minéralisations de M'Passa, D. M. BAKA, 1975, souligne l'existence en fait de deux types de minéralisation différents par leurs caractères:

- le premier type, représenté par les amas liés aux bancs repères se caractérise par:

a) l'étroite liaison à des niveaux bien particuliers;

b) une association minérale simple composée de blende, pyrite et galène;

- le deuxième type est constitué par les minéralisations liées à une fracturation et à une dissolution au cours de l'émersion. Elle se caractérise par:

a) le rôle de la tectonique: concentration métallifère dans un réseau complexe d'ouvertures (failles, filonnets, cavités de dissolution).

C'est la minéralisation karstique;

b) le rôle de l'émersion antérieure à la "brèche du Niari": toutes les minéralisations sont localisées dans les 15 mètres sous la brèche;

c) la diversité apparente dans la morphologie des minéralisations; en fait, les différentes formes sont étroitement liées. Le passage d'une forme à l'autre est progressif.

Abordant le problème génétique, D. M. BAKA, 1975, pense que la source des métaux de la minéralisation liée à la fracturation est à rechercher dans les dolomies stratifiées du SC III. Quant à la minéralisation liée "aux bancs repères", il écarte l'hypothèse d'une origine lointaine des métaux; ceux-ci, sont contenus dans le milieu de dépôt, et ont été piégés par la matière organique.

1.4.3. CONCLUSION

En présence de deux hypothèses génétiques aussi opposées, le problème de l'origine et du mode de dépôt des minéralisations du Bassin minier du Niari restait posé. Il nous est apparu que, compte-tenu du fait que l'on disposait d'une connaissance assez complète de la lithologie, de la stratigraphie et de la tectonique des formations encaissantes des minéralisations, une étude géochimique systématique en roche, dans l'environnement aussi bien immédiat que lointain des gisements, permettrait de conclure définitivement, et pourrait aboutir à des configurations géochimiques intéressantes.

CHAPITRE II

II.1. ÉTUDE GÉOCHIMIQUE

II.1.1. Domaine d'investigation

II.1.2. Echantillonnage

II.1.3. Préparation et analyse des échantillons

II.1.4. Traitement statistique

II.1.4.1. Etude statistique mono et bivariable
des variations de la composition
chimique.

II.1.4.2. Analyse statistique multivariable

II.1.4.3. Diagramme de corrélation du manganèse

II.1.4.4. Etablissement de la carte géochimique

II.1.5. Premières données sur la géochimie du
Plomb et du Zinc

II.1.6. Conclusion

CHAPITRE II

GEOCHIMIE REGIONALE DU SCHISTO-CALCAIRE SUPERIEUR

II. 1. ETUDE GEOCHIMIQUE

L'hypothèse de travail ayant guidé ma première campagne de terrain et l'étude géochimique qui s'en est suivie, était d'admettre une origine sédimentaire s. l. aux indices et gisements du district minier du Niari. Leur but était donc de mettre en évidence un (ou des) niveau (x) porteur (s) à l'échelle régionale. On sait, en effet, que certains horizons sédimentaires géochimiquement pré-enrichis conduisent à des concentrations exploitables à la faveur de pièges syn-sédimentaires ou d'accidents tectoniques (A. BERNARD, 1967).

Dans ce chapitre, nous étudierons la géochimie des métaux lourds, et nous tenterons de relier statistiquement leur répartition au support sédimentaire (schisto-calcaire). Mais auparavant, plusieurs remarques portant sur les limites du domaine inventorié et l'échantillonnage seront présentées.

II. 1. 1. DOMAINE D'INVESTIGATION

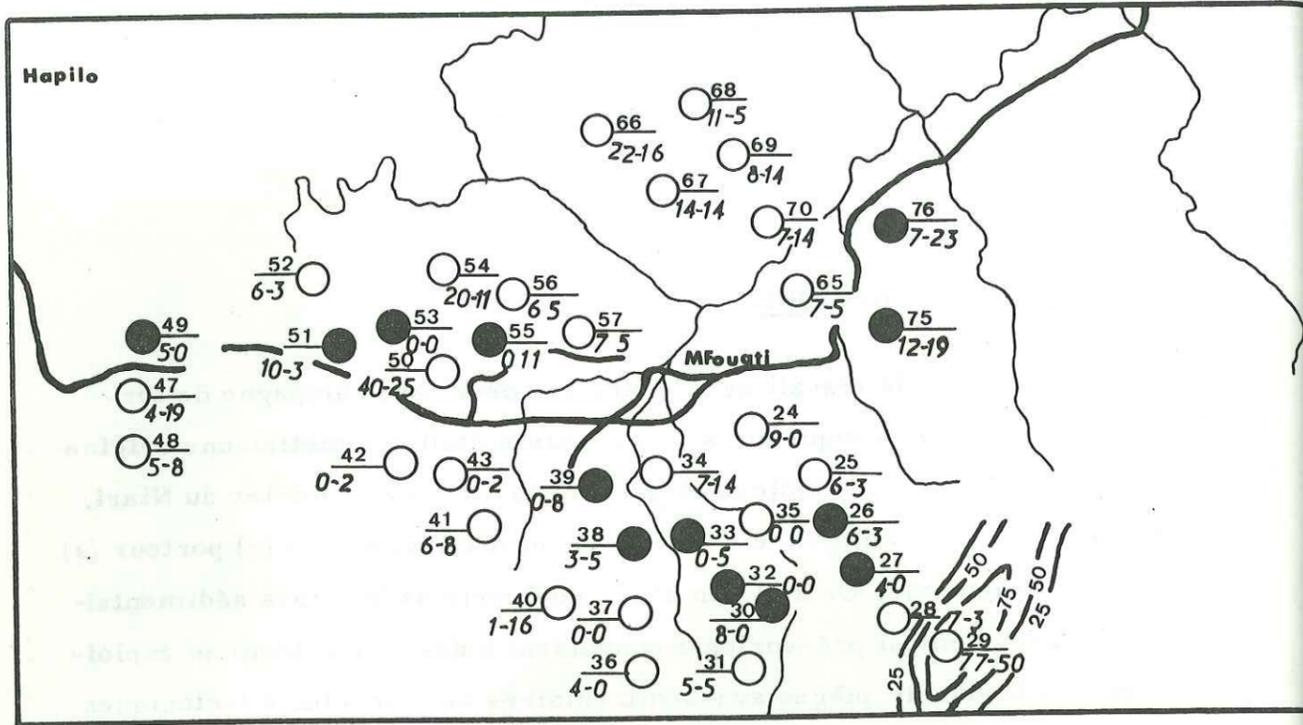
Il devait être aussi étendu que possible, mais de nombreuses contraintes le limitèrent: moyens mis en oeuvre insuffisants, recouvrement (sol, végétation) important.

Il convenait enfin d'inventorier une aire du schisto-calcaire assez importante, intéressant plusieurs zones, et d'obtenir des résultats statistiquement représentatifs à l'échelle régionale (annexe I, fig. 8).

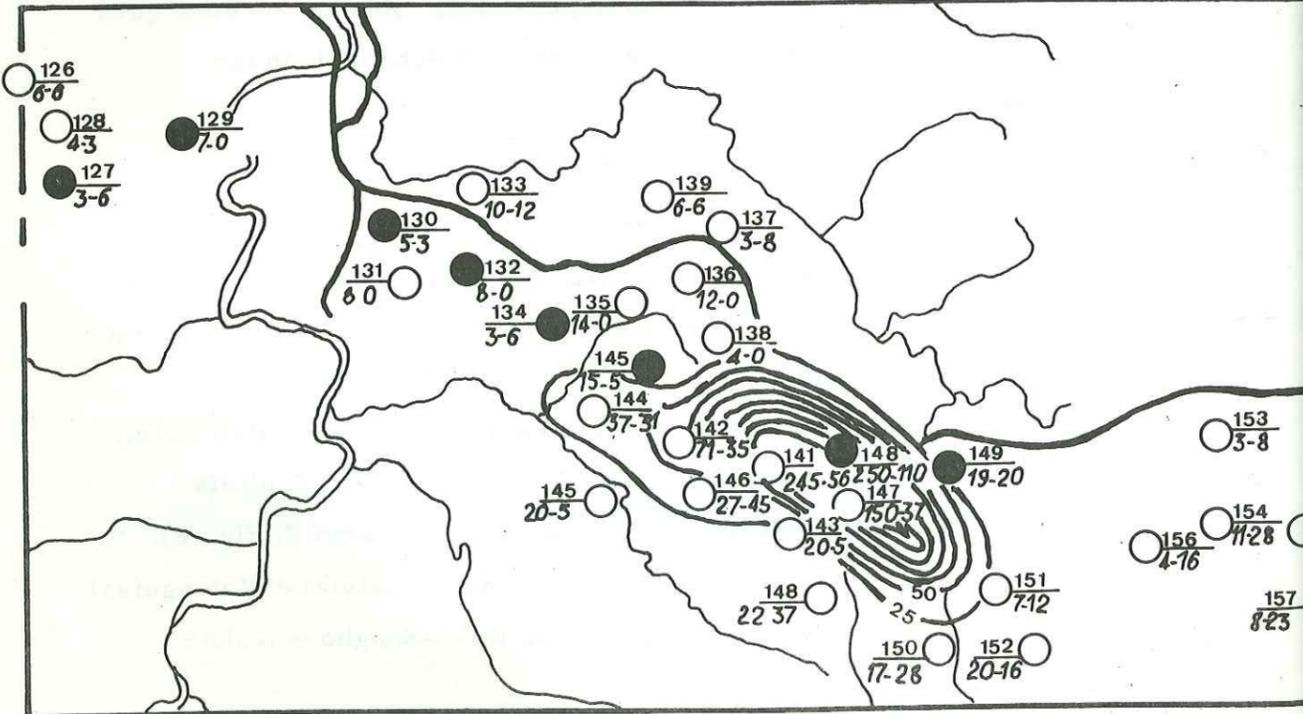
Pour ce faire, le domaine étudié s'étend du NE (rivière Mofonguissi feuille Kinkala 1 C), au SW (rivière Loudima Boko-Songho - feuille

Fig. 8 - Extraits de la carte géochimique du schiste calcaire supérieur

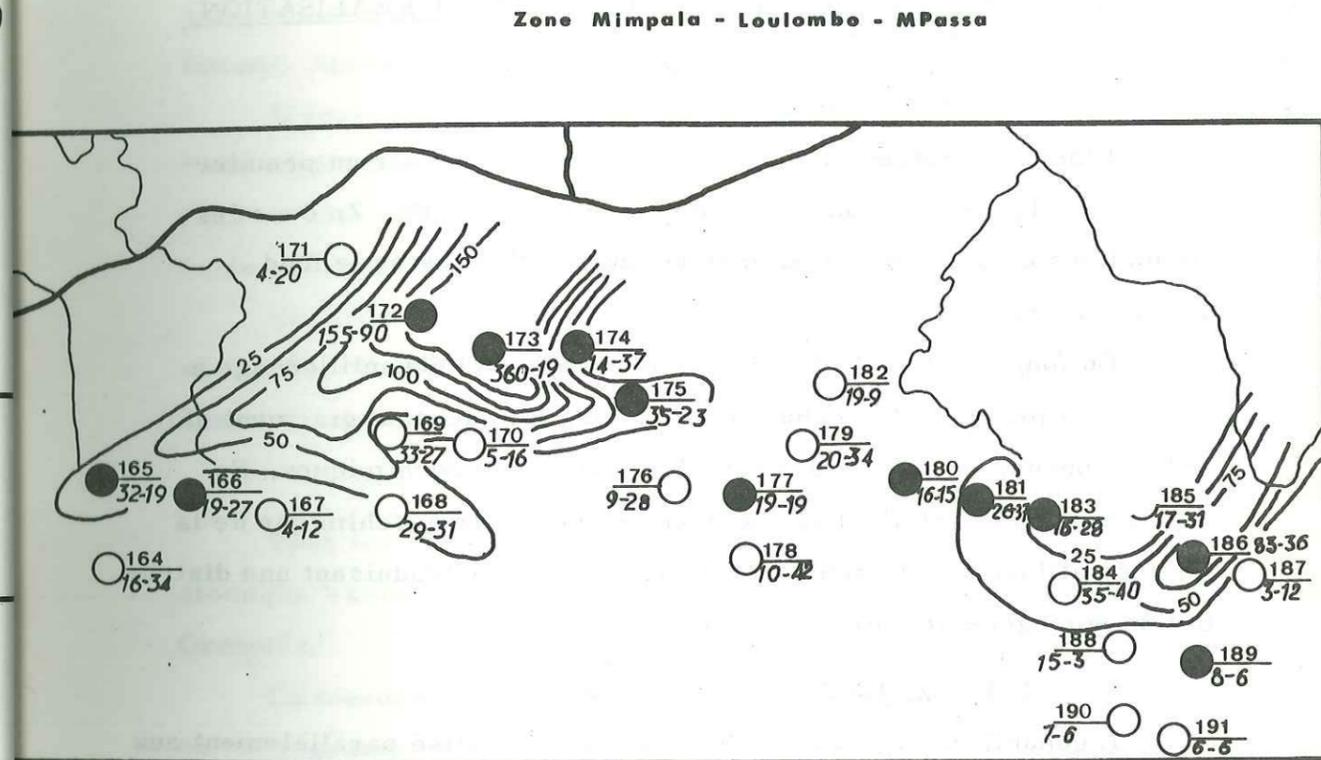
500m 0 1 2km



Zone Hapilo - M Fouati



Zone Loutété - Kimbédi



Zone Mimpala - Loulombo - M Passa

LEGENDE

- Dolomies
- Bancs repères de calcaires dolomitiques

— 25 Courbes d'isoteneur

174	N° d'échantillon
360-19	Zn - Pb (ppm)

Madingou 2 C). La limite ainsi définie coïncide sensiblement avec la ligne d'affleurement du SC III sup. de la carte géologique au 1/50 000 (P. DADET, 1966) le long de la voie carrossable M'Pari-Loutété; Loutété-Boko-Songho.

Le domaine délimité couvre 420 km² (120 km de long, 3,5 km de large).

II. 1. 2. ECHANTILLONNAGE - PRINCIPE ET REALISATION PRATIQUE

II. 1. 2. 1. Principe

L'objet de notre étude géochimique était d'établir un premier schéma de la distribution des éléments traces Cu, Pb, Zn dans les formations du schisto-calcaire supérieur et d'en tester le fond géochimique.

En fonction de cet objectif, le programme d'échantillonnage a consisté à prélever des échantillons sains, loin de tout gisement et indice connus, et de circonscrire des domaines géochimiques. En d'autres termes, il s'est agi de dresser une carte géochimique de la surface affleurante du schisto-calcaire supérieur traduisant une distribution homogène des oligo-éléments.

II. 1. 2. 2. Réalisation pratique

L'échantillonnage des roches saines fut réalisé parallèlement aux voies routières, à plus de 500 mètres de celles-ci et le long des rivières. Ces lignes de prélèvement ont été choisies pour dessiner une maille polygonale irrégulière (annexe I).

Il a été ainsi procédé au prélèvement de 207 échantillons qui a bien répondu aux objectifs fixés au départ.

II. 1. 3. PREPARATION ET ANALYSE DES ECHANTILLONS

II. 1. 3. 1. Broyage

Une quantité de roche de l'ordre de 50 g a été broyée dans un mortier à billes d'oxyde de zirconium pour éviter toute pollution.

II. 1. 3. 2. Mise en solution

Une prise de 2 g de la roche à analyser est attaquée à l'eau régale (réactifs purs pour analyse) à chaud, puis reprise à l'acide nitrique fumant. Après filtration, on jauge à 100cc.

L'ensemble de la roche passe en solution. Les attaques chimiques à l'eau régale des échantillons font apparaître l'association Li, Rb, V. Ceci est une conséquence d'une solubilisation partielle de la phase silicatée qui renferme ces éléments dans les réseaux des micas (roscoelite).

En revanche, l'attaque à l'acide nitrique donne des teneurs faibles en Li, Rb, V, parfois inférieures au seuil de détection analytique (ppm) dans les mêmes solutions.

II. 1. 3. 3. Mesures

Tous les éléments ont été dosés au spectromètre d'absorption atomique Varian-Techtron modèle 1 200 de l'Institut Dolomieu de Grenoble.

La mesure physique est comparée à une gamme d'étalons titrés en microgrammes par millilitre. Ainsi, pour un élément donné la gamme d'étalons est choisie dans la partie la plus rectiligne de la courbe de réponse de l'appareil. Les échantillons trop concentrés sont dilués afin d'être ramenés dans la partie linéaire de réponse de l'appareil; ceci permet d'appliquer de façon systématique la méthode des incréments en raison de la présence d'interférences chimiques. Chaque élément est d'abord exprimé en microgramme par millilitre. Cette valeur est ensuite convertie en ppm pour les oligo-éléments dans la roche.

Ainsi, nous avons dosé les éléments suivants: Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mo, V, Li, Rb. Les absorptions non atomiques sont mesurées à l'aide d'une lampe à hydrogène à fond continu. Les résultats analytiques sont présentés en annexe II.

Tableau VI - Statistique sur les variables

Variabes	Moyenne	Ecart-type	σ/\bar{m}
Cu	3,29	10,25	3,30
Pb	12,53	13,03	1,04
Zn	16,00	37,00	2,30
Mo	2,98	4,12	1,38
V	8,71	11,1	1,27
Rb	2,78	5,5	1,98
Li	20,2	25,5	1,26
CaO	43,5	35,1	0,80
MgO	51,3	33,9	0,66

σ/\bar{m} = variabilité géologique

II.1.4. TRAITEMENT STATISTIQUE

Ce travail a porté sur 207 échantillons avec analyse de 9 éléments. Il ne peut se mener qu'avec un traitement statistique:

- traitement statistique monovariante
- traitement statistique multivariante

II.1.4.1. Etude statistique monovariante des variations de la composition chimique

Le tableau VI comporte les moyennes et les écarts types de chaque variable calculés sur l'ensemble de 207 échantillons. Ils ont permis de calculer la variabilité géologique σ/\bar{m} , résultant de la dispersion des valeurs analytiques liées aux phénomènes géochimiques qui ont affecté les échantillons analysés.

Si la variabilité géologique:

- $0 < \sigma/\bar{m} < 0,5$ l'élément varie peu,
- $0,5 < \sigma/\bar{m} < 1$ l'élément varie modérément,
- $\sigma/\bar{m} > 1$ l'élément varie fortement.

Du tableau VII, il ressort le classement suivant:

MgO	CaO		Li	V	Mo	Rb	Zn	Pb	Cu
0,66	0,80		1,27	1,27	1,38	1,38	2,30	2,35	3,30

Cette variabilité géologique permet de distinguer deux groupes:

- $\sigma/\bar{m} < 1$ MgO - CaO variant modérément
- $\sigma/\bar{m} > 1$ Li - V - Mo - Rb - Zn - Pb - Cu variant considérablement.

Les éléments du premier groupe formant l'enveloppe de la minéralisation s'opposent fortement au deuxième groupe constitué essentiellement d'éléments de la minéralisation, à l'exception bien sûr des éléments de la phase argileuse (Li, Rb, V). La signification que prennent ces deux groupes sera mieux précisée lors de l'étude statistique multivariante.

II. 1. 4. 2. Analyse statistique multivariable

II. 1. 4. 2. 1. Généralités

Le traitement en analyse statistique multivariable a été utilisé pour regrouper les éléments appartenant à une même phase minéralogique et déterminer par ce moyen la répartition des éléments entre les différentes phases. Un de ses avantages est de permettre une bonne visualisation des phénomènes géologiques.

Le procédé consiste à calculer, pour chaque échantillon, la valeur d'une fonction linéaire des teneurs d'éléments chimiques. Cette fonction appelée facteur se présente, sur l'ensemble de la population analysée, comme une nouvelle variable. On appelle facteur le plus discriminant, ou premier facteur, la combinaison linéaire entre variables qui présentent, sur la population analysée, la plus forte variance possible.

Les facteurs étant des combinaisons linéaires de variables, ils s'assimilent à des directions de projection. Dans un espace défini par P variables, on pourra calculer P facteurs indépendants correspondant à P directions de projections orthogonales entre elles. A chacune de ces directions, on associe un axe dont l'origine, si l'analyse est effectuée sur des données centrées, sera fixée au centre de gravité du nuage de points représentant les individus.

Ces P axes définissent un nouveau repère orthonormé pour visualiser le nuage des points-échantillons. Les axes pris deux à deux définissent des plans dits plans factoriels, tous orthogonaux entre eux. Le plan factoriel défini par les axes associés aux deux premiers facteurs est donc le plan le plus discriminant pour visualiser les principales dispersions géochimiques. Des dispersions visibles seulement sur ce plan factoriel seront indépendantes de dispersions visibles seulement sur un autre plan factoriel. Ces deux directions de dispersions seront donc orthogonales et susceptibles d'être provoquées par deux phénomènes géologiques indépendants l'un de l'autre.

Sur chaque plan factoriel, il est possible de représenter les vecteurs "variables". On analyse en composantes principales sur données centrées et réduites. L'extrémité de chaque vecteur variable représente la composition théorique d'un échantillon dont toutes les variables correspondent à leur valeur moyenne (déterminées sur la population analysée), excepté la variable considérée qui aurait comme valeur sa propre moyenne augmentée de n fois son écart-type. L'écart-type de chaque variable étant en fait l'unité de mesure, sur chaque plan factoriel toutes les variables se projettent dans le cercle de rayon unité, et ceci d'autant plus près du cercle que la variable sera bien corrélée avec le plan factoriel considéré. Cette propriété s'associe à la propriété fondamentale de l'ACPN de pouvoir traiter des variables mesurées avec des unités disparates, par exemple dans notre étude:

- des teneurs en éléments majeurs mesurées en %;
- des teneurs en éléments traces mesurées en ppm;
- des distances à partir d'un point ou d'un banc repère;
- des pourcentages volumiques de minéraux (calcite et dolomite).

La mesure de la projection des échantillons sur chaque axe factoriel (factor-score) sera utilisée dans notre étude.

II. 1. 4. 2. 2. Moyens de calculs utilisés

La théorie et la signification graphique de l'analyse en composantes principales a été récemment décrite à la fois très clairement et rigoureusement par JORES-KOG et al. 1976, qui donnent aussi de nombreux exemples géologiques très pédagogiques.

Mais si la théorie de l'ACPN est relativement simple, le calcul n'a pu être réalisé qu'à l'aide d'un ordinateur IBM 360 du Centre de Calcul Inter-universitaire de Grenoble et des programmes écrits sous la direction du Professeur G. ROMIER de l'Institut de Mathématiques Appliquées aux Sciences Sociales.

Récemment, ce programme d'analyse en composantes principales normées a été écrit en langage BASIC à l'Institut Dolomieu (G. BUFFET, 1978) pour pouvoir être exécuté par un micro-ordinateur à 8 K. Koctets de mémoire.

II. 1. 4. 2. 3. Principaux résultats obtenus grâce à l'analyse statistique

a) Signification des axes (tabl. VII, tabl. VIII)

Axe 1, variance 24,5 %

Ce facteur traduit l'opposition, au sein des carbonates, entre calcite et dolomite (CaO et MgO corrélés négativement).

CaO augmente en même temps que la variable Xm (distance du point de prélèvement au point de référence 0), qui représente en fait l'éloignement vers l'Est. La prédominance de la calcite vers l'Est est relative car on peut tout aussi bien concevoir la prédominance de la dolomite vers l'Ouest.

Les teneurs élevées en Mo apparaissent aussi liées à la répartition des carbonates: Mo et CaO sont liés par un coefficient de corrélation $r=0,5$.

Axe 2, variance 17,08 %

Cet axe, indépendant du précédent, traduit le comportement des éléments de la phase silicatée (Li, Rb, V).

Axe 3, variance 13,16 % - Axe 4, variance 8,91 %

Les axes 3 et 4 montrent une corrélation entre d'une part Cu, Pb, Zn et Ym et d'autre part Cu et Ym. (Ym représente la distance du point de prélèvement au contact schisto-calcaire - schisto-gréseux). La minéralisation primaire du Niari est localisée dans les bancs de calcaires dolomitiques de la formation schisto-calcaire à une certaine distance métrique du contact avec le schisto-gréseux.

Tableau VII - Matrice de corrélation

	Cu	Pb	Zn	Mo	V	Rb	Li	CaO	MgO	Xm	Ym
Cu	1,000										
Pb	0,080	1,000									
Zn	0,020	0,424	1,000								
Mo	0,040	0,018	0,005	1,000							
V	0,023	-0,041	-0,007	0,251	1,000						
Rb	0,077	-0,039	-0,003	-0,059	0,518	1,000					
Li	0,016	-0,142	-0,074	-0,151	0,152	0,400	1,000				
CaO	0,057	-0,006	-0,120	0,512	0,208	-0,078	-0,288	1,000			
MgO	-0,016	0,038	0,128	-0,479	-0,327	-0,100	0,173	-0,944	1,000		
Xm	0,123	0,224	0,168	0,168	0,148	0,000	-0,240	0,410	-0,414	1,000	
Ym	-0,089	-0,124	-0,104	-0,104	0,228	0,061	-0,014	0,232	0,232	-0,053	1,000

Xm - Abscisse linéaire métrique permettant de positionner chaque échantillon sur un axe ayant pour origine O (coord. $13^{\circ}30'$, $4^{\circ}20'$).

Ym - distance du point de prélèvement au contact schisto-calcaire - schisto-gréseux.

Tableau VIII: Variables (transformées) dans la base factorielle (orthonormée) de l'espace des variables

	1	2	3	4	5	6
Cu	0,099	-0,016	0,629	0,642	0,570	0,386
Pb	0,067	0,375	0,678	-0,206	0,007	0,163
Zn	-0,041	0,291	0,702	-0,335	-0,088	0,142
Mo	0,713	-0,005	0,053	0,050	-0,168	-0,099
V	0,362	-0,665	0,255	-0,243	0,129	-0,133
Rb	0,000	-0,701	0,335	-0,144	0,372	-0,325
Li	-0,384	-0,674	0,152	0,143	-0,171	0,062
CaO	0,914	0,007	-0,171	0,062	-0,023	0,049
MgO	-0,881	0,210	0,080	-0,107	0,117	0,059
Xm	0,626	0,465	0,401	0,171	-0,191	-0,123
Ym	0,277	-0,279	0,520	0,541	0,160	0,589
Variance	24,56 %	17,08 %	13,16 %	8,91 %	7,91 %	7,91 %
Variance cumulée	24,56 %	41,65 %	54,81 %	63,73 %	71,64 %	78,37 %

Axe 5, variance 7,91 % - Axe 6, variance 7,91 %

Malgré le faible poids de ces facteurs (le pourcentage de variance est < 10), ces axes se retrouvent dans l'analyse de l'échantillonnage à l'échelle d'un gisement. Ils ont donc une signification géologique certaine. Ils traduisent le comportement d'une partie du Cu liée à la phase silicatée.

b) Conclusion

L'étude des axes nous permet de distinguer une liaison entre Pb Zn et la grande partie du Cu, ces éléments étant opposés à la phase argileuse. L'autre partie du Cu est faiblement opposée à Pb, Zn et liée à la teneur en argile. Ceci pourrait exprimer une certaine prédominance de deux groupes métallifères en des localisations différentes. Les carbonates ne semblent pas avoir de relation avec la minéralisation Pb, Zn, Cu.

c) Projection des échantillons et des variables sur les plans des facteurs

- les communautés

Les calculs des communautés des variables avec les plans définis par les facteurs deux à deux nous ont permis de distinguer les plans factoriels discriminant au mieux chacun des regroupements.

Du tableau IX, nous pouvons lire par exemple:

Communauté Cu avec le plan des facteurs 4 et 5 = $0,413 + 0,325 = 0,738 = r^2$
D'où, si $0,36 < r^2 < 1$ nous pouvons dire que la variable est bien discriminée par la projection considérée

$0,16 < r^2 < 0,36$ la variable est partiellement discriminée.

$0 < r^2 < 0,16$ la variable n'est pas discriminée

Les nuages des points représentant les échantillons sont projetés sur les plans des facteurs, et chaque nuage représente un axe d'allongement matérialisant certaines différenciations ou dispersions sous l'effet de groupe de variables. Seules sont représentées sur les diagrammes les

Tableau IX : Qualité de la représentation des composantes, ou communauté des variables avec les axes factoriels.

	1	2	3	4	5	6
Cu	<u>0,010</u>	0,000 + + +	<u>0,396</u> + + +	0,413	0,325	0,149
Pb	<u>0,005</u>	0,140 + + +	<u>0,459</u> + + +	0,043	0,000	0,027
Zn	<u>0,002</u>	0,085 + + +	<u>0,493</u> + + +	0,112	0,008	0,020
Mo	<u>0,508</u>	<u>0,000</u>	<u>0,003</u> - - -	0,003	0,028	0,010
V	<u>0,131</u>	<u>0,442</u> + + +	0,065 + + +	0,059	0,017	0,018
Rb	<u>0,000</u>	<u>0,492</u> + + +	0,112 + + +	0,021	0,138	0,105
Li	<u>0,147</u>	<u>0,455</u> + + +	<u>0,023</u> + + +	0,020	0,029	0,004
CaO	<u>0,835</u>	<u>0,000</u>	<u>0,029</u> - - -	0,004	0,001	0,002
MgO	<u>0,777</u>	<u>0,044</u>	<u>0,006</u> - - -	0,011	0,014	0,004
Xm	<u>0,391</u> - - -	<u>0,221</u> + + +	<u>0,160</u> + + +	0,029	0,037	0,015
Ym	0,077	0,078	0,102	0,293	0,026	0,347

— : pôle de différenciation de la projection du plan des facteurs 1 et 2
 - - - : pôle de différenciation de la projection du plan des facteurs 1 et 3
 + + + + : pôle de différenciation de la projection du plan des facteurs 2 et 3

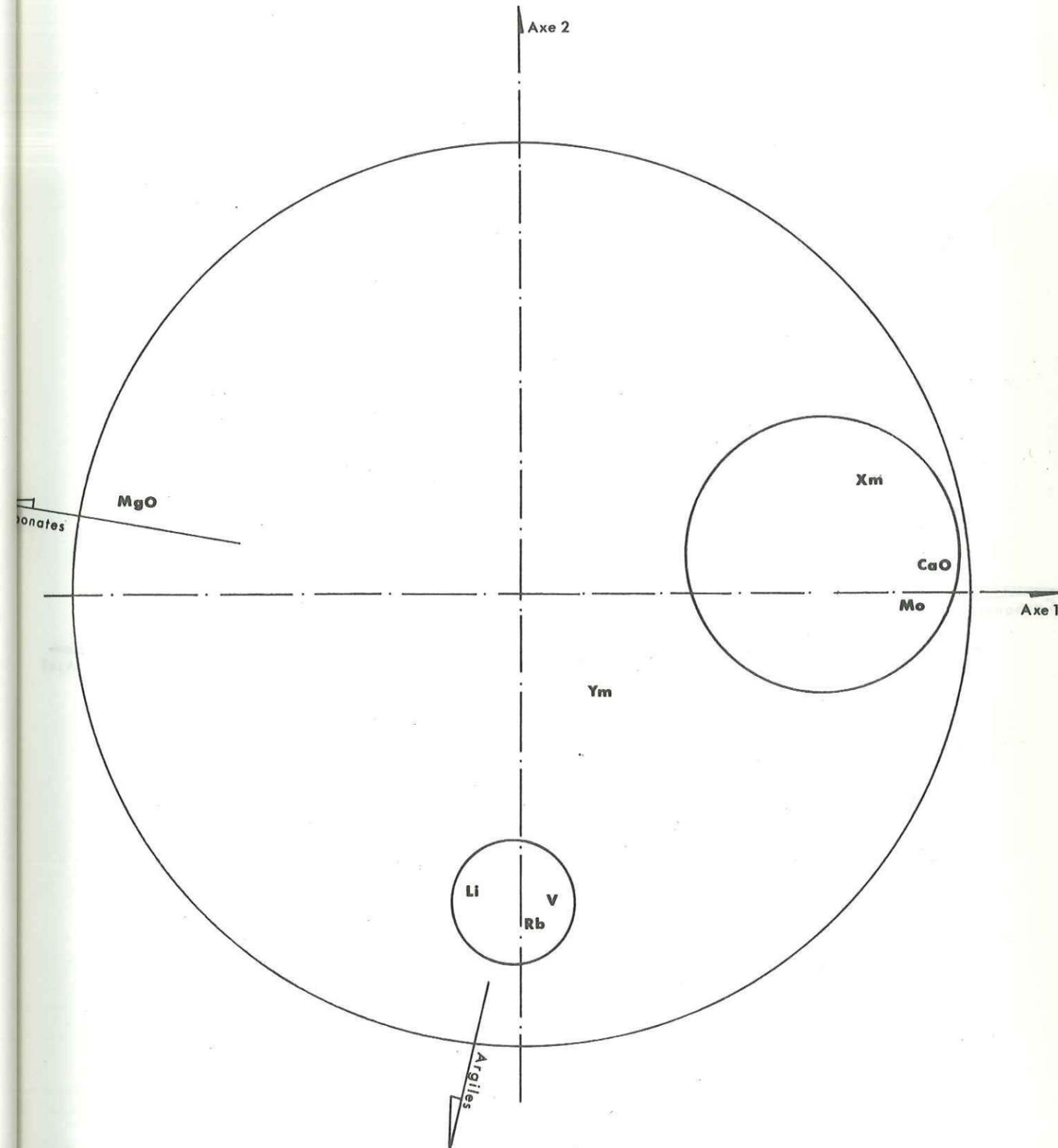


Fig. 9 Plan des axes 1 et 2

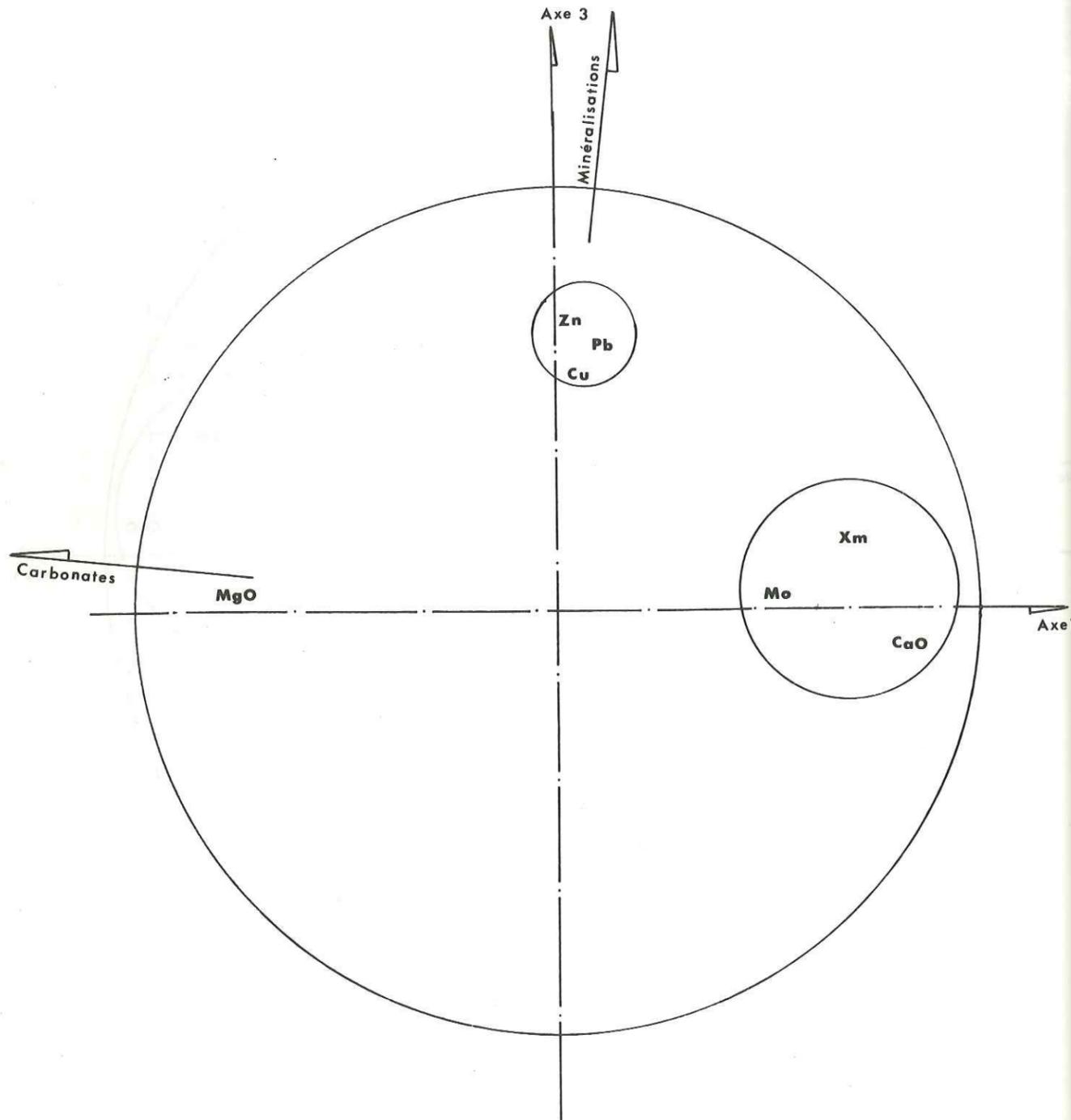


Fig.10 Plan des axes 1 et 3

variables présentant des communautés $r^2 > 0,16$ avec les plans des facteurs. Les pôles de différenciation des différentes projections sont:

- plan des facteurs 1 et 2

CaO, Mo, Xm,

 MgO

Li, Rb, V

- plan des facteurs 1 et 3

Cu, Pb, Zn

 MgO

CaO, Mo, Xm

- plan des facteurs 2 et 3

Pb, Zn, Cu

 Xm

Li, Rb, V

- Interprétation des projections sur les plans des facteurs

- Plan des facteurs 1 et 2 (fig. 9)

L'analyse factorielle fait apparaître deux pôles:

. un pôle Li, Rb, V (phase silicatée). Il discrimine les échantillons des joints argileux riches en roscoelite et en muscovite. Li, Rb, V sont très fortement liés au facteur 2;

. un pôle CaO, Mo, Xm qui caractérise la prédominance du faciès calcique sur le faciès magnésien à l'Est de la région étudiée. La proximité de Mo et CaO suggère une association sous la forme d'un minéral secondaire de Mo et CaO, peut-être la powellite.

Cette représentation permet aussi de discriminer les échantillons riches en dolomite de ceux riches en calcite. Le développement des carbonates calciques à l'Est (Renéville, Mindouli) et dolomitiques à l'Ouest (Boko-Songho) sont caractéristiques.

- Plan des facteurs 1 et 3 (fig. 10)

Ce plan fait apparaître deux principaux axes de différenciation:

- . axe "minéralisation" (pôle Zn, Pb, Cu)
- . axe "carbonates" (MgO, CaO).

L'étude de ce plan fait ressortir clairement que l'axe minéralisation Cu, Pb, Zn est orthogonal à l'axe "carbonate", ce qui suggère que la précipitation des sulfures et la répartition des carbonates sont dues à des phénomènes indépendants l'un de l'autre.

Cette projection confirme également l'absence déjà soulignée au Chapitre II. 1. 4. 2. 3. d'une corrélation métallographique.

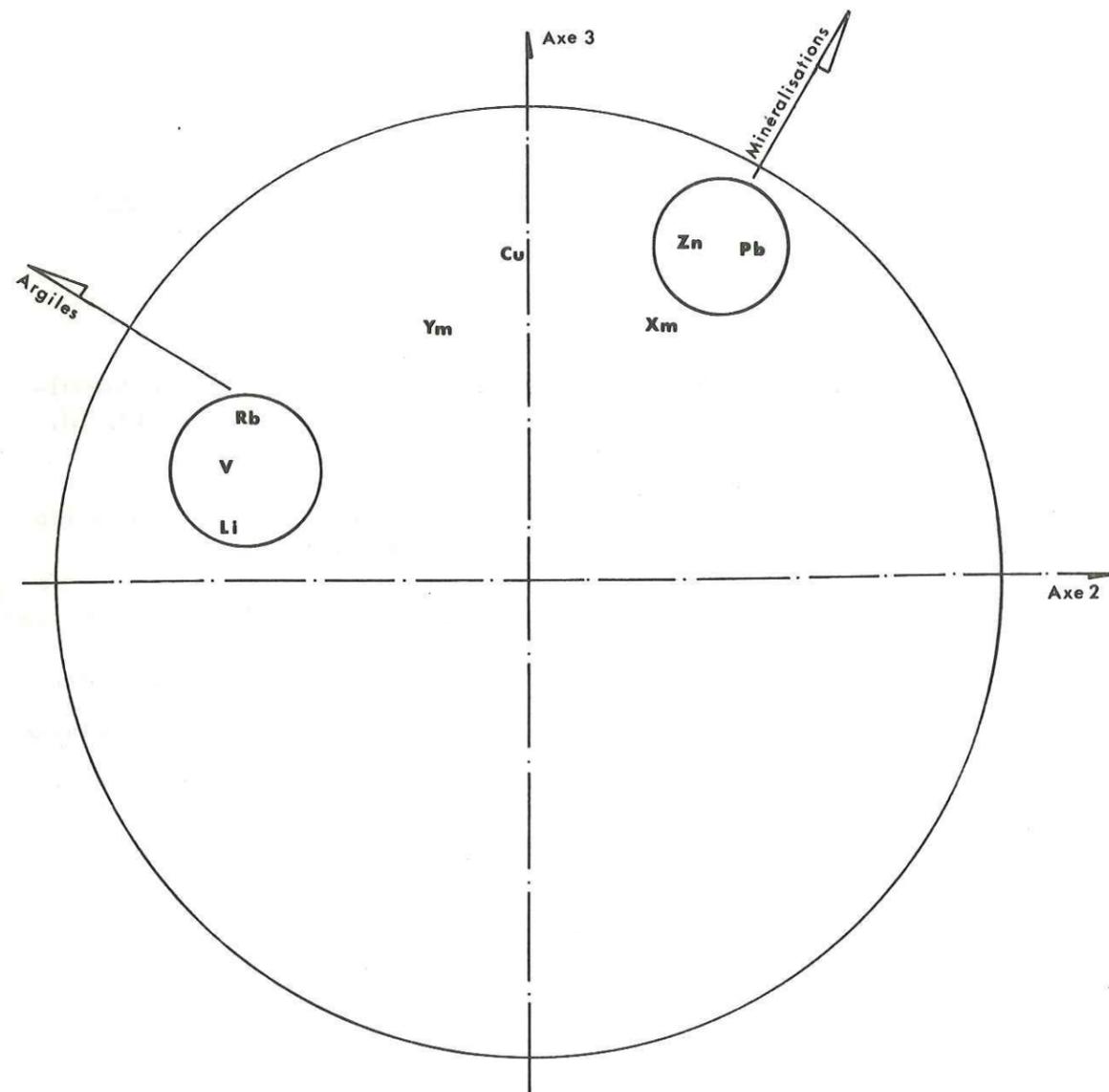


Fig.11 Plan des axes 2 et 3

Le phénomène secondaire observé (plan des axes 1 et 2) se retrouve ici. En effet, l'association CaO-Mo est un caractère géochimique très important. Elle provient probablement de l'altération de filons à molybdénite dans un milieu calcique et traduirait la présence de granite sous-jacent à l'Est du bassin minéralisé du Niari (secteur de Renéville).

La présence de la powellite n'a pas été signalée jusqu'à maintenant mais ce minéral devra être recherché systématiquement si l'on veut tester cette hypothèse.

- Plan des axes 2 et 3 (fig. 11)

Cette projection visualise les pôles principaux de différenciation dont les axes sont orthogonaux à l'axe 1 "répartition des carbonates":

- . pôle Zn, Pb (plan des axes 1 et 3)
- . pôle Rb, Li, V (plan des axes 1 et 2).

Quant aux variables Cu, Xm, elles sont intermédiaires entre le pôle Zn, Pb et le pôle Rb, Li, V, et doivent être partagées entre eux.

En effet, dans le bassin minéralisé du Niari, il apparaît une distribution géographique des tendances géochimiques de Pb, Zn, et Cu. A Boko-Songho, Djenguélé, M'Fouati, Yanga-Koubenza, on observe une prédominance de Pb et Zn sur le Cu; par contre à Renéville, Mindouli on observe le phénomène contraire.

De plus, le cuivre s'associe souvent à la phase argileuse sous la forme du célèbre silicate de cuivre (dioptase) que l'on trouve à Renéville et à Mindouli (LACROIX, 1890 - G. BIGOTTE, 1963).

d) Conclusion

Après examen des plans 1 et 2, 1 et 3, 2 et 3 on peut répartir les échantillons en fonction de trois paramètres:

- . carbonates (opposition de la dolomie au calcaire)
- . phase argileuse
- . minéralisation sulfurée Pb, Zn, Cu

qui traduisent des dispersions indépendantes les unes des autres.

II. 1. 4. 3. Diagramme de corrélation du manganèse

L'association du manganèse avec divers métaux dans certains gisements, dont le bioxyde de manganèse, est un des éléments importants de la couche minéralisée cuprifère de Mindouli (35 % de MnO; 16 % de CuO). Elle conduisit certains auteurs à proposer une origine sédimentaire pour les gisements du Niari -(P. NICOLINI, 1959).

Aussi, il nous apparaît nécessaire d'étudier la distribution de Mn et ses relations avec les éléments dosés.

A/ Diagramme Mn-Carbonate (fig. 12)

Le diagramme Mn-Carbonate, fait avec tous les échantillons montre deux ensembles:

. 90% des échantillons sont compris dans l'intervalle de 0-150ppm de Mn. La nature de la roche varie du calcaire à la dolomie pure en passant par le calcaire dolomitique. Aussi les teneurs sont très peu variables dans les formations stériles du schisto-calcaire.

. 10% des échantillons forment un ensemble dont les teneurs en manganèse sont comprises entre 150-800ppm, réparties entre un calcaire dolomitique et une dolomie pure, teneurs semblant augmenter avec l'enrichissement en MgO.

B/ Diagramme Mn-Pb et Mn-Zn (fig. 13, 14)

Ces deux diagrammes sont établis pour les échantillons ayant des teneurs en manganèse supérieures à 100ppm, et des teneurs en plomb et zinc supérieures à leur "clarke". Ils montrent une corrélation négative entre Mn d'une part et Pb, Zn d'autre part.

Cette corrélation négative entre Mn et Pb-Zn a été observée ailleurs par V.I. VERNADSKI, 1939.

C/ Conclusion

Les teneurs en manganèse des formations du SCIII sup. sont très basses. A titre de comparaison, indiquons que la moyenne des teneurs en Mn pour un grand nombre de carbonates est de 1 000ppm (TUREKIAN et WEDEPOHL, 1972).

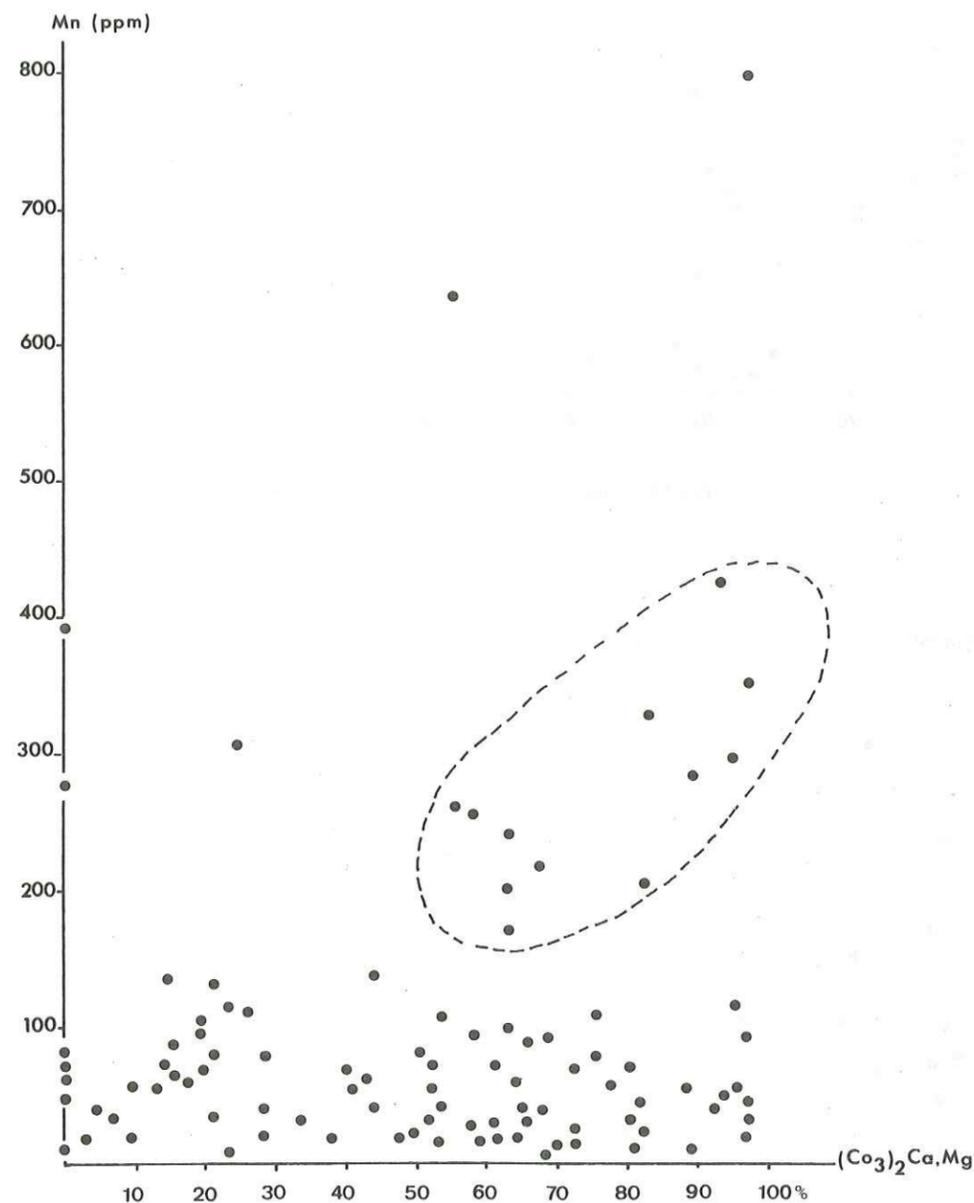


Fig.12 Diagramme de corrélation Carbonates/Mn

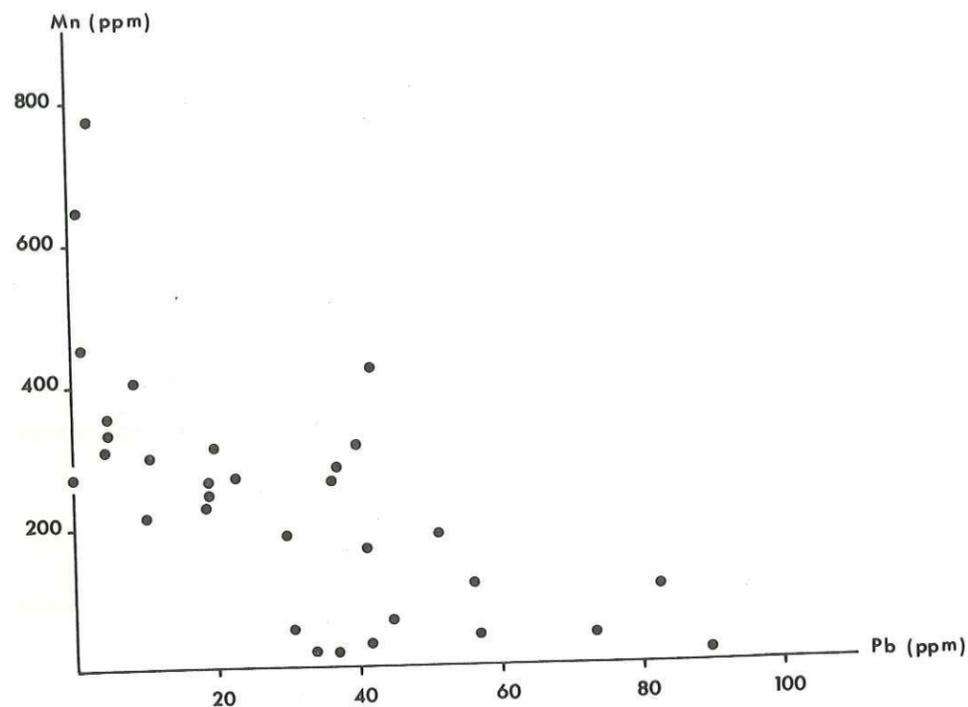


Fig.13 Diagramme de corrélation Mn-Pb

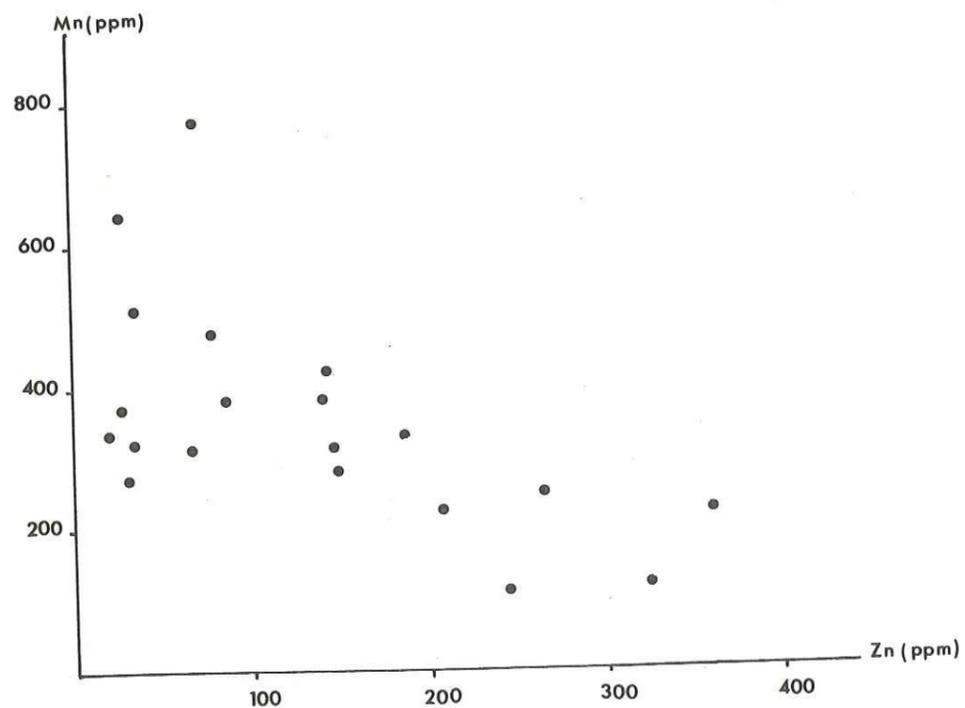


Fig.14 Diagramme de corrélation Mn-Zn

Ainsi, la formation des carbonates du synclinorium du Niari s'est produite dans un milieu pauvre en manganèse. En extrapolant les valeurs obtenues vers une dolomie pure on aboutirait à 700 ppm. En outre, cette pauvreté en Mn est constante dans tout le bassin.

La corrélation négative du manganèse vis-à-vis de Pb, Zn, Cu est confirmée par le dépouillement des résultats analytiques obtenus par la Mission Bulgare sur le gisement de Mindouli. Le tableau X ci-dessous qui reprend quelques-uns de ces résultats confirme la corrélation négative entre CuO et MnO.

Echantillons	CuO %	MnO %
EMB 76-5	10,4	5,12
EMB 76-15	27,2	7,33
EMB 76-22	17,5	12,5
EMB 76-43	5,75	0,12

Tableau X : Résultats analytiques des échantillons de terre noire du gisement de Mindouli.

En ce qui concerne le manganèse, on n'en connaît aucune concentration dans le bassin minier du Niari (E. WILHELM, 1970) à l'exception de Mindouli.

Nous pensons que ce gisement étant de type oxydé, le manganèse contenu dans les terres noires cuprifères provient de l'oxydation des carbonates et n'a aucun lien avec la minéralisation.

De la sorte, on peut dire que, si de fortes teneurs en Mn dans les gisements carbonatés de Fe, Cu, Zn, Pb indiquent pour ceux-ci une origine sédimentaire, ce n'est pas le cas pour les gisements du district minier du Niari.

II.1.4.4. Etablissement de la carte géochimique

L'étude de la carte d'isoteneurs de Zn et Pb permet de faire une interprétation statistique, basée sur la répartition des échantillons en deux groupes distincts, selon les critères litho-stratigraphiques de distribution verticale (niveau porteur) et horizontale (auréole de dispersion) par rapport aux gisements connus (M'Passa, Djenguélé, M'Fouati, Yanga-Koubenza).

II.1.4.4.1. Teneur de fond à l'échelle régionale

a) Groupement en fonction de la litho-stratigraphie

Deux groupes ont été constitués; ils correspondent d'une part aux dolomies, d'autre part aux niveaux calcaires dolomitiques noduleux du schisto-calcaire supérieur.

Les moyennes et les écarts types de chaque groupe figurent en tableau XI :

Les variations verticales des teneurs moyennes des deux groupes sont reportées sur les figures 15 et 16.

L'examen de ces deux figures montre des courbes dépourvues d'anomalies marquées en Cu, Zn, Pb, Mn. Quant à la carte géochimique (annexe I), elle permet de définir deux populations géochimiques dont les valeurs sont:

- Pb = 0-25 ppm Zn = 0-46ppm
- Pb = 35-90 ppm Zn = 50-360ppm

La première correspond au fond géochimique régional; la deuxième à des anomalies se localisant à proximité des fractures.

b) Variation géographique des teneurs de fond

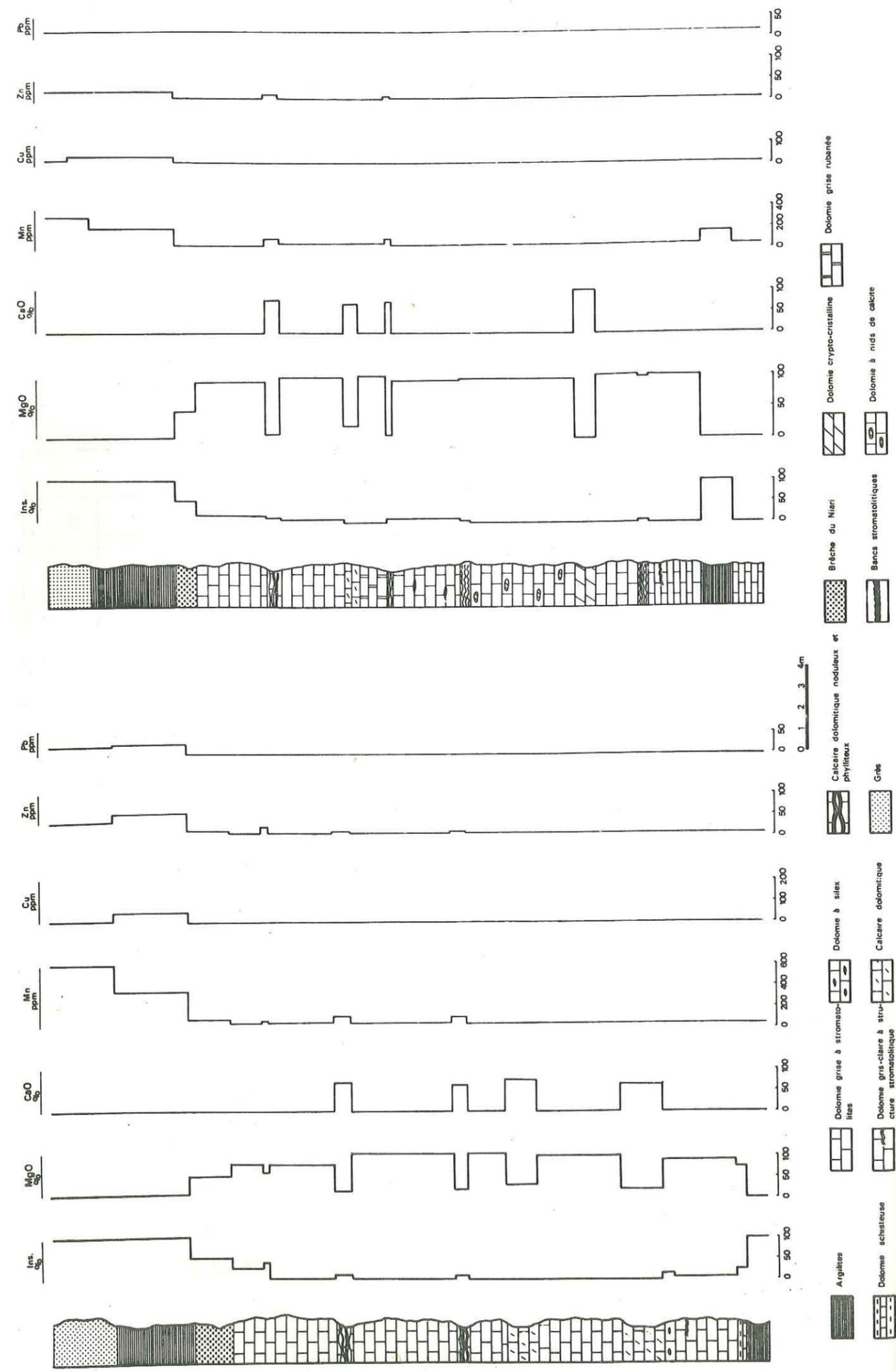
Le secteur étudié a été divisé en trois zones centrées sur des gisements exploités (fig. 8).

- Zone de Hapilo, M'Fouati, Yanga-Koubenza;
- Zone de Loutété, Kimbédi;
- Zone de Mimpala, Loulombo, M'Passa.

Il ressort de cette carte que les teneurs de fond sont uniformes et très basses d'Est en Ouest. Seuls quelques points anomaux ont été

Tableau XI : Statistique des variables

	Nombre d'éch.	Cu			Pb			Zn		
		X	σ	σ/m	X	σ	σ/m	X	σ	σ/m
Calcaire	62	15	0,048	0,003	12,9	0,35	0,03	21,8	0,98	0,05
Dolomies	145	10	11	1,1	12,5	13	1,04	16	36,9	2,3



décelés et feront l'objet d'une étude complémentaire.

II. 1. 4. 4. 2 Variation dans la distribution des éléments traces à proximité des gisements

L'environnement des gisements connus (M'Fouati, Hapilo, M'Passa et Djenguélé) a été échantillonné afin d'évaluer la nature et l'amplitude d'éventuelles variations anormales par rapport aux teneurs de fond précédemment déterminées. L'étude a été menée selon deux critères principaux:

- comparaison du niveau soupçonné porteur avec le reste de la série;
- possibilité de l'existence d'auréoles de dispersion dans divers termes de l'encaissant des minéralisation.

a) Comparaison entre le niveau soupçonné porteur S et le reste de calcaires dolomitiques noduleux

Pour chacun des secteurs miniers étudiés, dans un périmètre de trois ou quatre kilomètres autour des gisements, on compare les teneurs du niveau S et des dolomies sus- et sous-jacentes avec le reste des séries dans le périmètre délimité d'une part, et avec l'ensemble de la série à l'échelle régionale de l'autre.

Pour ces secteurs, la teneur de fond servant de comparaison est celle déterminée au tableau XII. Dans le secteur de Kimbédi, Loulombo où quelques points anormaux avaient été mis en évidence, ils ont été éliminés (éch. MP 141, MP 147, MP 172, MP 173). Les teneurs moyennes ainsi définies sont les suivantes:

- . niveau de calcaire dolomitique noduleux:

Cu = 13,3 ppm	Pb = 24,2 ppm	Zn = 50,8 ppm
---------------	---------------	---------------
- . dolomie sus- et sous-jacente :

Cu = 27,8 ppm	Pb = 20,7 ppm	Zn = 57 ppm
---------------	---------------	-------------

Par rapport aux teneurs de fond à l'échelle régionale, on remarque que les deux faciès gardent les mêmes teneurs en Cu, Pb, Zn quand on s'approche des gisements exploités.

b) Auréoles de dispersions

Les échantillons prélevés à proximité immédiate des masses minéralisées de M'Passa et Djenguélé présentent des teneurs faibles en Cu=26 ppm, Pb=27 ppm, Zn= 57ppm. Il n'apparaît pas d'auréole marquée dans les deux séries autour des gisements.

II.1.5. PREMIERES DONNEES SUR LA GEOCHIMIE DU PLOMB ET DU ZINC

Tout problème de géochimie ne peut être abordé qu'après une phase de dégrossissage, d'autant plus impérative qu'il s'agit d'éléments en trace, c'est-à-dire en principe, très souvent non localisables à la simple observation, soit macro soit microscopique. Une telle opération doit bien entendu être aussi extensive que possible, de manière à cerner, avec un maximum de précision, le phénomène qui nous intéresse.

L'étude faite ci-dessus et l'étude des coupes (fig. 15 et 16) montrant la distribution verticale du plomb et du zinc nous amènent à faire les observations fondamentales suivantes:

a) les teneurs en Zn et Pb sont extrêmement faibles dans les bancs de calcaires dolomitiques noduleux et schisteux, et les dolomies du schisto-calcaire supérieur. Ceci nous permet d'affirmer l'absence d'un niveau porteur à l'échelle régionale, géochimiquement pré-enrichi ayant pu conduire à des concentrations exploitables;

b) le banc de calcaire dolomitique noduleux s'amincit à partir de M'Passa et passe de 1,50 m à 0,20 m vers Mindouli et Boko-Songho. Ainsi par suite de l'amenuisement progressif de ce banc, les minéralisations du Niari, dans les secteurs de Hapilo et Mimbodi perdent leur structure stratifiée, et se localisent uniquement dans les failles subméridiennes (Hapilo) et combienne (Mimbodi);

c) à l'échelle régionale (fig. 15, 16), il est maintenant établi que la corrélation géochimique entre le phénomène de répartition du plomb et zinc et la nature des bancs du schisto-calcaire est inexistante.

Si toutefois, on envisage maintenant la distribution des anomalies

à l'échelle régionale, en considérant comme anormale toute coupe présentant des valeurs en plomb et zinc de 150 ppm, on constate que ces bancs repères ne sont pas géochimiquement riches en métaux lourds.

II.1.6. CONCLUSION

Aucune étude géochimique d'envergure n'avait jusqu'ici été entreprise dans le district considéré. Quel que soit le mode d'investigation régionale adopté, la pauvreté en métaux du schisto-calcaire supérieur est établie.

Cette étude géochimique régionale nous a permis d'avoir une image de la province géochimique, sur laquelle nous ne possédions pas d'informations.

Il se pose alors la question de savoir si on peut encore escompter mettre en évidence des anomalies géochimiques dans le district minier du Niari.

Pour y répondre, il nous suffira de comparer les teneurs de fond régionales avec le "clarke" des éléments Cu, Pb, Zn dans la série carbonatée. On constate que les teneurs de fond varient faiblement en fonction des faciès (tabl. XI).

Les comparaisons seront donc établies pour chaque type de faciès. Pour chaque élément, nous comparerons les teneurs de fond (tabl. XI) à quelques données générales provenant du "Hand-book of geochemistry" de WEDEPOHL K. H. 1972.

a/ Cuivre

Les teneurs des deux niveaux dolomitiques du district minier du Niari (15 ppm et 10 ppm) sont très faibles par rapport aux valeurs normales des dolomies (25 ppm). Ces teneurs coïncident encore moins avec les teneurs normales des shales (250 ppm) (WEDEPOHL K. H., CORRENS C. W. 1972).

b/ Plomb

Alors que les chiffres des teneurs moyennes dans les séries carbonatées sont à 25 ppm (K.H. WEDEPOHL, 1972), ceux du schisto-calcaire sont inférieurs à 12 ppm.

c/ Zinc

Les teneurs moyennes des deux niveaux du schisto-calcaire du district minier du Niari (22 ppm et 16 ppm) se situent dans une gamme inférieure à celle des valeurs proposées par le "clarke" (30-80 ppm).

Ainsi on constate que les teneurs de fond de Cu, Pb, Zn dans les roches du schisto-calcaire s'écartent très faiblement "des clarkes" actuellement calculés. Des anomalies affectent les séries, mais elles sont en relation directe avec la tectonique cassante.

On peut donc dire qu'à l'échelle du synclinorium du Niari il n'y a pas de niveau porteur et on ne peut mettre en évidence aucune corrélation métallogénique

Si, lors de l'étape préliminaire des investigations, quelques points anomaux ont été mis en évidence dans le schisto-calcaire, ils apparaissent liés à des failles régionales combiennes ou à des failles satellites. Il est donc apparu nécessaire d'étudier en détail les rapports faille-minéralisation d'un gisement primaire qui permette de bonnes observations et des prélèvements systématiques exploitables géochimiquement. Le choix s'est porté sur le gisement de M' Passa.

CHAPITRE III

III.1. CHOIX DU GISEMENT DE M'PASSA

III.2. GÉOLOGIE LOCALE

III.3. ETUDE GÉOCHIMIQUE DE LA MINE DE M'PASSA

III.3.1. Géochimie minérale

III.3.2. Géochimie organique

III.3.3. Géochimie isotopique du soufre

III.4. TYPE DE MINÉRALISATIONS

III.4.1. Amas liés aux failles

III.4.2. Minéralisations en filonnets

III.4.3. Amas liés aux bancs repères

III.4.4. Lentilles associées aux joints argileux

III.4.5. Conclusion

CHAPITRE III

ETUDE GEOCHIMIQUE DE LA MINE DE M' PASSAIII. 1. CHOIX DU GISEMENT DE M'PASSA

Deux critères essentiels nous ont conduit à choisir la mine de M'Passa pour une étude géochimique complémentaire à celle faite à l'échelle régionale.

III. 1. 1. CRITERES GEOLOGIQUES ET METALLOGENIQUES

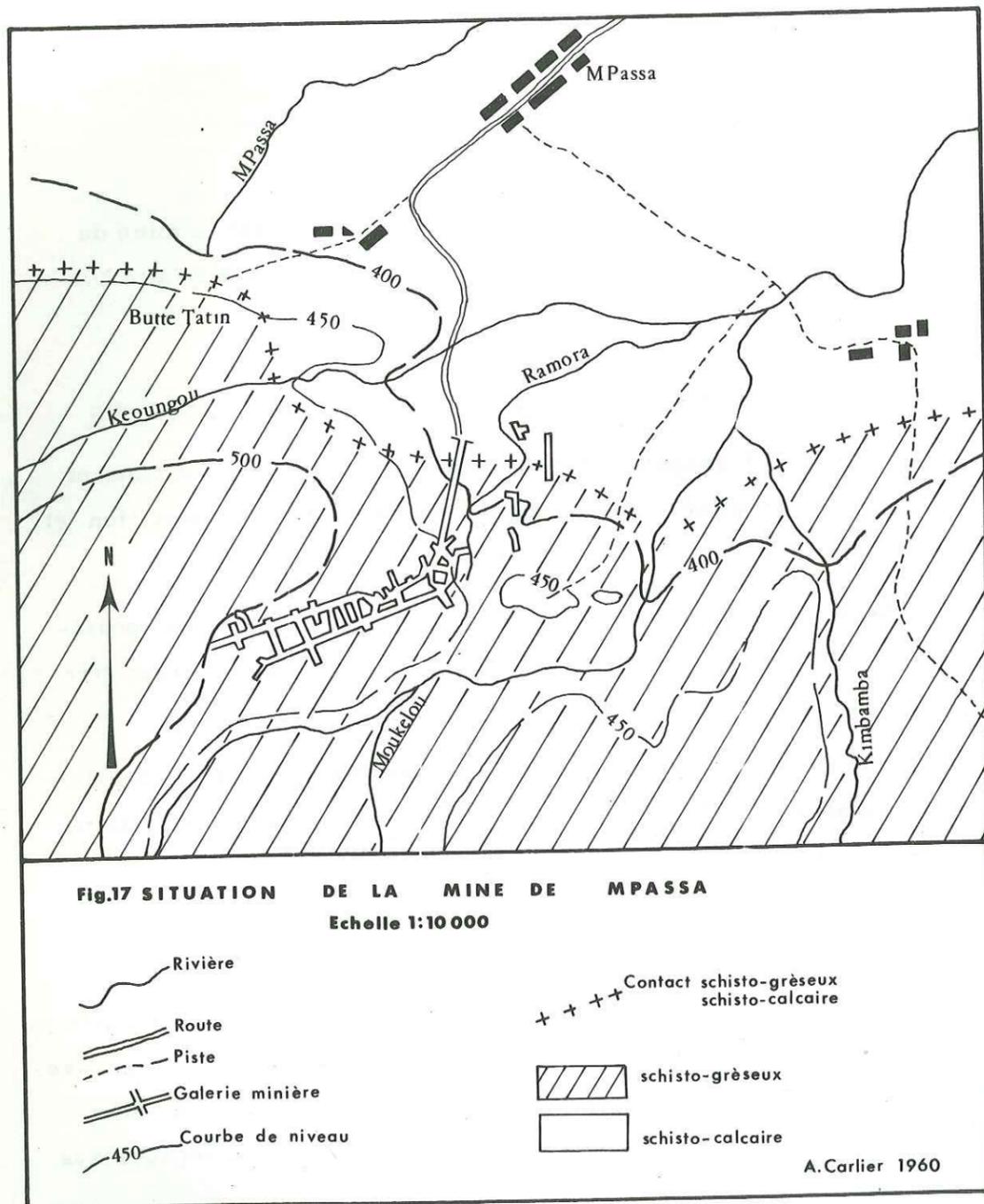
L'étude bibliographique montre que la plupart des gisements et indices connus sont situés dans la zone d'oxydation et de cémentation et de ce fait ont été profondément modifiés, voire déplacés.

Seul le gisement de M' Passa a été épargné par l'érosion postérieure au dépôt du schisto-calcaire et sa minéralisation peut donc être considérée, pour la plus grande part, comme primaire.

De la sorte, pour comprendre la genèse des minéralisations du Niari, il paraît évident qu'il faille s'appuyer sur les observations faites dans la mine de M'Passa.

III. 1. 2. CRITERES TECHNIQUES

La mine de M' Passa a été la seule exploitée depuis fort longtemps. De nombreux travaux d'exploitation, des documents techniques soigneusement établis accumulés ces temps derniers nous permettaient de bien observer le minerai, de le positionner avec précision et de dégager ses relations avec l'encaissant.



III. 2. GEOLOGIE LOCALE

La carte (fig. 17) montre la localisation de la mine de M'Passa. Son environnement est essentiellement composé d'une part de dolomies, calcaires, argiles du schisto-calcaire supérieur (SC III sup.), et d'autre part, des grès de la M' Pioka. Du point de vue structural, elle est implantée sur le flanc est de l'anticlinal de la Loukouni (fig. 3). Les couches ont en général un pendage faible (10° Sud), et sont affectées de diverses failles de direction combienne ($N 50^\circ$).

III. 2. 1. ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

L'étude comparative des formations du synclinorium du Niari avec les régions voisines (tableau IV) a montré que le schisto-calcaire du Niari correspondrait au système du Roan Katangais qui contient la "série des Mines" (L. CAHEN, 1954).

Les minéralisations du Niari sont localisées dans cette série puissante de 1 180 m, composée d'abord de 900 m de marnes et calcaires marneux à niveaux oolithiques (oolithe de Kisantou), surmontés de calcaires dolomitiques et dolomies siliceuses.

III. 2. 1. 1. Les formations du schisto-calcaire supérieur

Si, en surface, dans les environs de M'Passa, les formations du schisto-calcaire supérieur affleurent très mal, elles peuvent par contre bien s'observer dans la mine. Il s'agit de gros bancs de dolomies, ainsi que de dolomies litées. Entre ces gros bancs s'intercalent de petits bancs essentiellement de calcaires dolomitiques sombres.

L'intérêt de ces bancs intercalaires est double:

- sur le plan stratigraphique, ils servent de bancs repères,
- sur le plan métallogénique, ils représentent la roche-hôte de la minéralisation Pb, Zn, Cu.

SERIE	FAISCEAUX	FORMATION	ENSEMBLE	
MPIOKA	MP ₁ Grès			
	MP ₀ Brèche du Niari			
SCHISTO CALCAIRE	SCIII	supérieure	C	
			B	Banc repère sup. BRS
A	Banc repère inf. BRI			

Tableau XII : Formation du schisto-calcaire supérieur dans la mine de M'Passa (M. BAKA, 1975).

Nos connaissances actuelles permettent de distinguer deux bancs repères :

- 1- le banc repère supérieur (BRS) situé à au moins 8 mètres sous le contact entre le schisto-calcaire et le schisto-gréseux;
- 2- le deuxième banc appelé inférieur (BRI) se place à 7 mètres sous le premier.

Ces deux bancs repères sont surmontés chacun d'un joint argileux épais de 20 cm.

III. 2. 1. 1. 1. Etude pétrographique

Dans la mine la formation du schisto-calcaire supérieur est essentiellement composée de trois types de roches: dolomies, calcaires dolomitiques, argiles et divisée en trois ensembles (tableau XII), D. M. BAKA, 1975:

A/ Ensemble A

Formé essentiellement de roches situées sous le banc repère inférieur cet ensemble comporte de bas en haut:

- dolomies grises à gris clair puissantes de 5 mètres,
- BRI, calcaire dolomitique noduleux: 1, 10 m de puissance, (description microscopique, voir bancs repères).
- joint argileux: 0, 20 m d'épaisseur.

B/ Ensemble B (photo 1, planche 1).

Il est représenté par les roches surmontant le banc repère inférieur et comporte de bas en haut:

- dolomie grise à grain fin épaisse de 6 mètres: on y note la présence de nombreux joints stylolitiques recoupés par des veines de calcite;
- BRS: calcaires dolomitiques noduleux, puissants de 1, 50 m;
- joints argileux, d'épaisseur moyenne égale à 0, 15 m.

C/ Ensemble C (photo 1, planche 1)

Formé de roches essentiellement dolomitiques, cet ensemble compris entre le BRS et le contact grès-dolomie, se distingue des autres par un litage en fines plaquettes. Ce sont des dolomies grises à gris sombre, puissantes de 7 mètres.

PLANCHE I

Photo 1

Aspect du banc repère supérieur (B. R. S.) intercalé dans les dolomies B et C. En bas du B. R. S. à droite, lentilles de calcite.

Photo 2

LM x 25 LP

Dolomicrite avec de nombreux "birds eyes". Ces derniers sont remplis de dolomite claire.

Photo 3

LM x 25 LP

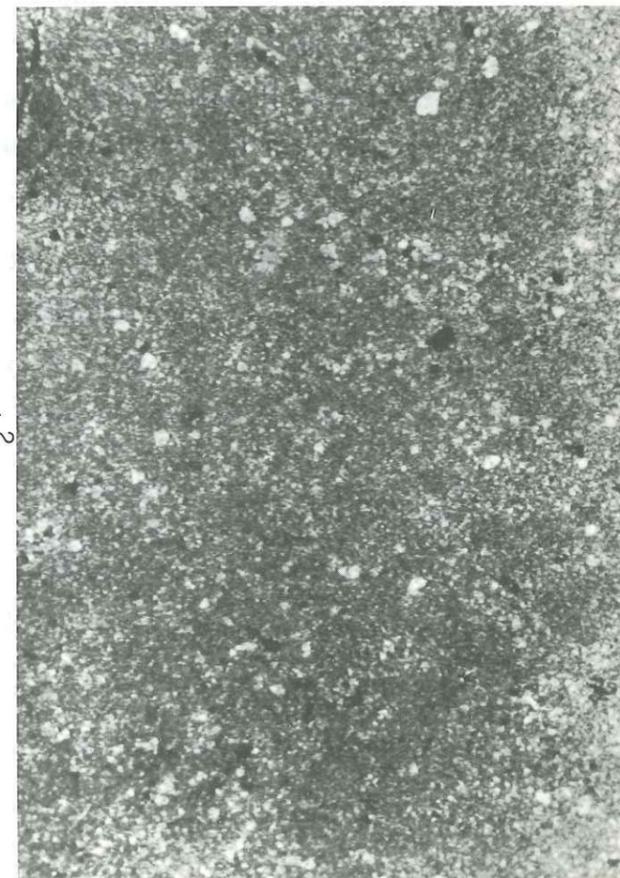
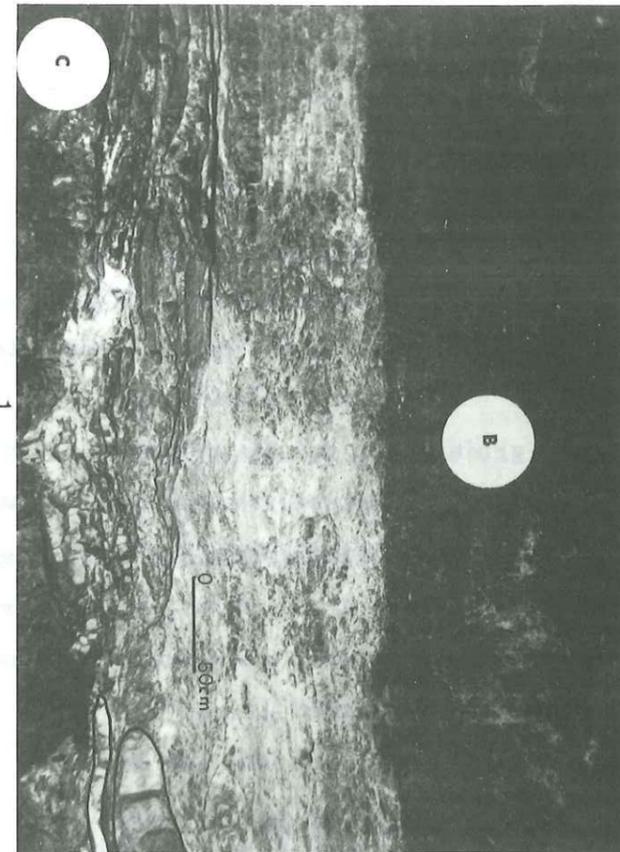
Dolomie micro-cristalline de l'ensemble B au chantier nord. On a des cristaux aciculaires de dolomite dans une masse de dolomite et de quartz micro-cristallin. La dolomite micro-cristalline a localement recristallisé en donnant des grandes plages claires.

Photo 4

LM x 25 LP

Grès quartzites à grain moyen à fin.

=====



III. 2. 1. 1. 2. Caractéristiques pétrographiques

A) Les dolomies des trois ensembles se présentent avec une très grande extension horizontale et verticale, et sont régulièrement stratifiées. Elles se présentent soit en gros bancs épais de 6 mètres (ensemble A, B), soit en petits bancs centimétriques (ensemble C).

En lames minces, plusieurs types sont observables: les uns sont à grain si fin que les contours des cristaux sont indiscernables (dolomicrite, photo 2, planche I), les autres sont faits de cristaux variant de 10 à 30 microns, automorphes, jointifs, engrenés les uns dans les autres.

Dans d'autres, les cristaux de dolomite peuvent être aciculaires (70 x 10 microns) et ils sont alors associés à du quartz microcristallin (photo 3, planche I).

En outre, dans les deuxième et troisième types, on peut mettre en évidence deux générations de dolomite:

- dolomite 1, parfois associée à la silice formant le ciment de la roche;
- dolomite 2, automorphe à subautomorphe, souvent corrodée par du quartz xénomorphe.

B) Les calcaires dolomitiques des deux bancs repères. Dans les dolomies des ensembles précédents, s'intercalent de façon régulière deux niveaux de calcaires dolomitiques (bancs repères):

1/ Etude macroscopique

D'une façon générale, les calcaires dolomitiques de la mine constituent des niveaux très particuliers appelés bancs repères. Ce sont des calcaires dolomitiques noduleux et phylliteux.

La roche est constituée essentiellement de calcite, se présentant de trois façons:

- masses lenticulaires de cinq centimètres d'épaisseur;
- mélange de calcite et de phyllites;
- nodules se trouvant toujours dans le mélange calcite-phyllites.

2/ Etude microscopique

Au microscope, on observe une pâte micro-à macrocristalline d'aspect fluidal dans laquelle on distingue de nombreux cristaux de calcite un peu laminés. Leur surface est parsemée de petits cristaux aciculaires (0,01 mm) de dolomite sans orientation préférentielle apparente.

Entre ces cristaux, on peut distinguer du quartz I à gros grains englobé par de gros cristaux de dolomite I. La dolomite II est située très souvent à la périphérie de la dolomite I. Cette dolomite II est englobée par du quartz II, corrodant la dolomite I.

La dolomite I et le quartz I sont liés au phénomène sédimentaire. La formation de la dolomite II et du quartz II est postérieure, et liée à la minéralisation.

C) Les argiles - Dans la mine, les joints argileux sont centimétriques et s'intercalent entre les bancs de dolomies stratifiées. Remarquables par leur régularité et leur position stratigraphique, les joints argileux surmontent les deux bancs repères. Ils ont une épaisseur variant de 10 à 25 cm.

L'analyse diffractométrique des échantillons prélevés dans les joints argileux associés aux bancs repères révèle par ordre d'importance décroissante: corrensite, chlorite, illite, talc (tableau XIII).

Des lentilles essentiellement cuprifères sont associées aux joints argileux, à l'aplomb des bancs minéralisés.

III. 2. 1. 1. 3. Conditions de formation des dolomies et des calcaires

Les caractéristiques pétrographiques décrites ci-dessus permettent de préciser la précocité de la dolomitisation. La taille des cristaux paraît être le critère principal et le grain fin est une des manières d'être des dolomies pénécontemporaines. En effet, DELMAS, 1975, pense qu'il existe une relation entre la taille des grains et la précocité de la dolomitisation: plus le grain de dolomite est petit et plus la transformation a été rapide.

Echantillons	Corrensite	Chlorite	Illite	Talc
MP3	+++	+	++	
MP8	+++	+++		+++
MP13	+++	+		
MP18	++	+		
MP27	++	+		+
MP38	++	+		
MP43	++	+		
MP48	++++	+		

Tableau XIII : Résultat de l'analyse diffractométrique de 8 échantillons d'argile

+ peu abondant

++ assez abondant

+++ abondant

++++ très abondant

Les figures sédimentaires (ripples marks), les stromatolites des dolomies stratifiées (M. BAKA, 1975) et la présence des micrites dolomitiques indiquent une formation en milieu confiné, de basse énergie et de faible profondeur, proche du continent (DELMAS, 1975).

III. 2. 1. 2. La brèche du Niari

Le tableau III montre que cette brèche constitue la base de la série de la M'Pioka. Elle repose sur les dolomies et calcaires dolomitiques du sommet du schisto-calcaire. La puissance de cette série est variable. Dans la mine, elle est de quatre mètres, et à l'extérieur, elle atteint par endroit quinze mètres.

Elle est composée essentiellement d'éléments anguleux de dolomie, de calcaire dolomitique, cimentés par une pâte gréso-dolomitique.

III. 2. 1. 3. Les grès

Le long des rivières Kéongou, Ramora, Moukela (fig. 17), on observe de très belles falaises constituées de grès à grain moyen, de grès fins à moyens avec intercalations d'argilites rouges.

Le sommet est composé de grès quartzitiques à grain moyen à fin. On y note la présence de pyrite.

III. 2. 2. TECTONIQUE LOCALE

La mine de M'Passa se trouve sur le flanc est de l'anticlinorium de la Loukouni, axé NE-SW, et penté 15° SE. Ce flanc est souvent affecté par d'innombrables plis et failles (fig. 3 - Loukouni).

III. 2. 2. 1. Les plis

Comme le montre la figure 6, le flanc de l'anticlinal est un monoclinal. A l'échelle du gisement, on observe deux flexures orientées respectivement N 40° et N 80°. A cette dernière, correspond un synclinal et un anticlinal (annexe IV).

Fig.18 COUPE GEOLOGIQUE (Quartier Nord)

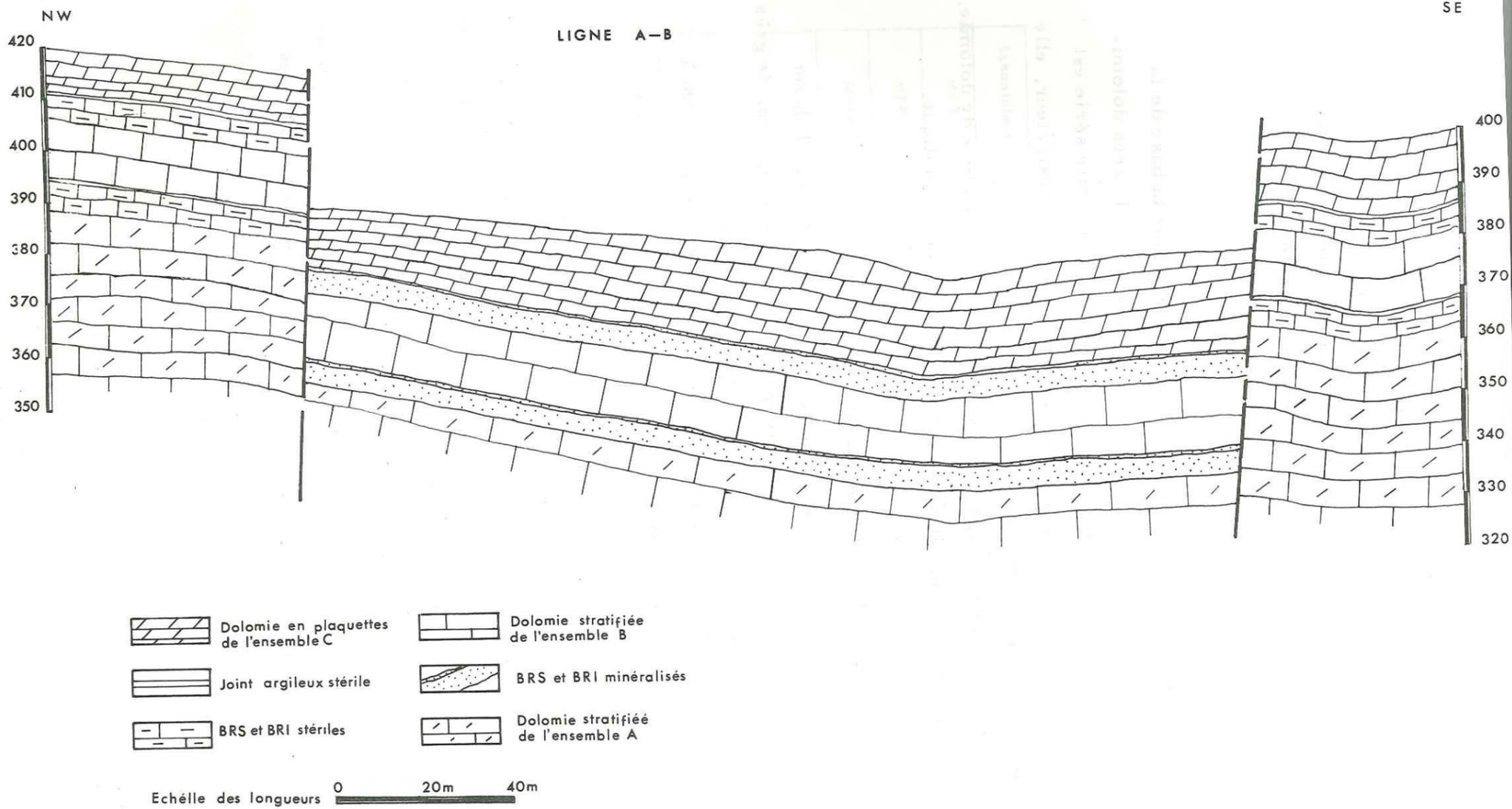
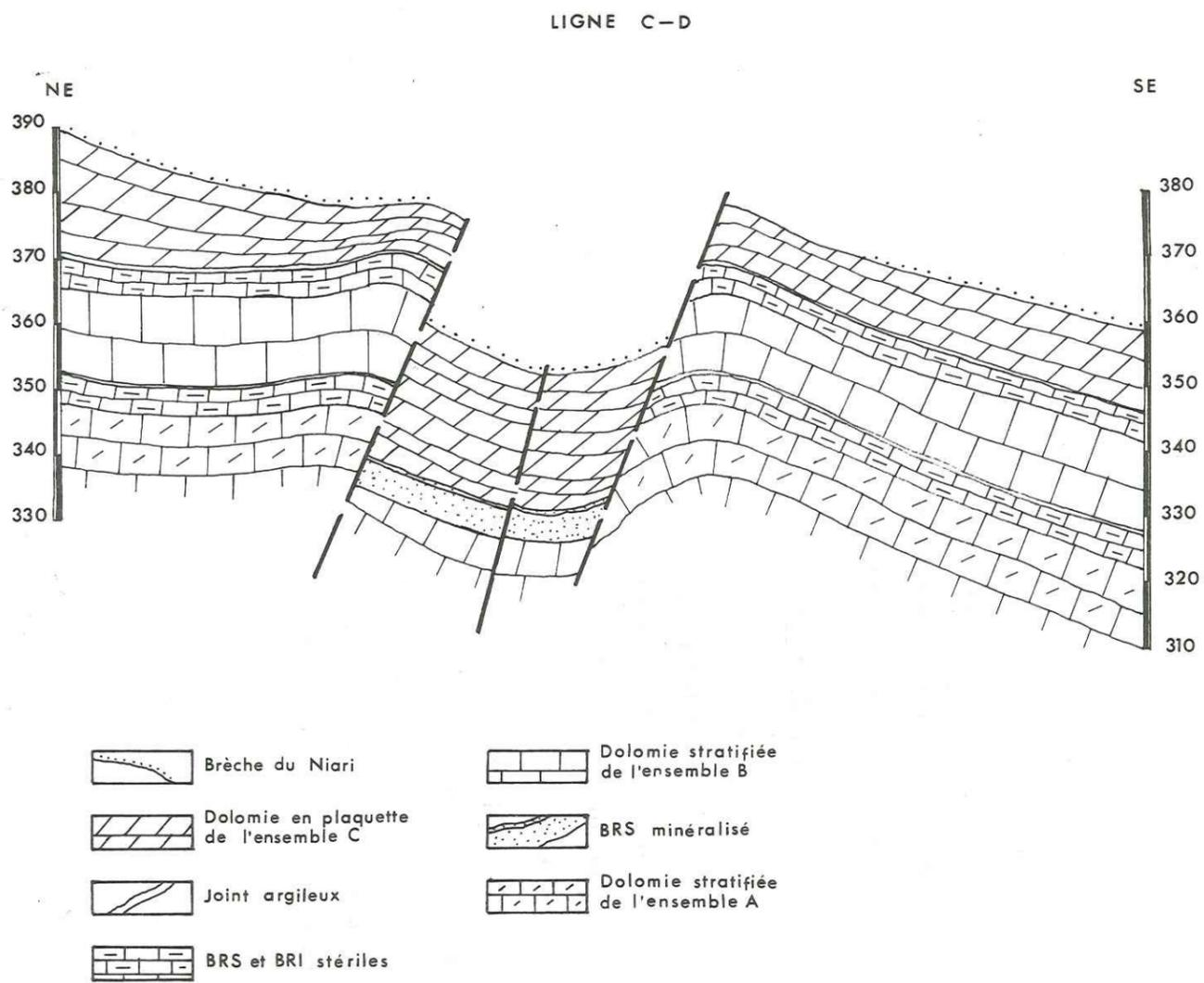


Fig.19 COUPE GEOLOGIQUE (Quartier A bis)



Dans le quartier Abis, perpendiculaire à l'orientation générale NE-SW (direction combienne), on note la présence de petits plis, essentiellement des synclinaux de direction N 20 W (direction mayombienne).

III. 2. 2. 2. Les failles

Les failles sont subverticales avec des rejets variant de 5 à 20 m. Celles-ci se situent aux endroits des flexures et décalent les bancs repères, délimitant ainsi les champs minéralisés des quartiers Nord et Abis, (fig. 18, 19). Dans les grès de la série de la M'Pioka, il s'agit d'un réseau de diaclases, à faible rejet.

III. 2. 2. 3. Conclusion

La forme et la répartition de la minéralisation sont en partie le résultat, d'une part des propriétés mécaniques des dolomies et calcaires dolomitiques qui se fracturent facilement, et de ce fait peuvent être rendues perméables en "grand", d'autre part de la présence de joints argileux qui, par leur "incompétence" ont permis, le déplacement des fragments de dolomies rigides, et de ce fait permettre la circulation des fluides minéralisateurs.

En tout cas, d'un point de vue pratique, les intersections de failles, les abords immédiats de celles-ci, et surtout les zones de développement intense des diaclases sont favorables à la concentration du minerai.

III. 3. ETUDE GEOCHIMIQUE DE LA MINE DE M'PASSA

Cette étude est abordée dans le but de dégager les caractères géochimiques propres au mode de concentration des métaux afin de pouvoir utiliser, inversement, la composition chimique comme marqueur de genèse.

Trois sortes de démarches géochimiques ont été suivies. La première (géochimie minérale) consiste à étudier la distribution et la localisation des éléments traces, notamment dans le but de rechercher la source des minéralisations et de préciser les conditions physico-physiques de dépôt. La deuxième (géochimie organique), permet de mettre en évidence les éventuelles relations entre la présence de la matière organique et la minéralisation. La troisième (géochimie isotopique du soufre) basée sur la composition isotopique du soufre permet de déterminer l'origine des minéralisations.

III. 3. 1. GEOCHIMIE MINERALE

III. 3. 1. 1. Echantillonnage et réalisation

III. 3. 1. 1. 1. Principe

L'objet de cette étude géochimique de la mine de M'Passa est de comparer les paragenèses observées dans les bancs repères et les filons, et de les classer géochimiquement. En outre, nous étudierons les corrélations entre les éléments en traces de la minéralisation exprimée au voisinage du filon et en s'éloignant de celui-ci dans les niveaux repères. Cela nous conduira à voir s'il existe ou non une zonation des éléments étudiés. L'échantillonnage de la frange minéralisée a pour objectif principal d'étudier les variations verticales et latérales des teneurs en éléments majeurs (Cu, Pb, Zn, Fe) et en éléments traces dans les dolomies et les bancs repères à partir de la faille. L'essentiel des informations est apporté par la distribution des traces dans le minerai, leur partage entre différentes espèces minérales, l'évolution

COUPES SCHEMATIQUES

SE

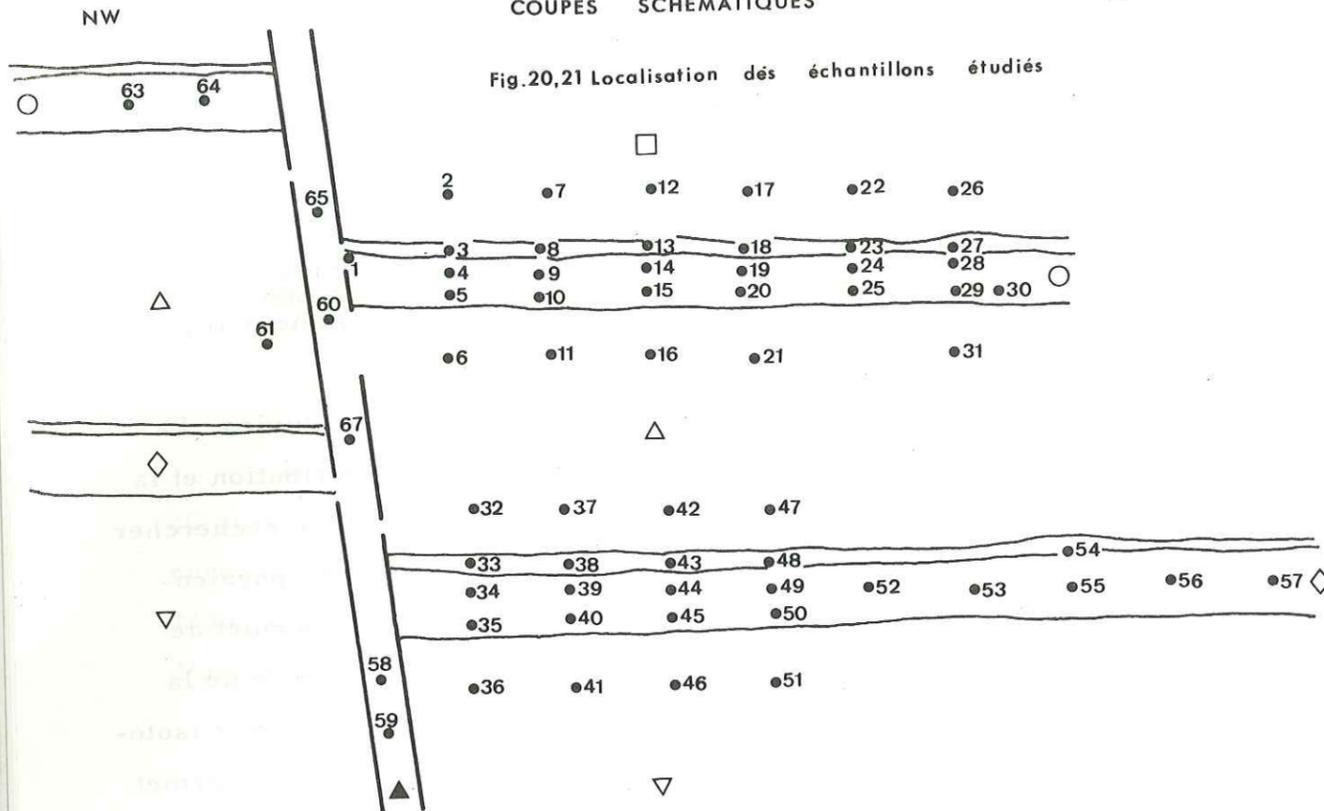


Fig. 20 Quartier Nord

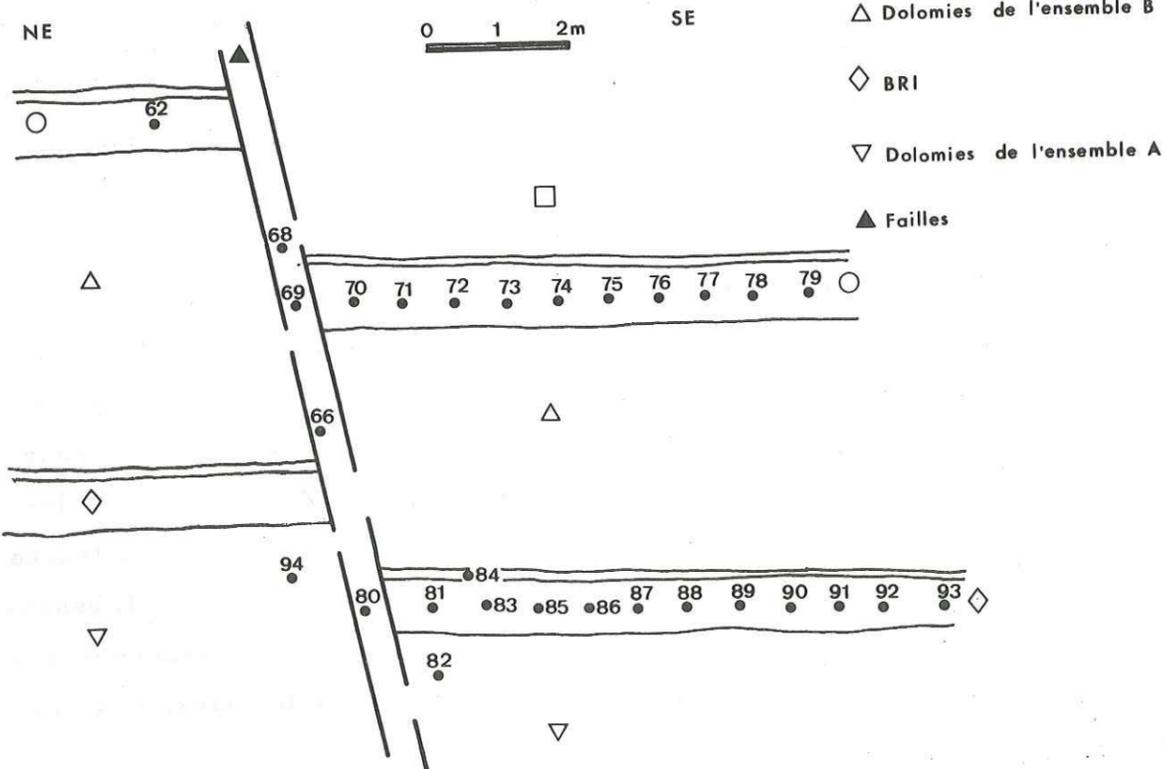


Fig. 21 Quartier A bis

du cortège d'éléments en traces dans différentes générations d'une même espèce (HALFON J., A. ROSIQUE, 1973).

III. 3. 1. 1. 2. Réalisation

Quatre vingt quatorze échantillons ont été prélevés pour cette étude de la distribution de certains éléments en traces.

Sur le plan méthodologique, l'échantillonnage a porté sur les roches de l'encaissant, le minerai des failles, et les bancs repères sur plus de vingt mètres à partir de la faille minéralisée (fig. 20, 21).

Chaque échantillon a été prélevé tantôt de façon ponctuelle (2 x 0,5 m) dans les chantiers récents, tantôt en rainurage.

III. 3. 1. 1. 3. Préparation des échantillons

Chaque échantillon prélevé dans la mine a été au préalable lavé à l'eau afin de débarrasser sa surface des impuretés.

III. 3. 1. 1. 4. Broyage

Pour cette étude, les échantillons prélevés ont été broyés dans un broyeur à anneaux en carbure de tungstène. Avant chaque opération, le mortier et les anneaux ont été nettoyés en effectuant un broyage de verre, puis un lavage à l'eau distillée.

III. 3. 1. 2. Choix des éléments

Des analyses au spectromètre de masse à étincelles portant sur 10 échantillons, représentant des échantillons minéralisés et non minéralisés ont été effectuées au Laboratoire de Géologie de Lyon, dans l'intention d'obtenir une première approximation de la gamme d'éléments en traces.

Cette recherche exploratrice a permis de choisir les principaux éléments contenus dans les amas de la mine de M'Passa (Cu, Pb, Zn, Fe) et d'autres éléments susceptibles d'éclairer une discussion sur la source de la minéralisation (Ag, Mo, As, Sb, Cd, Co, V, Mn. J. BOULADON 1960, Y. BESNUS, 1967).

III. 3. 1. 3. Mise en solution

Nous avons procédé à deux sortes de mise en solution selon les éléments à doser.

III. 3. 1. 3. 1. Mise en solution pour dosage de: Cu, Pb, Zn, Ag, Mo, Fe, Mn, Sb, Cd, Co, V

Une prise de 2g de la roche à analyser est attaquée dans un bécher par 20 cc d'acide nitrique pur pour analyses à 65 %, puis porté à évaporation. Le résidu est repris par 30 cc d'acide nitrique fumant et porté de nouveau à évaporation jusqu'à l'état pâteux. On reprend à froid par l'acide chlorhydrique. Après filtration, on jauge à 100 cc.

Cette méthode ne nous a pas permis d'attaquer les argiles. De la sorte, le dosage du V, contenu partiellement dans la roscoelite n'est qu'approximatif.

III. 3. 1. 3. 2. Extraction de l'arsenic

Cette deuxième méthode de mise en solution par extraction de l'arsenic à partir de la solution (attaque nitrique III. 3. 1. 3. 1.) concerne une série de 28 échantillons (fig. 21).

A 50 cc de solution prélevée, on ajoute de l'acide chlorhydrique 6N, 0,5 cc d'une solution à 10g/l de TeO_2 , 10 cc d'acide hypophosphoreux, puis on chauffe. On laisse reposer pendant douze heures. Il y a réduction de TeO_2 et de As_2O_3 et les traces d'arsenic sont entraînées par le tellure. Après filtration sur filtre "millipore" 0,22 microns, le résidu est traité avec deux ou trois gouttes d'acide nitrique suprapur "Merck" et jaugé à 10 cc.

III. 3. 1. 4. Mesures

Tous les éléments ont été dosés au spectromètre d'absorption atomique comme indiqué au paragraphe II. 1. 3. 3. Les résultats d'analyse sont consignés en annexe III.

III. 3. 1. 5. Traitement des données analytiques

Disposant des dosages de 11 éléments sur 94 échantillons de la mine de M'Passa, nous avons fait appel pour leur traitement à diverses méthodes de l'analyse statistique.

III. 3. 1. 5. 1. Traitement statistique

Le traitement statistique a été mené selon trois méthodes:

A/ Etude statistique mono et bivariable des variations de la composition chimique

a) variabilité géologique

Les moyennes et les écarts types de chaque variable ont permis de calculer la variabilité géologique σ/\bar{m} , résultant de la dispersion des valeurs analytiques liée aux phénomènes géochimiques qui ont affecté les échantillons analysés.

Si la variabilité	$0 < \sigma/\bar{m} < 0,5$	- l'élément varie peu
	$0,5 < \sigma/\bar{m} < 1$	- l'élément varie modérément
	$\sigma/\bar{m} > 1$	- l'élément varie fortement

Les valeurs de σ/\bar{m} ont permis le classement suivant:

As	Cu	Ag		Co	Mo	Mn		Pb	Sb	Cd	V	Fe	Zn
0,196	0,32	0,52		0,86	0,89	0,97		1,6	1,7	2,10	2,16	3,12	3,12

Trois groupes d'éléments peuvent être distingués:

- Cu, Ag, As variant peu
- Co, Mo, Mn variant modérément
- Sb, Cd, V, Pb, Zn, Fe variant fortement.

Les éléments des deux premiers groupes constituent la paragenèse "chaude" des failles et des abords immédiats. Ils s'opposent fortement à ceux du troisième groupe qui constituent la paragenèse dite "froide" des bancs repères.

Ces deux tendances géochimiques seront mieux précisées lors de l'étude statistique multivariable.

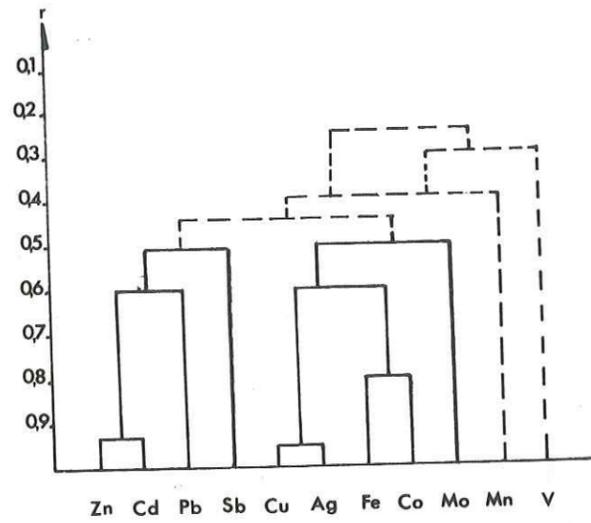


Fig.22 Dendrogramme des corrélations positives (Analyse A)

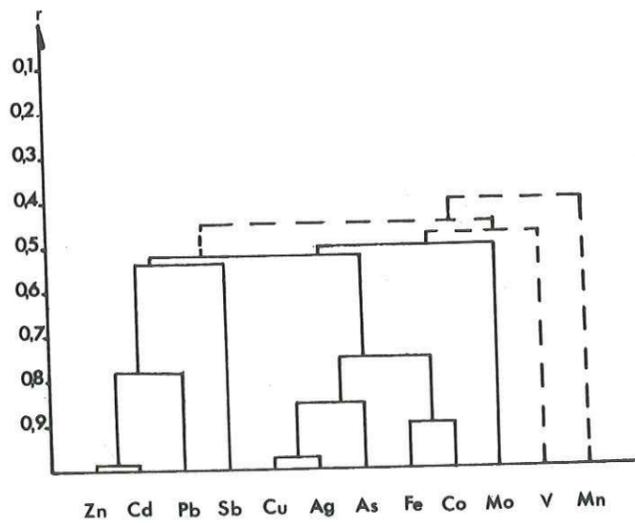


Fig.23 Dendrogramme des corrélations positives (Analyse B)

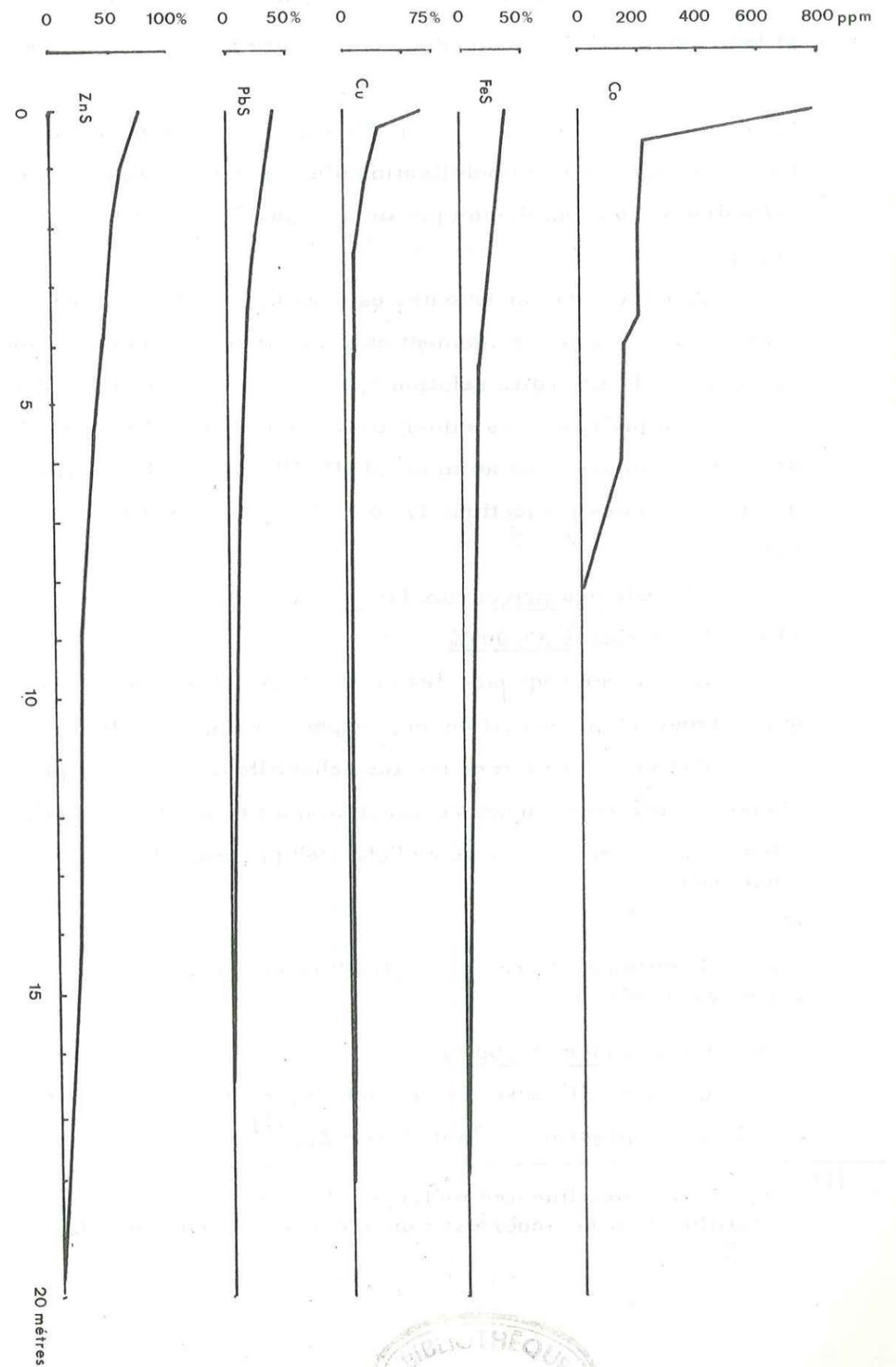


Fig.24 Variation horizontale de l'abondance de ZnS, PbS, FeS, Cu, Co



Le regroupement des éléments Cu, Ag, As, Fe, Co, Mo, V, Mn et leur relative indépendance vis-à-vis du groupement Zn, Cd, Pb, laissent penser à la présence d'une minéralisation beaucoup plus "chaude". On est tenté alors de croire qu'on a à faire soit à un télescopage de deux minéralisations, soit à une remobilisation d'une minéralisation plombo-zincifère primaire par un flux thermique lié à un jeu de failles (L. LAVILLE-TIMSIT 1976).

A notre avis, aucune de ces deux hypothèses ne convient et nous pensons qu'il y a eu simplement une variation de la composition du fluide hydrothermal. L'étroite relation spatiale entre les deux tendances (fig. 24) ainsi que la présence des minéraux de molybdène, de cobalt (safflorite) et de germanium associés au minerai (P. PICOT, G. SCOLARI 1963), ainsi que l'examen des projections factorielles qui suivent confirment cette hypothèse.

b) Etude des principaux facteurs (tableaux XVI, XVII)

1) Axe 1 - variance 30,00 %

Ce facteur regroupe les éléments Ag, Cu, Mn, Fe, Co, V, Mo qui se trouvent en opposition au groupement Pb, Zn, Sb, Cd.

Cet axe discrimine bien les échantillons étudiés et permet de visualiser les deux tendances géochimiques rencontrées à M'Passa:

- les échantillons à paragenèse "chaude" prélevés dans les failles d'une part

et

- les échantillons à paragenèse plus "froide" prélevés dans les bancs repères, d'autre part.

2) Axe 2 - variance 20,00 %

Cet axe fait ressortir une nette opposition entre les phases géochimiques en présence et la distance X_m . (1)

(1) Indique l'abscisse linéaire métrique et permet de positionner chaque échantillon du banc repère sur un axe ayant pour origine le milieu de la faille

Tableau XVI: Projection et qualité de la représentation des composantes principales dans les analyses sur échantillons: Analyse A: 72 échantillons
12 variables

	1	2	3	4	5
1	Cd= -0.6812 (0.4640) Zn= -0.6586 (0.4337) Pb= -0.5548 (0.3079) Sb= -0.4050 (0.1649) X= -0.3780 (0.1429) Ag= 0.4037 (0.1630) Mn= 0.4709 (0.2217) V= 0.4816 (0.2319) Mo= 0.4982 (0.2482) Cu= 0.5634 (0.3175) Fe= 0.6370 (0.4058) Co= 0.7065 (0.4991)	Zn= -0.6598 (0.4353) Cd= -0.6275 (0.3938) Pb= -0.5752 (0.3309) Ag= -0.5255 (0.2761) Sb= -0.4880 (0.2381) Co= -0.4343 (0.1886) Fe= -0.4235 (0.1793) Cu= -0.4157 (0.1723) Mo= -0.3122 (0.0974) Mn= -0.0944 (0.0089) V= -0.0037 (0.0000) X= 0.4185 (0.1752)	Fe= -0.4370 (0.1910) Co= -0.3893 (0.1516) V= -0.3231 (0.1044) Mo= -0.2046 (0.0419) Mn= -0.2629 (0.0412) Pb= -0.1641 (0.0269) Zn= -0.1088 (0.0118) Cd= -0.1026 (0.0105) Sb= -0.0055 (0.0000) X= -0.0087 (0.0001) Cu= 0.6330 (0.4665) Ag= 0.7298 (0.5326)	Mo= -0.5944 (0.3533) X= -0.4340 (0.1883) Co= -0.1427 (0.0204) Fe= -0.0334 (0.0011) Cd= -0.0274 (0.0008) Zn= -0.0040 (0.0000) Ag= 0.0040 (0.0000) Mn= 0.0056 (0.0000) Cu= 0.0190 (0.0004) Pb= 0.0436 (0.0019) Sb= 0.1365 (0.0186) V= 0.6180 (0.3819)	Fe= -0.2937 (0.0862) V= -0.1116 (0.0125) Pb= -0.0920 (0.0085) Co= -0.0825 (0.0068) Cu= -0.0645 (0.0042) Cd= -0.0438 (0.0019) X= -0.0431 (0.0019) Ag= -0.0128 (0.0002) Zn= -0.0099 (0.0001) Mo= 0.0358 (0.0013) Sb= 0.3637 (0.1323) Mn= 0.1190 (0.6068)
% variance	30,00	20,80	13,15	8,06	7,19
variance cumulée	30,00	50,80	63,96	72,02	79,21

Tableau XVII : Projection et qualité de la représentation des composantes principales dans les analyses sur les échantillons : Analyse B: 28 échantillons
13 variables

Axes	1	2	3	4	5
1	CD = -0.7005 (0.4908) Zn = -0.6853 (0.4697) Pb = -0.6178 (0.3816) X = -0.5000 (0.2501) Sb = -0.2867 (0.0711) As = -0.4248 (0.1721) Mn = 0.4188 (0.1754) V = 0.4723 (0.2230) Mo = 0.4841 (0.2343) Ag = 0.6570 (0.4317) Fe = 0.6789 (0.609) Co = 0.7064 (0.4991) Cu = 0.7387 (0.5457)	Ag = -0.7125 (0.5076) As = -0.6612 (0.4372) Cu = -0.6244 (0.3899) Zn = -0.5800 (0.3364) Cd = -0.5547 (0.3077) Pb = -0.4795 (0.2299) Sb = -0.3382 (0.1144) Mo = -0.0495 (0.0025) Co = -0.0204 (0.0004) Fe = 0.0311 (0.0010) Mn = 0.1680 (0.0282) V = 0.1765 (0.0312) X = -0.2104 (0.0443)	Co = -0.6012 (0.3614) Fe = -0.5523 (0.3051) As = -0.4087 (0.1670) Cd = -0.3793 (0.1439) Mo = -0.3596 (0.1293) V = -0.3410 (0.1163) Pb = -0.3094 (0.0957) Sb = -0.2670 (0.0713) Mn = -0.1925 (0.0371) Cu = 0.1909 (0.0364) Ag = 0.1909 (0.0364) X = 0.2160 (0.0467) Zn = 0.6000 (0.3600)	X = -0.5788 (0.3350) Pb = -0.2810 (0.0789) Co = -0.2078 (0.0432) Mo = -0.1723 (0.0297) Fe = -0.1427 (0.0204) Cd = -0.1082 (0.0117) Cu = -0.0993 (0.0099) Ag = -0.0991 (0.0098) Zn = -0.0418 (0.0018) Mn = -0.0134 (0.0002) As = -0.0264 (0.0007) V = 0.1953 (0.0381) Sb = 0.7479 (0.5594)	V = -0.5872 (0.3448) Fe = -0.2393 (0.0573) Pb = -0.1053 (0.0111) As = -0.0932 (0.0087) Cd = -0.0330 (0.0011) Co = -0.0076 (0.0001) Cu = -0.0071 (0.0001) Zn = -0.0037 (0.0000) Ag = -0.0387 (0.0015) X = 0.0592 (0.0035) Sb = 0.2347 (0.0551) Mo = 0.4769 (0.2274) Mn = 0.5700 (0.3248)
% variance	33.89	18.70	14.67	8.76	7.96
% variance cumulée	33.89	52.59	67.26	76.32	74.18

Autrement dit, nous retrouvons des plus fortes concentrations près des failles, quelle que soit la paragenèse. Ceci implique un type de liaison spatiale entre les deux minéralisations connues à M'Passa. Il existe vraisemblablement à M'Passa un seul phénomène minéralisateur, et probablement une seule phase, le deuxième type de minéralisation dériverait de la première dite "chaude".

3) Axe 3 - variance 13 %

Cet axe permet de mettre en évidence quelques échantillons riches en Cu et Ag, qui s'opposent aux fortes teneurs en Fe et Co. Il est complémentaire de l'axe 1.

Sur le plan des axes 1 et 3, on peut donc lire un certain partage du cuivre: une partie suit la minéralisation "chaude" sulfurée et l'autre (bien moindre, puisque ce facteur n'apparaît qu'avec 13 % de la variance contre 30 % pour le premier), s'individualise avec une minéralisation argentifère (tennantite).

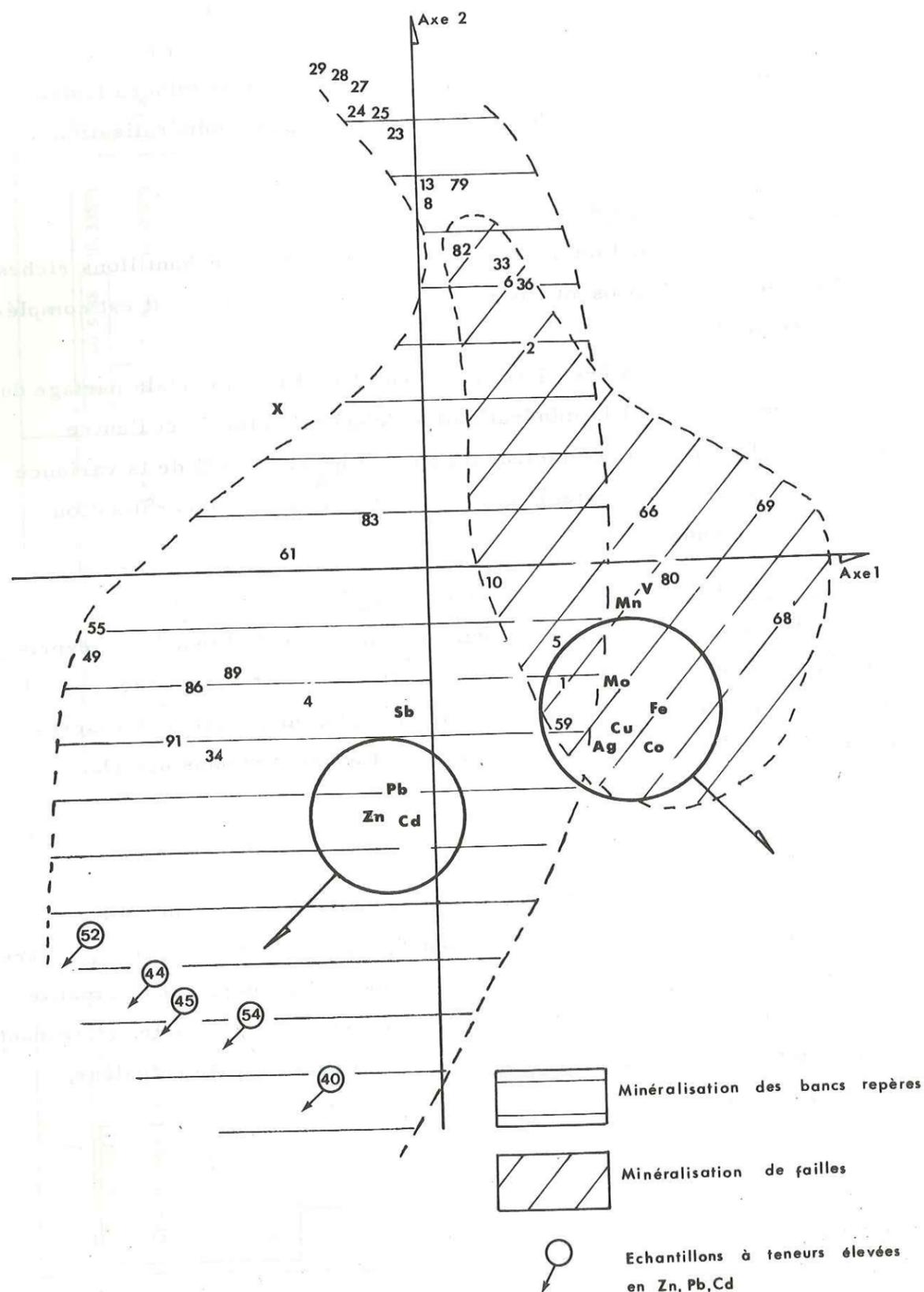
4) Axe 4 - variance 8 %; Axe 5 - variance 7 %

Le faible poids de ces facteurs (moins de 10 % de variance exprimée sur chacun des axes) n'autorise pas d'interprétation précise: ces deux facteurs aident cependant à décrire les plus fortes teneurs respectivement en V et Mn, qui se présentent tout aussi bien dans une phase que dans l'autre.

5) Conclusion

L'analyse des axes met en évidence deux types de minéralisation: une minéralisation de faille, dite "chaude", exprimée en chalcocite, cuivre gris, chalcopyrite, pyrite, safflorite, molybdénite, mispickel, marmatite, galène et une minéralisation "froide" de paragenèse plus simple, s'étendant plus largement dans les bancs repères et qui est exprimée en galène, blende et pyrite.

Fig.25 Projection des échantillons et des variables sur le plan des facteurs 1 et 2



Il apparaît ainsi une loi de distribution des éléments au voisinage du filon. En effet, la proximité de ce dernier est marquée par de fortes teneurs en Pb, Zn qui deviennent de moins en moins abondantes quand on s'éloigne de la faille dans le banc repère. Le cobalt, le cuivre et le molybdène diffusent peu dans le banc et se cantonnent dans et aux abords de la faille.

c) Projection des échantillons et des variables sur les plans des facteurs.

1) Les communautés

Le calcul des communautés (II.1.4.2. -B) nous a permis de distinguer les plans factoriels discriminant le mieux les regroupements (tableau XVI XVII).

Les pôles de différenciation des différents projections sont: pour l'analyse de tous les échantillons (As n'étant pas pris en compte)

- plan des facteurs 1, 2:

$\boxed{\text{Cd, Zn, Pb, Sb, Ag, Mo, Cu, Fe, Co}}$

Mn, V sont partiellement discriminés sur ce plan.

pour l'analyse des échantillons sur lesquels As a été dosé:

- plan des facteurs 1, 2:

$\boxed{\text{Cd, Zn, Pb, Sb, As, V, Mo, Ag, Fe, Co, Cu}}$

2) Interprétation des projections sur les plans des facteurs

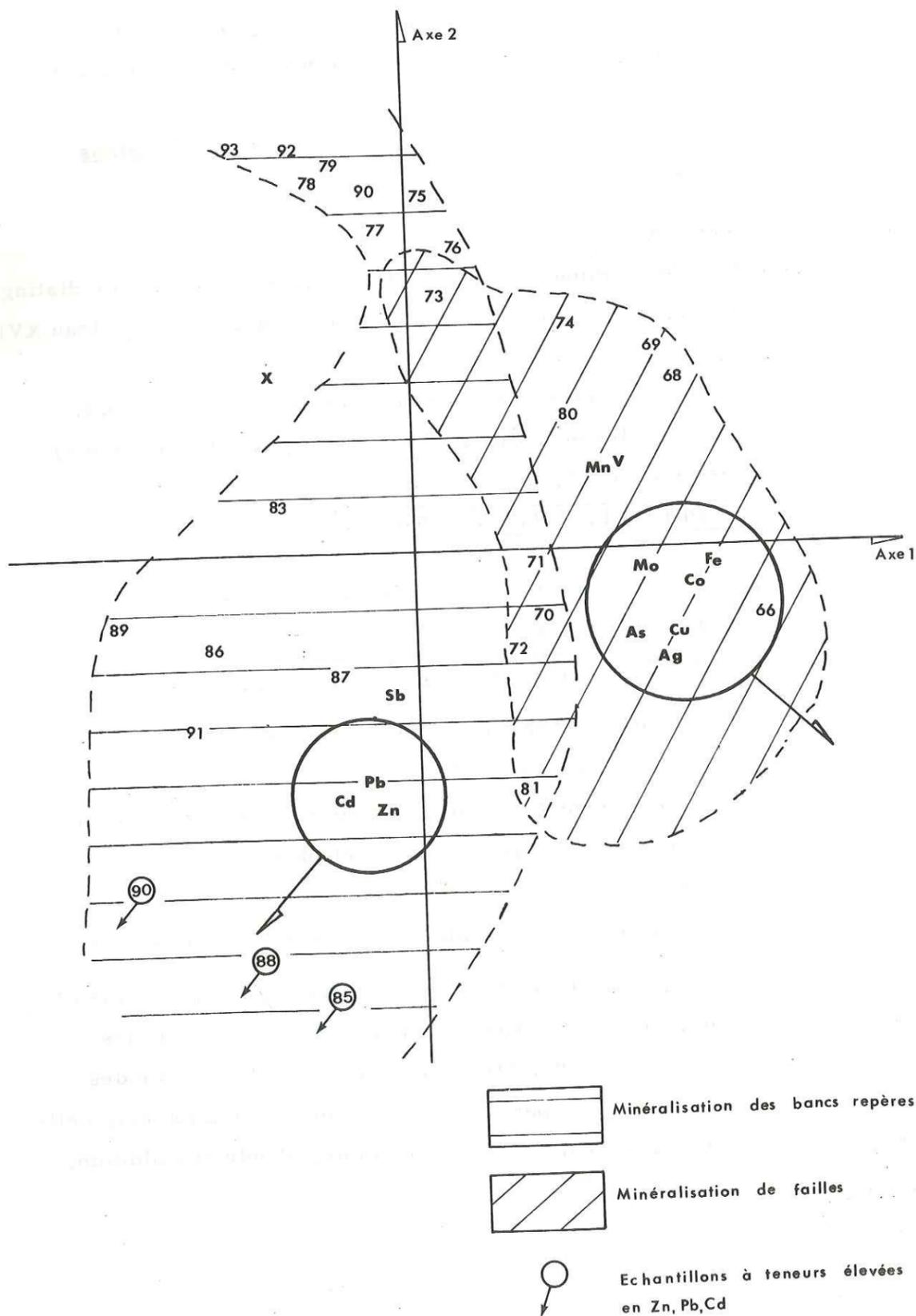
- plan des facteurs 1, 2 (fig. 25):

Cette projection permet de distinguer deux pôles de différenciation:

- . l'un correspondant à la minéralisation dite "chaude" liée étroitement aux failles et cassures;
- . le second correspondant à la minéralisation "froide" des bancs repères.

Le nuage des échantillons des bancs repères est un peu déformé par la présence du pôle Pb, Zn, Cd important, matérialisé par les échantillons minéralisés MP 91, MP 34, MP 4 etc. L'ensemble des échantillons est décalé par rapport à l'axe de la minéralisation originelle (chaude) car ils sont fortement enrichis en galène, blende et cadmium.

Fig.26 Projection des échantillons et des variables sur le plan des facteurs 1 et 2



Les deux nuages se chevauchent, et celui des bancs repères peut contenir des traces de minerai "chaud", expliquant ainsi la présence d'un axe dirigé vers les variables Cu, Co, Ag, Mo, Fe. En effet, les observations dans la mine montrent que la tennantite, la safflorite et la molybdénite se développent souvent dans les bancs repères à proximité des failles. Ceci expliquerait que les deux tendances soient indépendantes l'une de l'autre dans l'état final, mais aient une source commune.

Cette projection montre aussi que les échantillons cadmifères sont nettement discriminés et se répartissent dans les bancs repères (éch. MP 54, 52, 44, 45, 40). L'observation des sections polies montre que la blende est claire, en comparaison avec celle des failles de couleur beaucoup plus foncée.

En conclusion, cette projection est surtout utile pour la compréhension de la distribution de la blende cadmifère dans le gisement. Elle montre nettement la relation étroite existant entre le cadmium et la blende et, de plus, permet une appréciation exacte de la liaison entre les deux minéralisations.

- plan des facteurs 1', 2 (fig. 26)

L'étude de ce plan a pour but de situer l'arsenic dans les phases en présence, précédemment exprimées. Il est construit à partir de 28 échantillons (fig. 21).

Ce plan est identique au précédent. Par contre, du fait de l'introduction de la variable As, le facteur 1' diffère légèrement du facteur 1.

La prise en compte des valeurs obtenues pour l'arsenic fait apparaître, lors du traitement statistique que cet élément se place dans le groupe Ag, Cu, Fe, Co, Mo, V, pôle orthogonal au groupe Pb, Zn, Cd. L'arsenic se place donc dans la paragenèse "chaude", ce qui confirme les conclusions précédentes.

De son côté, l'antimoine se trouve ici entre ces deux groupes comme s'il était partagé entre les deux tendances principales. Ce dernier peut être exprimé sous forme de stibine dans les zones "froides" de la mine.

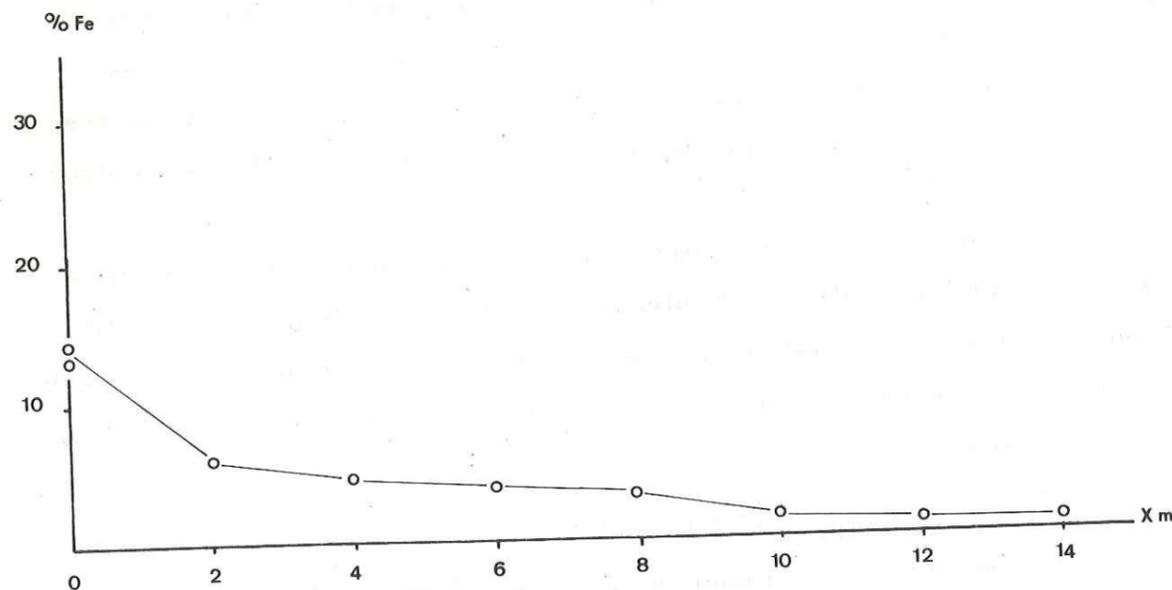


Fig. 27 Variation de la teneur en fer des blendes de la faille aux bancs repères

On a aussi une première confirmation que le pôle Pb, Zn, Cd "froid", n'est rien d'autre qu'une différenciation du pôle Cu, Mo, As, Ag, Co, Fe "chaud".

Il a donc été recherché un géothermomètre qualitatif permettant de montrer un passage continu entre les failles et les bancs repères. Nous avons utilisé celui basé sur la teneur en fer des blendes.

C) Dosage du fer dans les blendes de M'Passa

Certaines blendes de M'Passa sont brunes, d'autres sont claires. Chaque catégorie se remplace spatialement dans le corps minéralisé: la première dans le filon et la seconde dans les bancs repères. L'examen sous binoculaire des blendes triées révèle cette hétérogénéité.

La détermination de la teneur en fer des blendes a été effectuée au spectromètre d'absorption atomique pour deux échantillons prélevés dans la faille et sept dans le banc repère inférieur. Les résultats sont présentés dans le tableau XVIII.

n° échant.	MP 80	MP 81	MP 83	MP 85	MP 86	MP 87	MP 88	MP 89
teneur en fer								
Fe %	13,2	6,1	4,7	4,2	3,6	1,3	1,3	0,9
Xm (mètre)	0	2	4	6	8	10	12	14

Tableau XVIII : Résultats analytiques des teneurs en fer des blendes triées.

Le dosage du fer des blendes ne permet certes pas à lui seul de tirer des conclusions génétiques (A. BERNARD, FOGLIERINI, 1964), ni de déterminer la température de formation (M. BESSON, 1969), mais visualise le fort gradient thermique existant dans les bancs repères de la mine de M'Passa à partir de la faille (fig. 27). Ce gradient thermique entraîne une baisse de la teneur en fer caractérisant la température de cristallisation des blendes (loi d'autopurification des blendes, R. SABRIER 1974).

A titre de comparaison, une blende du gisement pneumatolytique wolframifère de Panasquiera (Portugal) accuse une teneur en fer de l'ordre de 13,9 %.

En revanche, une blende du gisement de basse température du plateau des lacs de Laffrey (France) dans des calcaires, accuse une teneur en fer de 1,2 %.

D Conclusion

L'étude factorielle nous a permis de visualiser les relations entre un grand nombre de phénomènes métallogéniques majeurs et mineurs. Son interprétation a permis d'obtenir une image synthétique et claire des principaux caractères géochimiques des phases en présence.

L'examen des axes et des plans confirme l'existence d'une continuité géochimique entre les failles et les bancs repères. La précipitation du minerai de la mine de M'Passa, sous forme de lentilles étroites et très circonscrites dans les bancs repères, suggère un contraste physico-chimique, entre les fluides minéralisateurs et les bancs repères, entraînant la déstabilisation des complexes contenus dans le fluide et la précipitation des sulfures. Les baisses de température et de pression sont deux facteurs importants de déséquilibre.

L'examen détaillé des coupes d'isovaleurs de la projection de chaque individu sur les deux premiers axes pour les deux analyses présentées dans les figures 28, 29, 30, 31 soulignent bien à cette échelle l'origine des concentrations de métaux lourds à partir de la faille et non à partir des bancs (A. GUILLAUME, 1977). Par conséquent un phénomène épigénétique per ascensum paraît bien plausible.

E/ Etude des diagrammes de corrélation

La recherche de corrélation entre la répartition d'un couple d'éléments permet d'atteindre les conditions de leur formation, dictée par des lois thermodynamiques de la précipitation et de l'entraînement. Les corrélations obtenues peuvent être reliées aux paramètres ayant

réglé l'évolution des phénomènes minéralisateurs (MICHARD G., TREUIL M., 1969).

Si deux éléments varient dans le même sens (corrélation positive), le coefficient de corrélation relatif à ces deux éléments sera proche de 1. Nous considérons cette corrélation comme satisfaisante et correspondant à une entité minéralogique connue si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,5 (G. MICHARD, M. TREUIL 1974; Y. BESNUS, Ch. MOSSER 1976).

Si, par contre, ils sont distribués de façon quelconque, donc indépendants l'un par rapport à l'autre, le coefficient de corrélation doit avoir une valeur faible, proche de zéro, $0,1 < r < 0,4$

Parmi les corrélations qui apparaissent, certaines peuvent être explicitées sans ambiguïté d'après la connaissance minéralogique de la minéralisation.

Les diagrammes de corrélation ont été tracés pour tous les couples que l'on peut former entre les divers éléments dosés, et nous présentons ici, ceux donnant un nuage de points de morphologie intéressante et surtout permettant de proposer des conclusions utilisables directement.

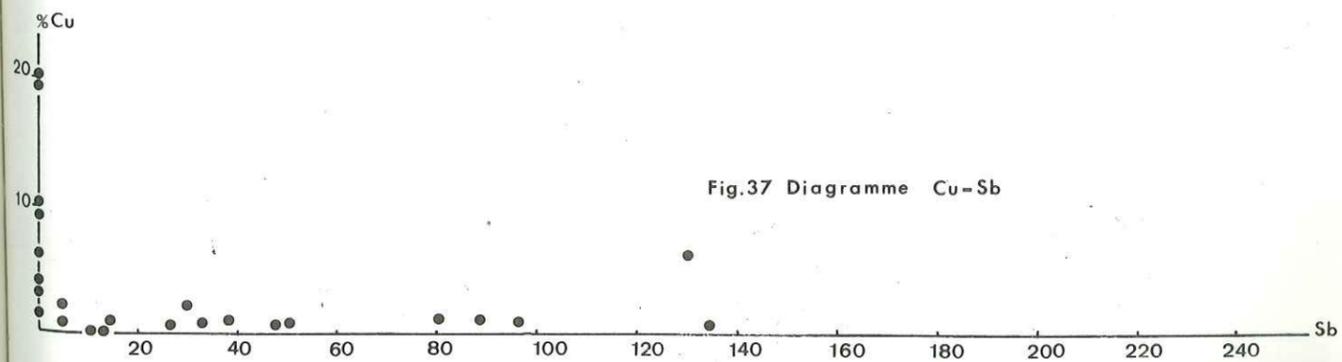
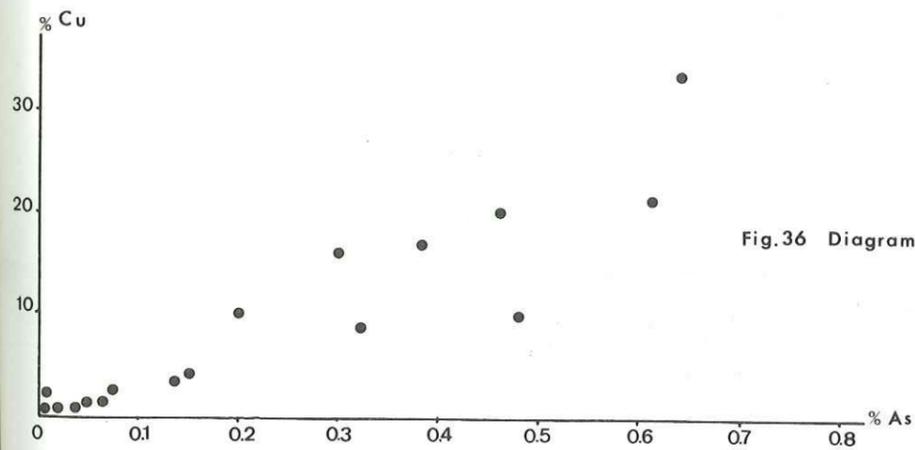
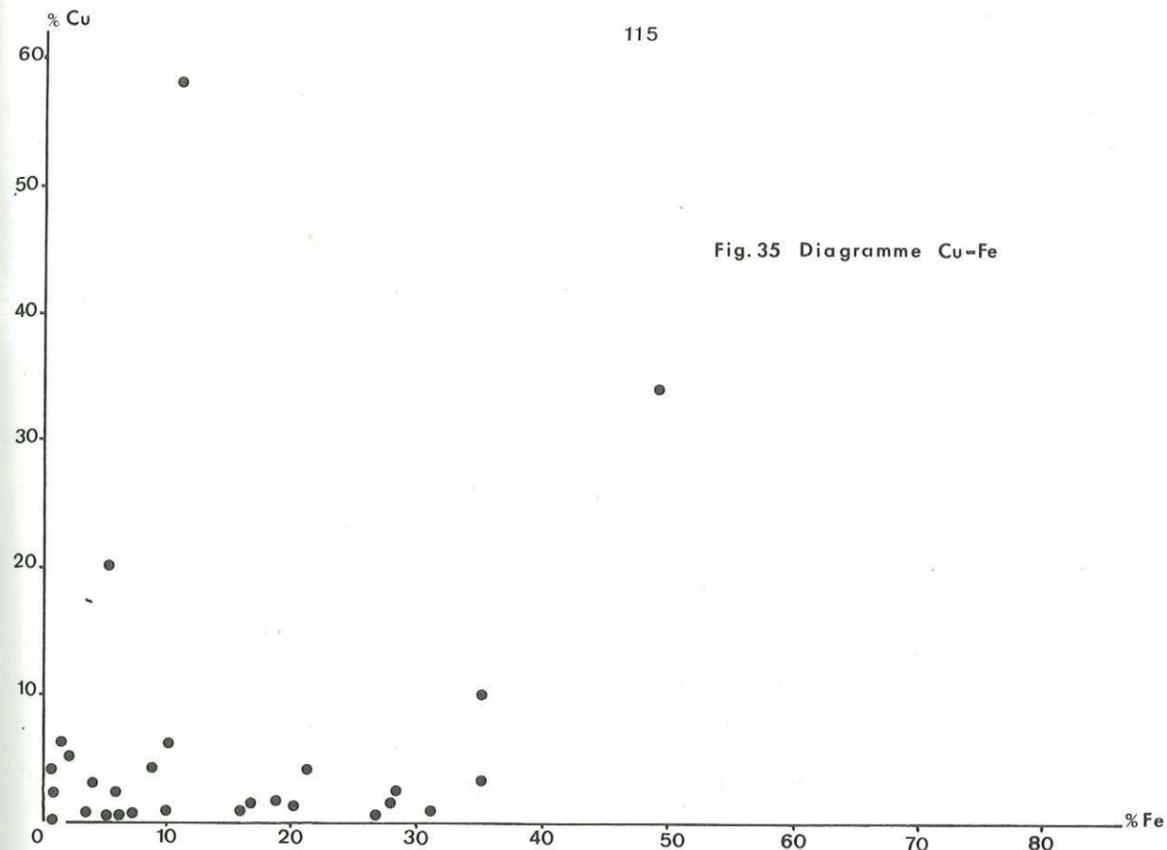
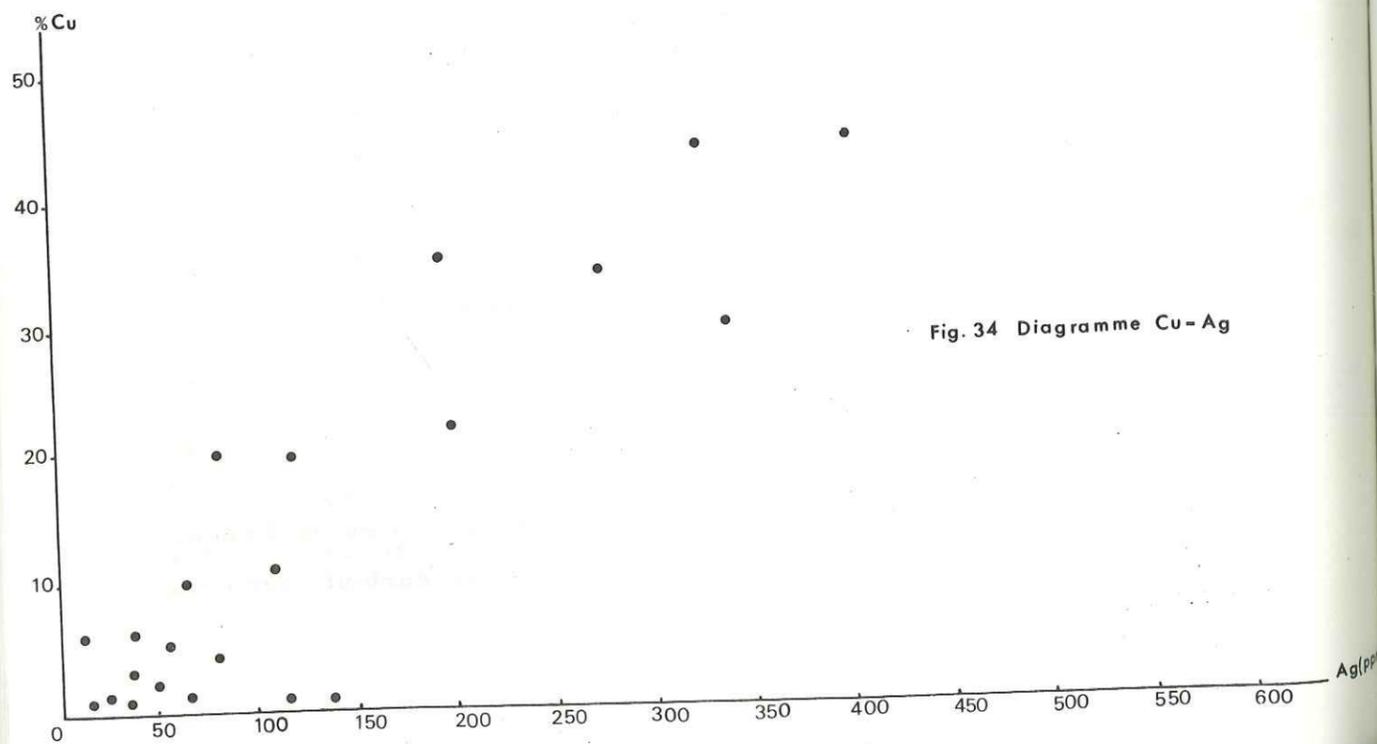
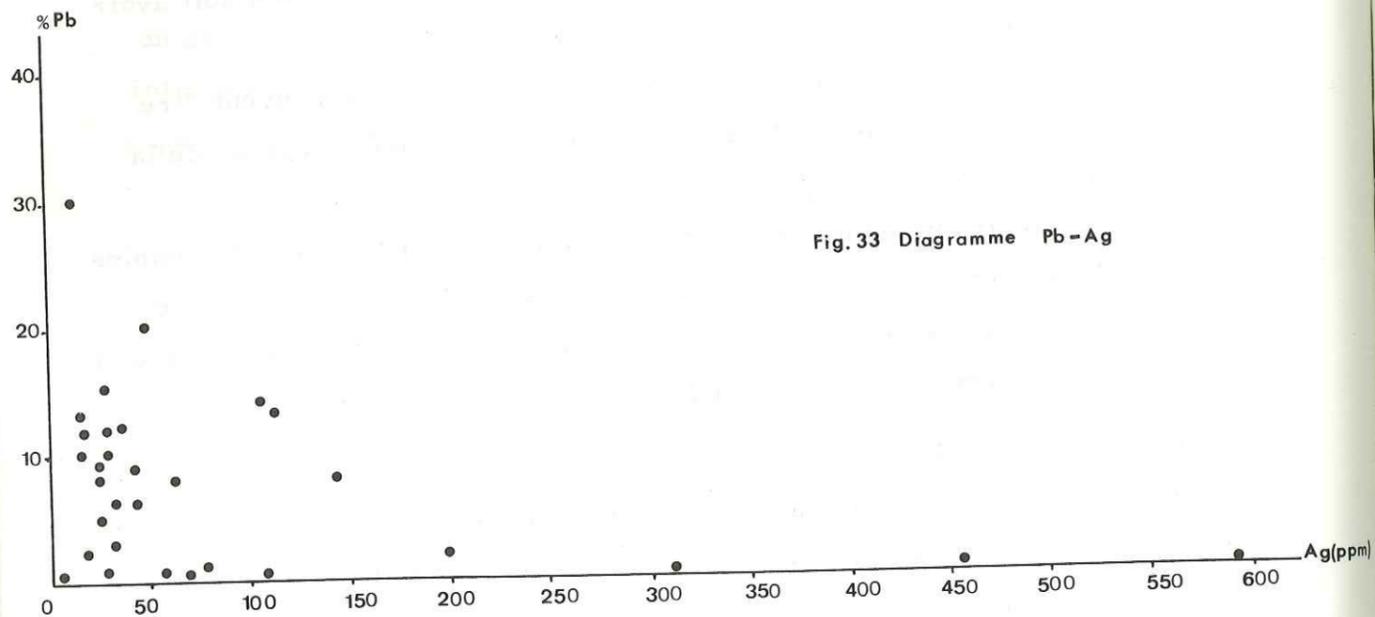
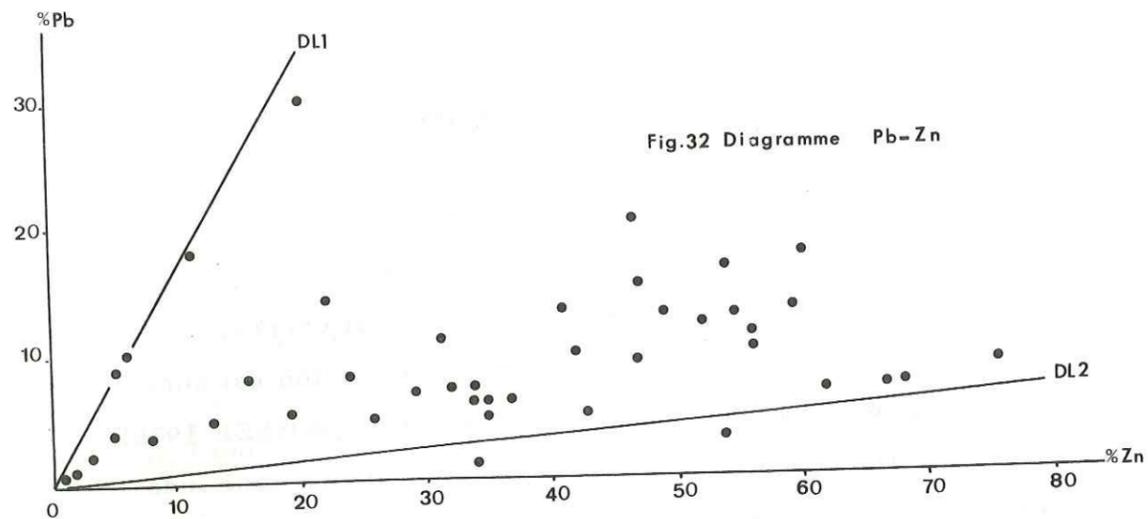
. Plomb-Zinc (fig. 32)

Le diagramme Pb-Zn construit à partir des teneurs mesurées montre une bonne corrélation ($r=0,658$) qui se traduit par un rassemblement de points entre deux droites DL_1 et DL_2 .

La première dont la pente est de $Pb/Zn = 0,1$ correspond bien à une limite nette mais la valeur de limite de la seconde $Pb/Zn = 1,6$ est moins nette; ceci peut s'interpréter de la façon suivante: Pb et Zn se partagent entre deux phases géochimiques distinctes, mélangées en proportions variables. Leurs proportions dans ces deux phases sont de $Pb/Zn = 0,1$ dans l'une et de $1,6$ dans l'autre. Les échantillons situés au voisinage des droites limites sont ceux où prédomine une de ces deux phases.

. Pb-Ag, Cu-Ag (fig. 33, 34)

Le problème de la localisation minéralogique de l'argent est mal connu pour beaucoup de minerais argentifères du moins, et surtout pour ceux



de la mine de M'Passa. Du diagramme Pb-Ag (fig. 33), il est intéressant de remarquer qu'une corrélation semble se dessiner pour des teneurs faibles d'argent et de plomb. La quantité d'argent susceptible d'être admise dans le réseau de la galène est donc négligeable (RAMDOHR P., 1960).

En outre, un seul cas est possible pour lequel cette quantité peut être importante: celui d'une solution solide, la schapbachite (Pb S - Ag Bi S₂). Ce cas implique des teneurs égales de bismuth et d'argent dans la galène (ARNOULD M., LAUZAC F., TOURNAY J.C., 1974).

Bien que nous n'ayions pas dosé de bismuth, il semble que ce dernier n'ait pas été trouvé à M'Passa (G. SCOLARI, 1965; P. PICOT, 1963), ce qui exclut la présence de la schapbachite à M'Passa.

Par contre, la corrélation très nette Cu-Ag (fig. 34) et $r = 0,986$ permet de conclure que ces deux éléments y sont exprimés dans un porteur unique lequel peut être identifié comme la freibergite ou un autre minéral de cuivre.

. Fe-Cu (fig. 35)

L'examen de cette figure montre une corrélation mineure entre ces deux éléments. On peut en conclure, à la suite d'ailleurs des observations de P. PICOT, G. SCOLARI, G. TROLY 1963, qu'il y a peu de chalcopryrite exprimée. Effectivement, cette dernière est toujours associée à la pyrite autour de laquelle elle forme de simples liserés.

De la sorte, si le cuivre ne se trouve pas dans la chalcopryrite, il doit se trouver dans la chalcocite ou le cuivre gris.

Nous allons donc rechercher s'il existe des corrélations entre Cu-As et Cu-Sb.

. Cu-As (fig. 36)

La nette corrélation $r = 0,829$ qui ressort du diagramme montre qu'il y a présence d'une variété de cuivre gris à arsenic dominant, la tennantite. Ceci est confirmé par l'absence de corrélation entre Cu et Sb (fig. 37).

L'argent, pour des teneurs fortes, se trouve dans la tennantite, ce qui confirme la corrélation très nette Ag-As, $r = 0,843$ (fig. 38), et la forte corrélation Cu-Ag (fig. 34).

L'antimoine, par contre, apparaît légèrement corrélié avec le zinc ($r = 0,446$). Mais aucun minéral caractéristique de ces deux éléments n'étant connu, il est probable que l'antimoine existe sous forme de stibine dans les parties "froides" du gisement de M'Passa.

. Fe-Co (fig. 39)

Ce diagramme montre une corrélation très nette entre ces deux éléments ($r = 0,851$). Le cobalt peut donc se trouver dans le réseau de la pyrite ou dans un sulfoarséniure de fer et non dans un minéral de cuivre (fig. 40). Pour le voir, nous allons étudier les corrélations Fe-As, Co-As.

. Fe-As (fig. 41)

Le diagramme de corrélation Fe-As montre pour l'ensemble (Analyse B) une corrélation positive ($r = 0,635$). Les teneurs fortes en fer et arsenic dosées dans les failles de la mine de M'Passa permettent de mettre en évidence la présence du mispickel (photos 1, 2 - planche II) signalée d'ailleurs par P. PICOT, G. SCOLARI, TROLY G., 1963.

. Co-As (fig. 42)

On observe une assez forte corrélation positive ($r = 0,770$). La découverte sur l'échantillon MP 71 d'érythrite permet de penser que la safflorite ou le glaucodot sont présents à M'Passa.

. As-Cd (fig. 43)

Cette corrélation est surprenante car nous ne connaissons aucun minéral à la fois arsénifère et cadmifère.

Le tableau XV montre l'existence de bonnes corrélations entre Zn/Cd (0,991) et As/Cd (0,536). La valeur très faible du coefficient de corrélation du couple Zn/As (0,138) exclut la possibilité d'un porteur unique contenant Zn, As et Cd.

La corrélation Zn-Cd s'explique par la présence classique de ce dernier dans les blendes.

Cependant, la bonne corrélation du cadmium et de l'arsenic montre qu'il existe une distribution régie par un coefficient de partage non nul entre la blende et les phases arsenicales.

PLANCHE II

Photo 1

Microphotographie de minerai plombo-zincifère de M'Passa. (section, lumière réfléchie x150). Entre deux plages de blende, les cristaux de pyrite (P) et de mispickel (A) sont cimentés par la tennantite.

Photo 2

Microphotographie de minerai plombo-zincifère de M'Passa. (section polie; lumière réfléchie x150). Les cristaux de pyrite (P) et de mispickel (A) sont riches dans la blende, la tennantite et la dolomite.

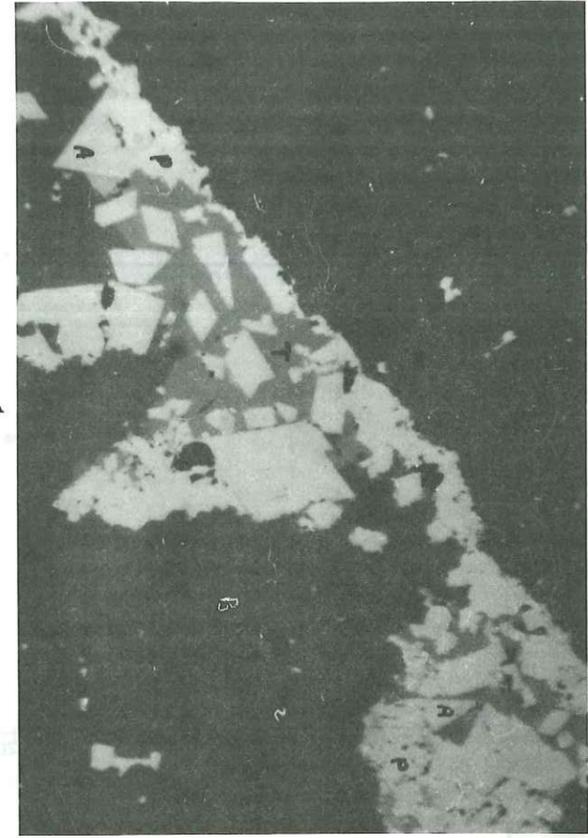
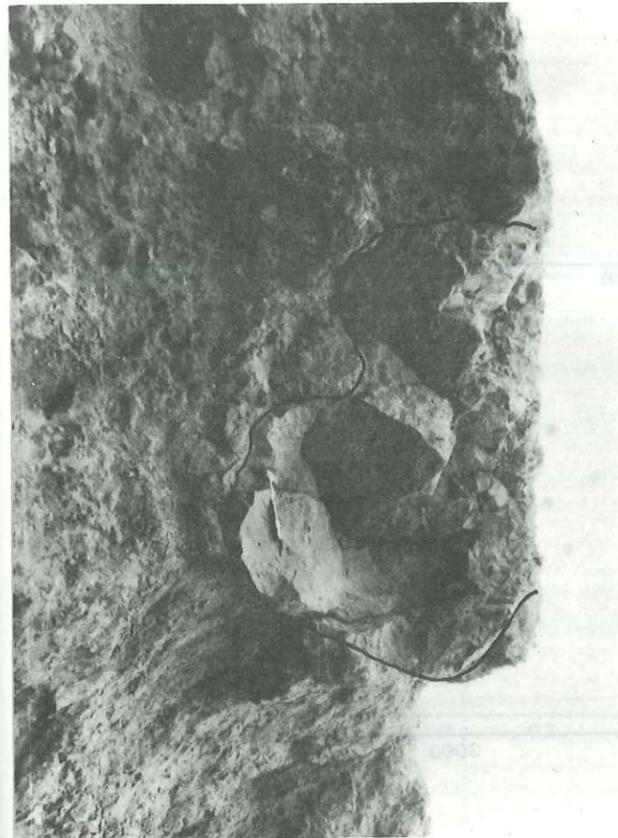
Photo 3

Aspect d'une brèche d'effondrement dans le gisement de Djenguélé. Gros bloc de chalcosite.

Photo 4

Aspect d'une brèche d'effondrement dans le gisement de Djenguélé. Sous le marteau, bloc de galène et blende.

=====



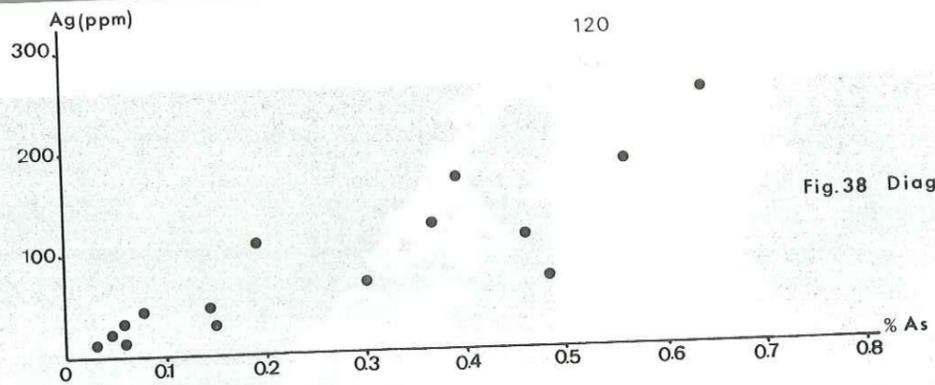


Fig. 39 Diagramme Fe-Co

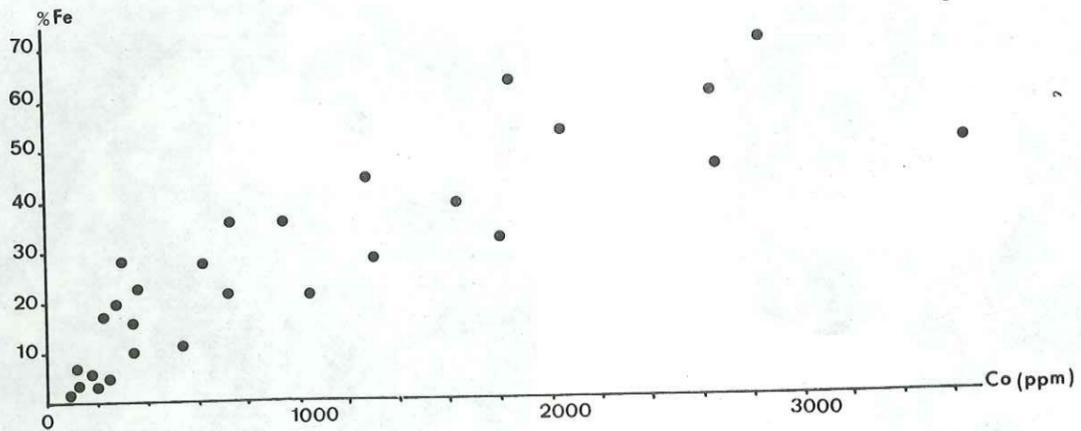


Fig. 40 Diagramme Cu-Co

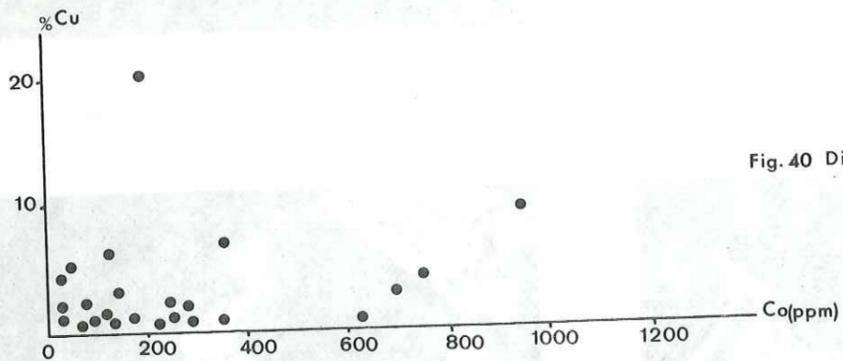


Fig. 41 Diagramme Fe-As

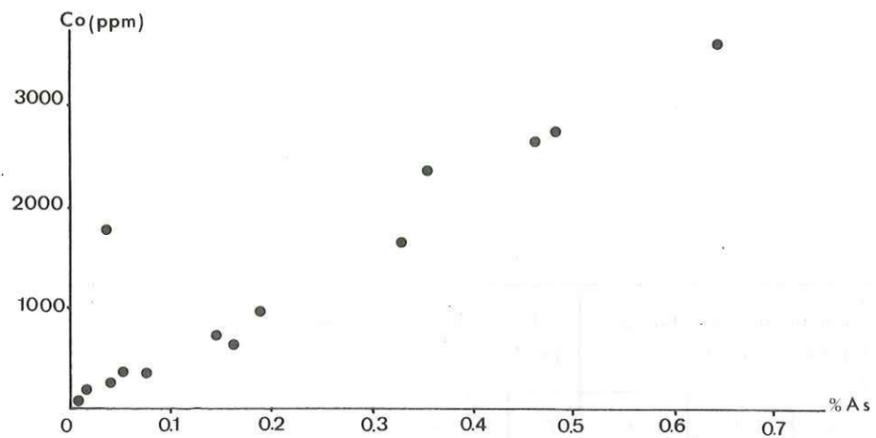
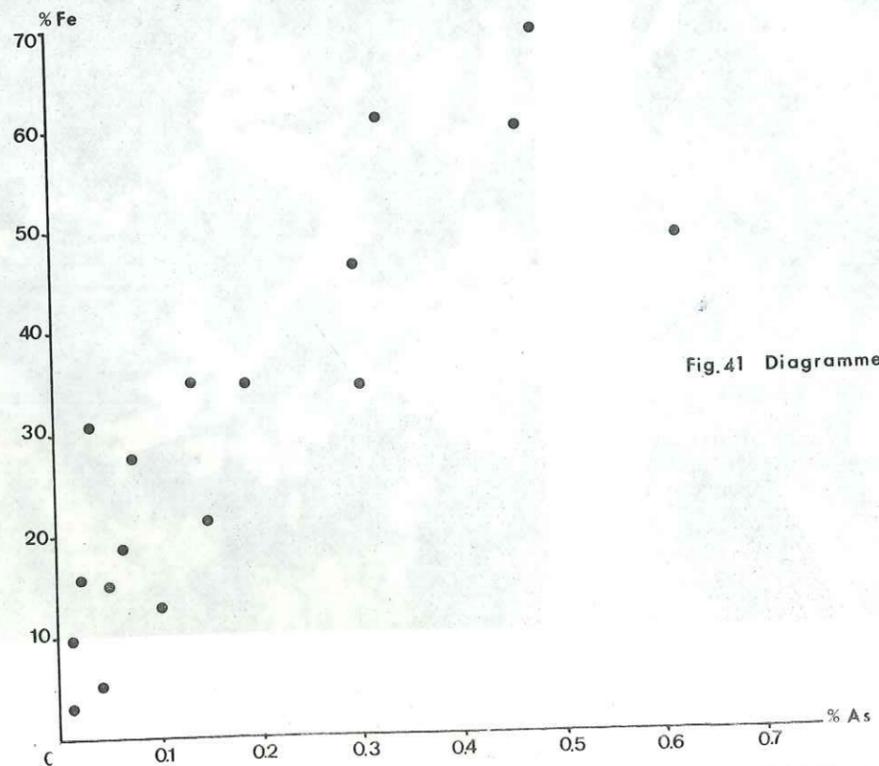


Fig. 43 Diagramme Cd-As

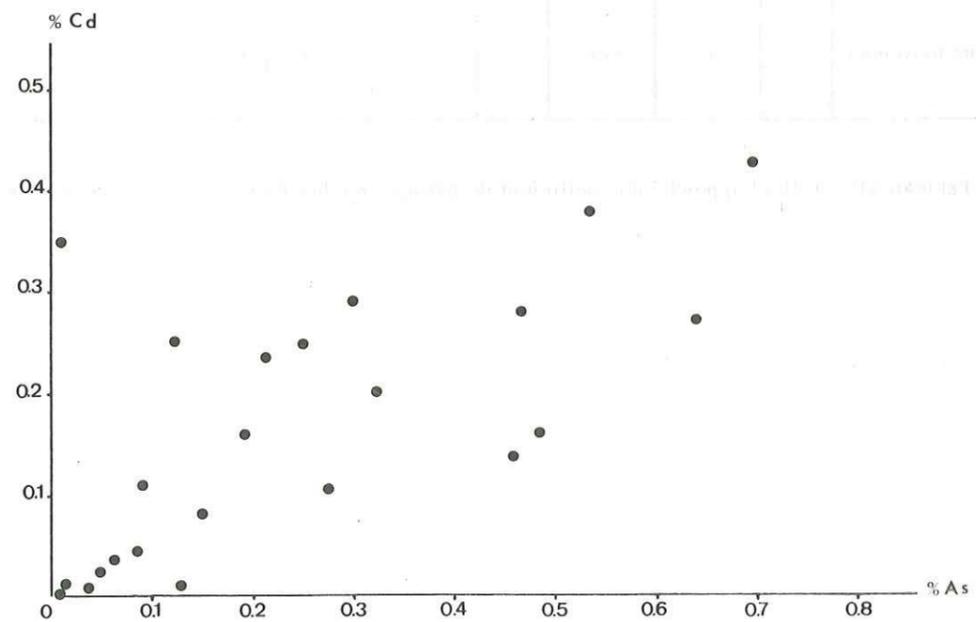
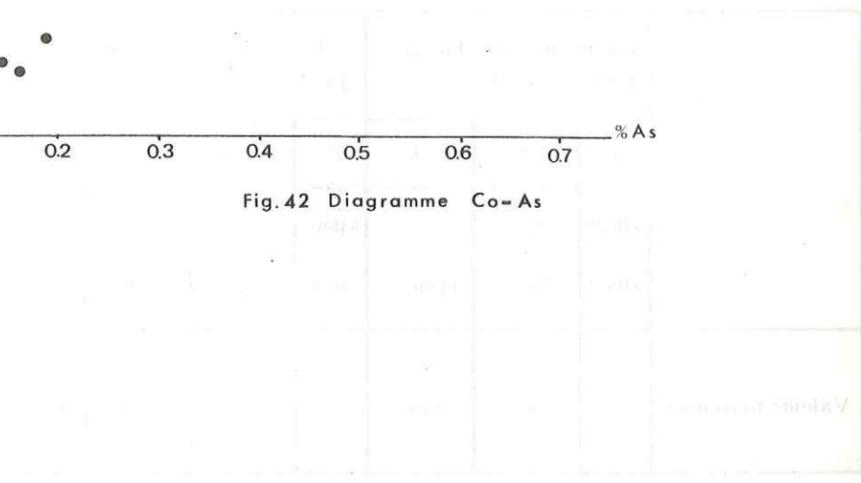


Fig. 44 Diagramme Co-As



	Echantillons des blendes pauvres en Cd			Echantillons des blendes pauvres en As			Valeurs moyennes
	n°	Cd	As	n°	Cd	Zu	
	MP68	42	572	MP82	2	724	$X = \text{Cd} / \text{As} = 0,057$
	MP69	58	1180	MP66	3,5	623	$Y = \text{Cd} / \text{Zn} = 0,004$
Valeurs moyennes		50	876		2,75	673,5	$K = \frac{x}{y} = 14,25$

Tableau XIX : Calcul approché du coefficient de partage (K) du Cd et de l'As dans des blendes

En supposant que les phases présentes soient en équilibre thermodynamique, ceci laisse soupçonner l'existence d'un composé réunissant As et Cd: le mispickel pourrait constituer le minéral porteur du Cd.

Nous avons calculé, avec les données analytiques sur les blendes, triées, le coefficient de partage K. Il est égal à 14,25 (tabl. XIX).

Il est à noter que M. ARNOULD et al. 1974 ont déjà relevé l'existence d'un coefficient de partage du Cd entre la blende et le mispickel égal à 17,24.

Le fait que le coefficient de partage calculé par M. ARNOULD et al. 1974 dans un cas similaire soit sensiblement égal à celui que nous avons obtenu montre qu'il y a une forte probabilité pour que dans les deux cas, les couples minéralogiques blende-mispickel soient en équilibre thermodynamique, les conditions physico-chimiques étant identiques dans les deux cas. Ceci nous permet de dire que les formations de la blende et du mispickel dans le filon sont synchrones.

. Mo-Co (fig. 44)

Ce diagramme fait apparaître deux populations:

- la première se regroupe vers l'origine et ne présente aucune corrélation entre Co et Mo. Elle se caractérise par la présence de deux sulfures primaires: la molybdénite, signalée par P. PICOT 1963 et le sulfoarséniure de cobalt, le glaucodot ou la safflorite.

- la deuxième population est caractérisée par une nette corrélation ($r = 0,526$) due à l'altération des minéraux de la première population. C'est une corrélation secondaire, déjà observée lors de l'étude des dendogrammes (fig. 22, 23)

. Mn-Co (fig. 45)

L'examen du diagramme montre une nette corrélation ($r = 0,5$). Ceci peut s'interpréter de la façon suivante: les sulfoarséniures s'altérant libèrent du cobalt qui s'adsorbe sur le psilomélane. C'est un phénomène secondaire très fréquent.

Ainsi, le cobalt présente deux types de corrélation, l'un primaire avec le fer, l'autre secondaire avec le manganèse.

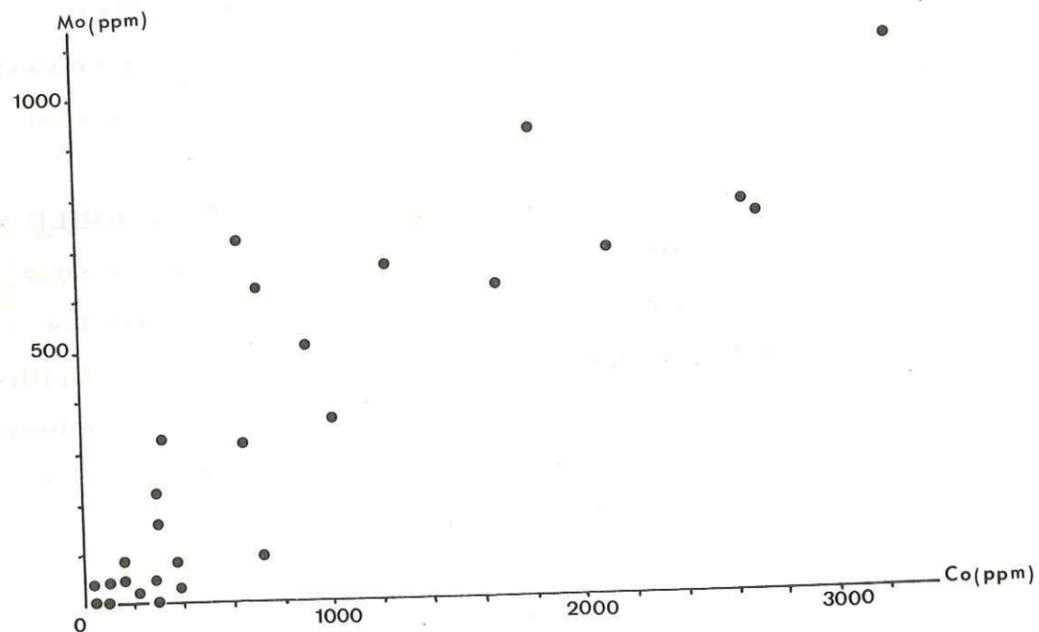


Fig 44 Diagramme Mo-Co

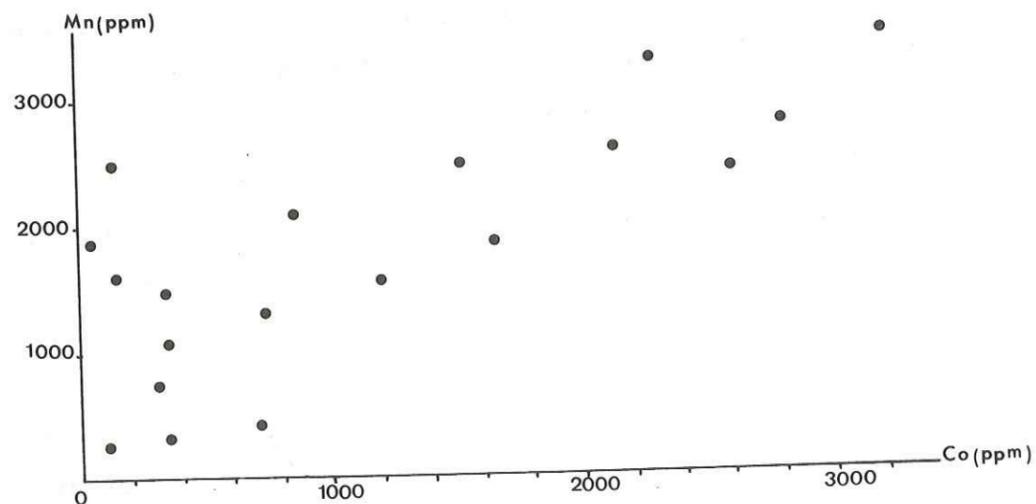


Fig 45 Diagramme Mn-Co

Conclusion

L'étude de la distribution des éléments en traces dans le minerai peut apporter, à condition de travailler sur un nombre suffisamment élevé d'échantillons et de soumettre les résultats analytiques à des traitements statistiques appropriés, des indications intéressantes concernant la (ou les) paragenèse(s) de la minéralisation.

La plupart des corrélations entre éléments se reflètent parfaitement dans la composition minéralogique du minerai de M'Passa.

Il est par exemple remarquable que les associations très étroites blende-mispickel, tennantite-argent aient pu être mises en évidence uniquement par un traitement statistique de données géochimiques.

De même, cette étude a apporté des arguments quant aux possibilités d'existence de remaniements postérieurs à la mise en place de la minéralisation (corrélation Co-Mo; Co-Mn).

Certaines corrélations entre éléments traces et Cu, Pb, Zn, Fe indiquent la localisation minéralogique probable des premiers. Mais il serait bon de vérifier cette localisation à l'aide de la microsonde électronique.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que, outre leurs appréciables résultats d'ordre scientifique, les données analytiques brutes obtenues lors de ce travail reflètent parfaitement la nature du remplissage économique. Par exemple, il est maintenant établi que le cobalt est un élément normal de minerai, et il faudrait en tenir compte dans les études technico-économiques; en outre l'argent devra être recherché comme éventuel sous-produit dans les zones cuivreuses de la mine (quartier Abis).

Les différentes particularités géochimiques et leurs liens avec les paragenèses observées à la mine de M'Passa doivent être replacées dans leur vrai contexte géologique, afin de définir les types de minéralisations observées dans cette dernière.

III. 3. 2. GEOCHIMIE ORGANIQUE

La présence de matières organiques dans les bancs repères minéralisés en Pb, Zn, Cu de M'Passa est signalée dans de nombreux travaux (G. BIGOTTE 1963; D. BAKA 1975).

Cependant, l'étude géochimique systématique de la matière organique semble avoir été souvent négligée en dehors même de M'Passa et, en définitive, peu de travaux dans ce domaine ont vu le jour à l'exception de ceux de J. CONNAN; J. J. ORGEVAL 1973.

Les travaux de ces derniers auteurs sur les bitumes des minéralisations barytiques et sulfurées de St Privat et des Malines (France) ont dégagé des enseignements particulièrement intéressants et utiles.

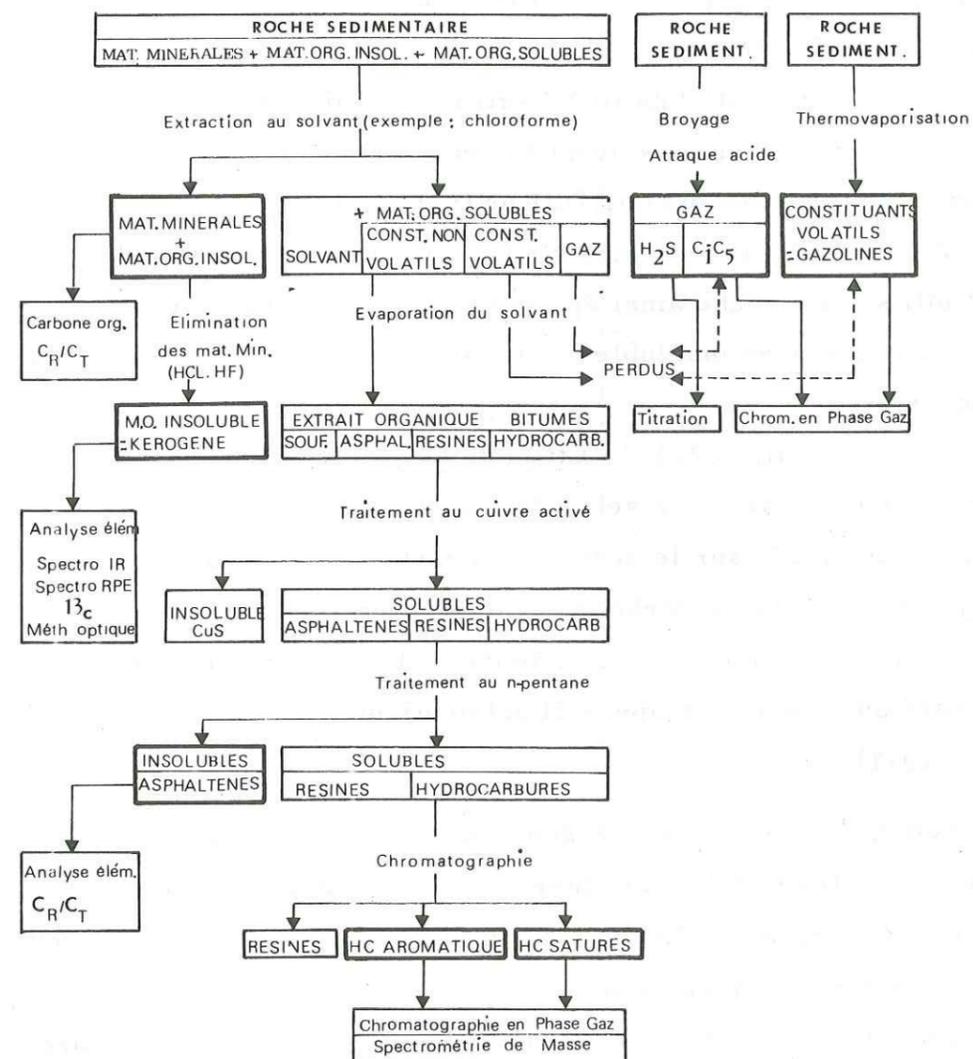
En effet, l'étude du carbone organique et la mise en évidence de la biodégradation des huiles synchrone de la mise en place du stock métal, permet d'élaborer un modèle métallogénique de la formation du gisement (J. CONNAN; J. J. ORGEVAL 1977).

Aussi grâce à la compréhension et à l'aide de J. CONNAN, une étude géochimique organique préliminaire a pu être entreprise sur 9 échantillons prélevés dans la mine de M'Passa: un dans le banc repère stérile (MP 28), deux dans le minerai (MP 1 et MP 4) et six dans les dolomies (MP 18, MP 11, MP 16, MP 22, MP 31, MP 41, MP 51).

Le but de cette étude était de mettre en évidence les éventuelles relations entre la présence de matières organiques et la minéralisation, c'est-à-dire de savoir si cette dernière s'était mise en place à basse température et avait une origine biogénique.

Il sera donc discuté des résultats obtenus par le Laboratoire de la SNEA de Pau et de les confronter à ceux obtenus par J. CONNAN et J. J. ORGEVAL 1977 sur le gisement des Malines où ils ont mis en évidence les relations entre le carbone organique et les minéralisations plombo-zincifères dans les roches carbonatées de ce gisement.

Tabl. XX Schéma de l'analyse organique



III. 3.2.1. Analyse géochimique de la matière organique

Le tableau XX montre schématiquement la façon d'effectuer l'analyse géochimique de la matière organique contenue dans un échantillon de roche sédimentaire (JONATHAN D., LE TRAN KHANH, OUDIN J. L., VAN DER WEIDE 1976).

On procède tout d'abord à l'extraction qui consiste en un lavage de la roche pulvérisée par un solvant tel que le chloroforme, effectué dans un extracteur (modèle Soxhlet, DURAND et al. 1970).

Ainsi on élimine de la roche les constituants solubles dans le solvant utilisé. La roche ainsi épuisée est une association de matières minérales organiques insolubles. Elle servira à l'isolement des matières organiques.

III. 3.2.1.1. Etude du kérogène

Cette étude se mène selon deux méthodes:

a) méthode appliquée sur le sédiment décarbonaté. C'est le rapport (C_R/C_T) de la teneur en carbone organique après pyrolyse (C_R) à 900°C pendant deux minutes, à celle du carbone organique total (C_T). Il est mesuré au moyen d'un appareil automatique (LE TRAN et VAN der WEIDE, 1971).

b) méthode appliquée sur le kérogène, c'est-à-dire sur le sédiment décarbonaté et traité à l'acide fluorhydrique (FORSMANN et HUNT 1958) On y effectue l'analyse élémentaire, la spectrométrie infra-rouge ou l'étude des isotopes stables du carbone.

Pour les échantillons de la mine de M'Passa, la matière organique insoluble a été étudiée sur le sédiment décarbonaté; les résultats analytiques sont portés dans le tableau XXI.

La figure 46 donne la répartition du carbone organique en fonction du pourcentage de résidu insoluble. On y remarque d'abord deux domaines de répartition de la matière organique selon la lithologie: les dolomies ont des teneurs en carbone organique variant de 0,01 à 0,03 %; les bancs de calcaires dolomitiques présentent un pourcentage avoisinant 0,06 %.

N° Echantillons	% carbone organique	% Résidu insoluble
MP 1	0,06	93,23
MP 4	0,04	65,88
MP 18	0,01	46,13
MP 28	0,04	73,83
MP 11	0,02	7,82
MP 16	0,02	11,53
MP 22	0,01	4,46
MP 31	0,01	20,17
MP 41	0,01	5,58
MP 51	0,02	1,67

Tableau XXI : Résultats analytiques de Matière organique

N° Echantillons	$C_2/C_1 = R_2$	$C_3+/C_1 = R_7$
MP 1	0,074	0,009
MP 4	0,108	0,020
MP 27	0,022	0,003
MP 17	0,039	0,009
MP 11	0,07	0,062
MP 15	0,025	0,013
MP 21	0,007	0,001
MP 29	0,025	0,003
MP 40	0,011	0,003
MP 49	0,331	0,033

Tableau XXII: Analyses hydrocarbures gazeux absorbés

$$R_2 = C_2H_6/CH_4$$

$$R_7 = C_3H_8/CH_4$$

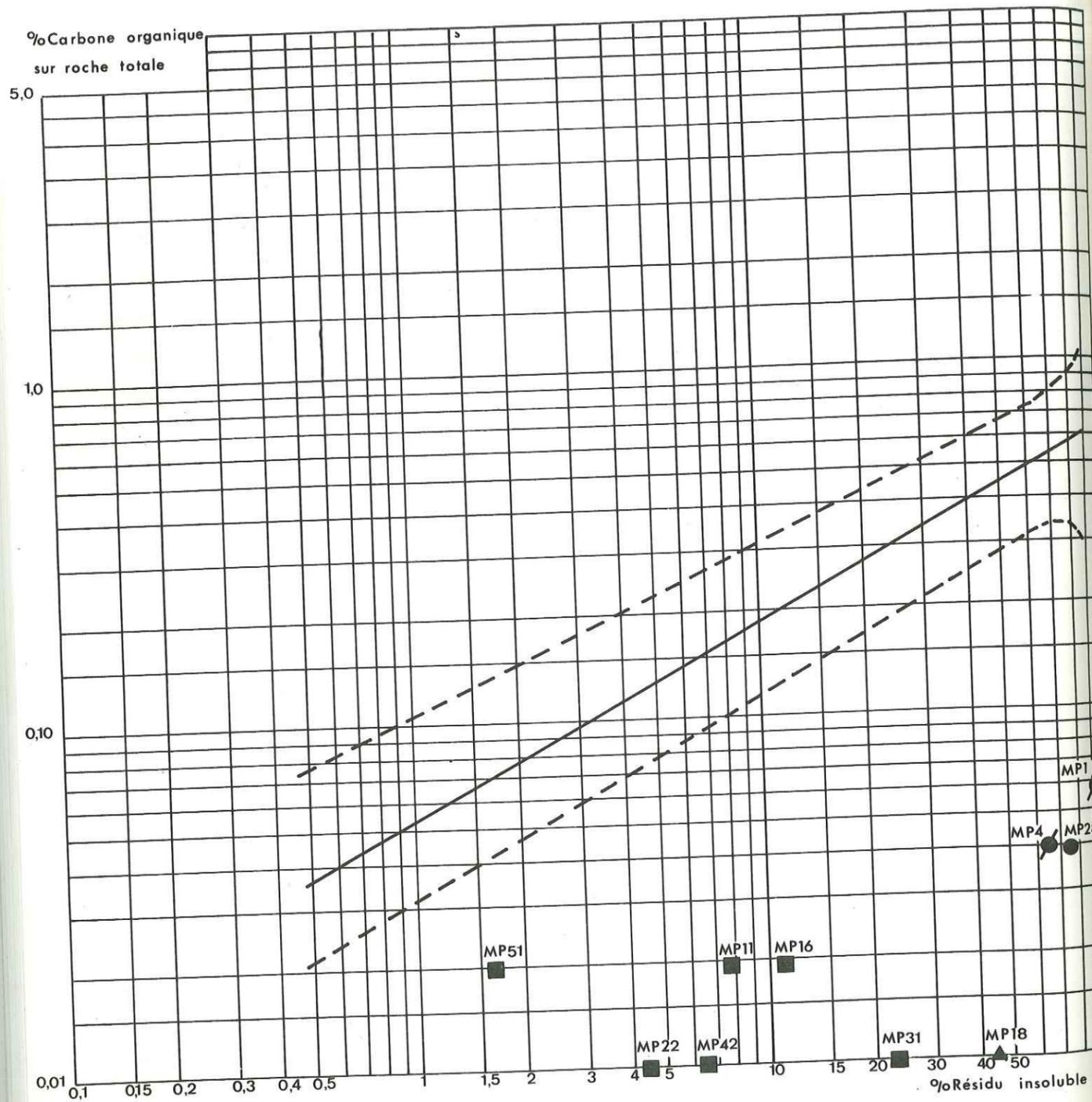


Fig. 46 Teneur en carbone organique en fonction du résidu insoluble (Mine de M'Passa)

- Dolomie
- ▲ Argile
- Calcaire dolomitique stérile
- ⊙ Calcaire dolomitique minéralisé

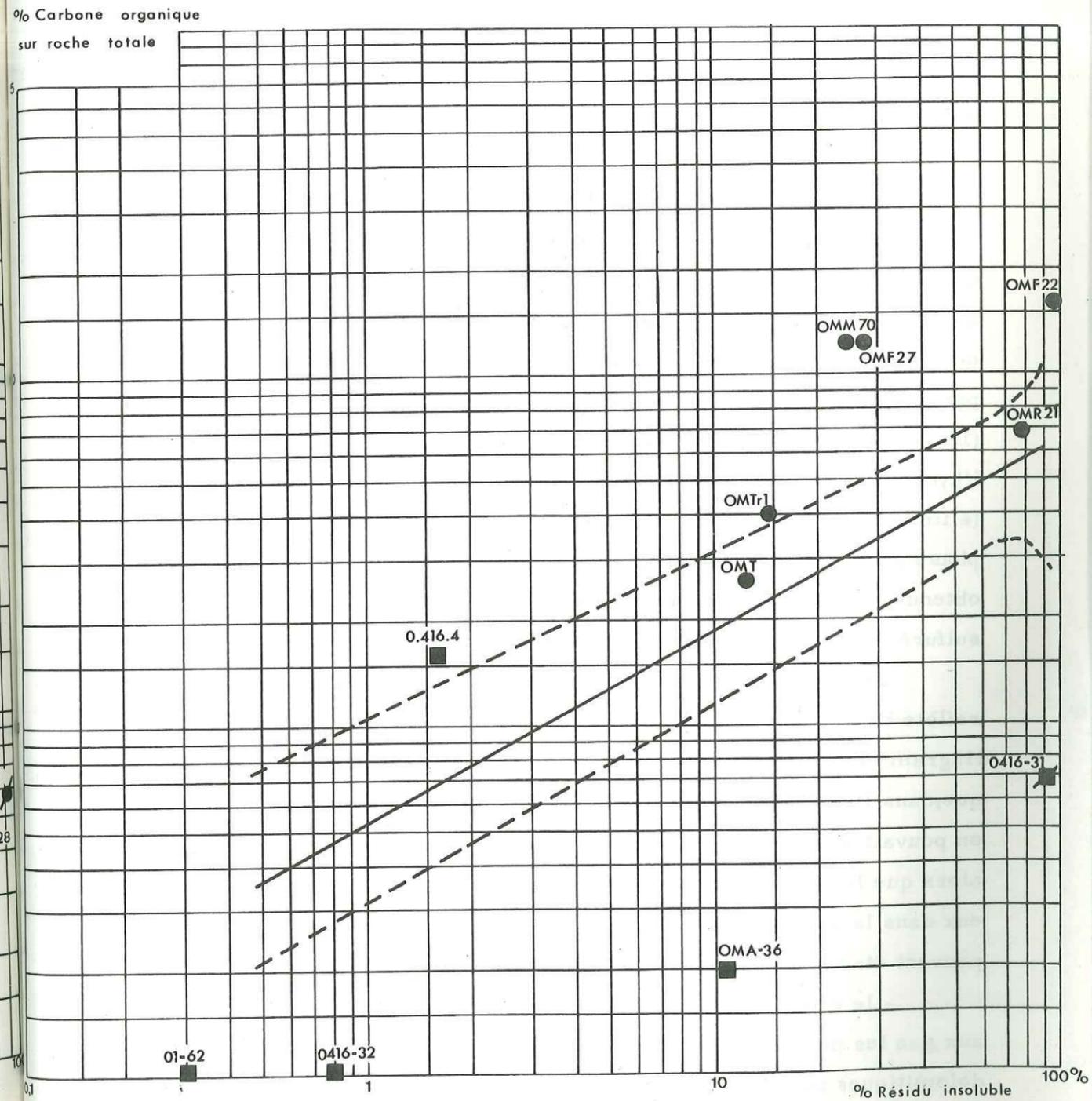


Fig. 47 Teneur en carbone organique en fonction du résidu insoluble (Mine des Malines France)

- Trias
- Dolomie cambrienne
- ⊙ Barytine dans dolomie cambrienne

On constate ensuite que, d'une façon générale, les niveaux de calcaires dolomitiques et les dolomies de la mine de M'Passa, par comparaison avec la population référence de la mine des Malines d'origine sédimentaire (fig. 47) ont une teneur en carbone organique nettement inférieure à la moyenne. Les teneurs en matières organiques sont plus élevées aux Malines qu'à M.'Passa.

III. 3. 2. 1. 2. Etude de la fraction gazeuse

L'expérience montre que l'on trouve des hydrocarbures gazeux pratiquement dans tous les sédiments contenant la matière organique. Ces gaz sont liés intimement à la matière minérale à la fois par adsorption et par occlusion dans les pores et interstices. Ces gaz peuvent en être extraits par pulvérisation dans un broyeur, après attaque chlorhydrique (HCl à 50%) (LE TRAN, 1975). On libère ainsi les hydrocarbures accompagnés de l'hydrogène sulfuré, qui seront recueillis sur une solution de potasse (élimination du CO₂). Le mélange est analysé par chromatographie en phase gazeuse (chromatographie d'absorption sur alumine). Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau XXII. La présence de l'hydrogène sulfuré traduit le caractère plus ou moins soufré de cette matière.

La variation de la composition des hydrocarbures gazeux qui reflète l'état de la diagenèse de la matière organique est suivie sur le diagramme $\frac{C_1}{C_2}$ fonction de $\frac{C_3}{C_1}$ de la figure 48. Cette figure montre que, dans l'ensemble, les niveaux étudiés de la mine de M'Passa, comme on pouvait s'y attendre, sont situés dans la phase de la diagenèse à gaz, alors que les échantillons minéralisés du gisement des Malines se situent eux dans la zone de diagenèse à huile (fig. 49). En outre, deux groupes peuvent être individualisés :

- le groupe le plus proche du centre des coordonnées, correspondant aux gaz les plus secs, est constitué d'échantillons de dolomies et calcaires dolomitiques non minéralisés. Ce groupe présente des teneurs en gaz pour ainsi dire nulles;

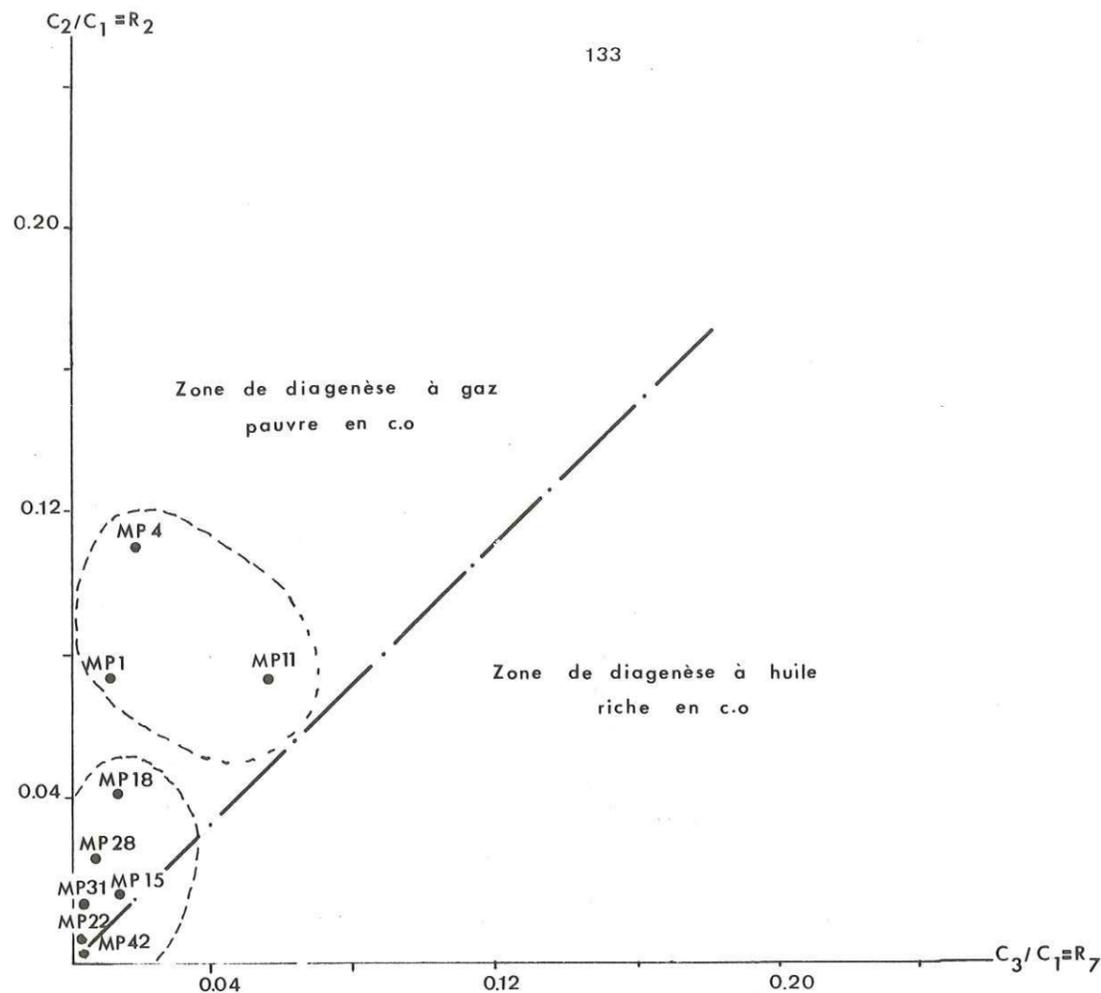


Fig. 48 Composition des hydrocarbures gazeux reportée sur un diagramme $C_2/C_1 - C_3/C_1$ (Mine de M'Passa)

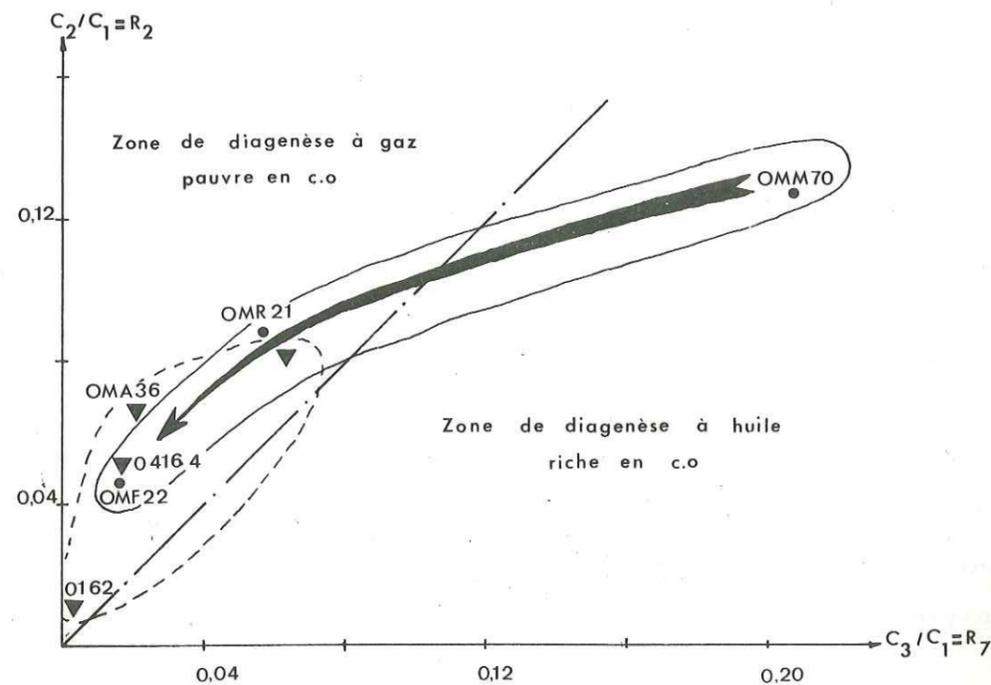


Fig. 49 Composition des hydrocarbures gazeux (Les Malines)

- le deuxième groupe, lié aux sulfures, se trouve aussi dans la zone de diagenèse à gaz. La faiblesse des teneurs en gaz, liée à la pauvreté en carbone organique des échantillons minéralisés étudiés, confirme bien cette absence de liaison.

III. 3. 2. 1. 3. Conclusion

L'accumulation métallifère du gisement des Malines a pris naissance à basse température, c'est-à-dire, en fait, dans des conditions thermiques compatibles avec la vie et la prolifération des bactéries (J. CONNAN; J. J. ORGEVAL 1977). Cette conclusion rejoint tout à fait celle de DARS, ALLEGRE et MICHARD, 1971, qui considèrent la précipitation des sulfures des Malines comme un phénomène de basse température, et plus probablement dans des conditions sédimentaires. Les échantillons étudiés de la mine de M'Passa, par comparaison à la population de référence (Mine des Malines d'origine sédimentaire) ont une teneur en carbone organique nettement inférieure à la moyenne (fig. 46).

En outre, l'hydrogène sulfuré produit lors du processus sédimentaire à partir de l'action de bactéries sulfato-réductrices, apparaît au cours du stade sénile de la diagenèse à huile. Or les échantillons de la mine de M'Passa renferment de la matière organique caractéristique de la phase de la diagenèse à gaz (fig. 48).

A l'échelle de la série étudiée, il n'apparaît aucune corrélation entre les minéralisations Cu, Pb, Zn et les bancs repères, c'est-à-dire que la matière organique ne participe aucunement à un éventuel piégeage syn-génétique du Cu, Pb, Zn. Les conditions sédimentologiques et métallogéniques d'un tel piégeage qui sont réalisées dans les couches de l'Hettangien gris du gisement des Malines (J. CONNAN et J. J. ORGEVAL 1976) ne sont manifestement pas réunies dans les séries schisto-calcaires du bassin minier du Niari.

Il est donc dès maintenant possible, pour la mine de M'Passa, d'écarter l'hypothèse d'une précipitation de sulfure à partir de bactéries sulfato-réductrices ayant fourni l'hydrogène sulfuré nécessaire.

III. 3. 3. GEOCHIMIE ISOTOPIQUE DU SOUFRE

Les méthodes fondées sur la composition isotopique du soufre mises au point par KULP J. L., FEELY H. W. 1956 et reprises par ALLEGRE J. C., DUCHAYLARD G., JAVOY et SARAZIN G. 1972 permettent dans beaucoup de cas de déterminer l'origine des minéralisations. Selon les valeurs du rapport $32S/34S$, les sulfures proviendraient soit d' H_2S d'origine organique ($32S/34S = 40$), soit des venues hydrothermales ($32S/34S = 22,2$).

Il sera donc discuté des résultats obtenus dans le Laboratoire de la SNEA de Pau (J. CONNAN) et les comparer à ceux obtenus par J. J. GUILLON 1963 sur le filon hydrothermal de l'Albigeois et par ALLEGRE J. C. DARS R., MICHARD G. 1971 sur le gisement des Malines.

n° échantillon	$32S/34S$
MP 1	21,9
MP 4	22,2
MP 10	22,3

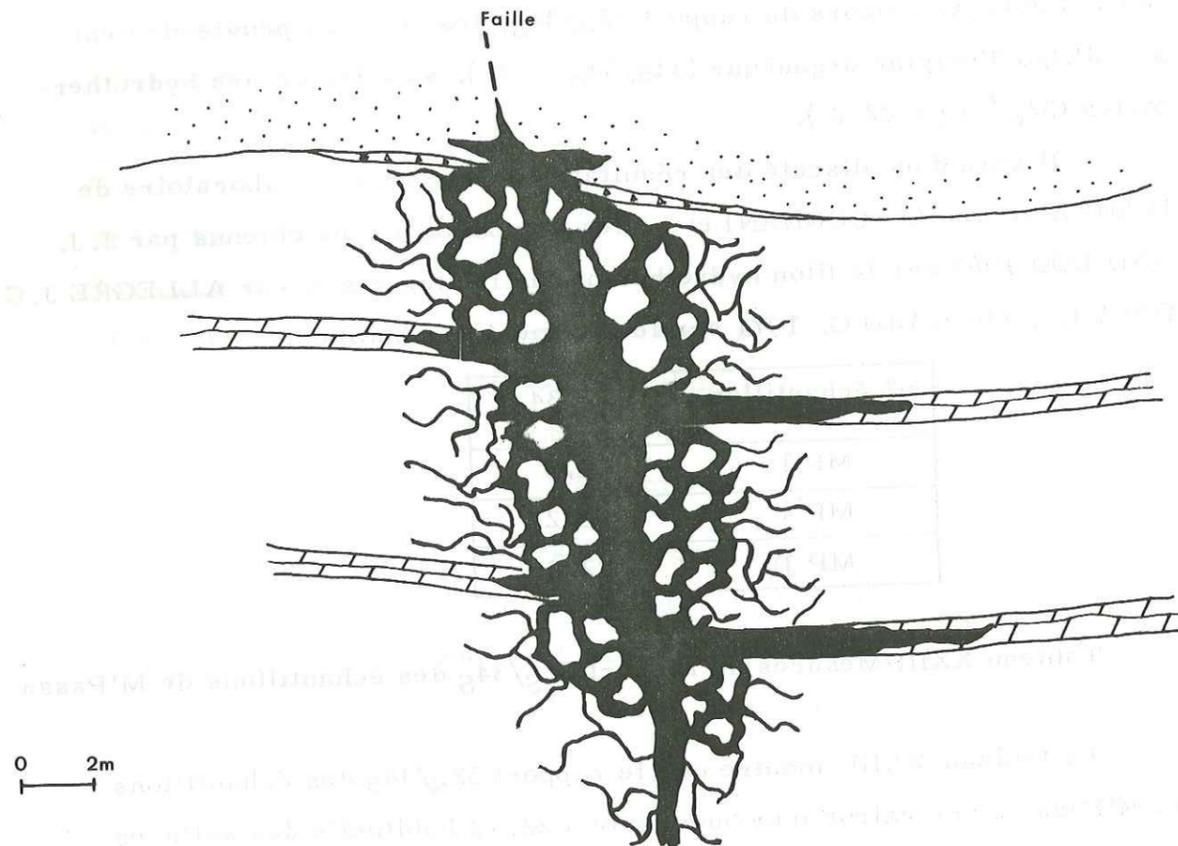
Tableau XXIII-Mesures du rapport $32S/34S$ des échantillons de M'Passa

Le tableau XXIII montre que le rapport $32S/34S$ des échantillons de M'Passa a une valeur moyenne égale à 22,13 habituelle des sulfures de profondeur.

Il est à noter que J. J. GUILLON 1963 a déjà relevé une valeur du rapport $32S/34S$ égale à la nôtre, démontrant une origine hydrothermale sans que l'on puisse le lier à un granite quelconque.

En revanche, les mesures des rapports $32S/34S$ des gisements des Malines et de Saint-Sébastien d'Aigrefeuille, accusent des valeurs de l'ordre de 30 à 40. Ces dernières montrent que ces gisements se sont formés dans des conditions de basses températures et, plus probablement, dans des conditions sédimentaires (ALLEGRE J. C. et al. 1972).

Fig. 50 Représentation des rapports
entre les différents types de minéralisations



-  Grès
-  Brèche du Niari
-  Dolomies
-  Calcaires dolomitiques
-  Minéralisations des amas verticaux et des bancs repères
-  Minéralisation bréchiqque
-  Minéralisations en filonnets

Ces mesures jointes aux faits démontrés par les études de géochimie minérale et organique décrites dans les paragraphes précédents militent très fort en faveur de l'épigenèse des métaux par rapport aux sédiments qui les portent. Ils éliminent dans tous les cas l'hypothèse sédimentaire et confirment l'hydrothermalisme.

III. 4. TYPES DE MINERALISATIONS

L'exploitation de la mine de M'Passa ayant atteint un stade avancé et l'ensemble des observations ayant été reporté de façon détaillée sur des plans précis, on dispose d'une excellente connaissance de la répartition et de la forme des amas minéralisés ainsi que de leur encaissant et on peut ainsi utiliser de façon rigoureuse les résultats analytiques obtenus sur des échantillons parfaitement positionnés.

Or on constate immédiatement que d'une part la minéralisation de M'Passa est présente dans les filons et des niveaux préférentiels (fig. 50) et que d'autre part l'étude statistique des nombreuses analyses a mis en évidence une minéralisation "chaude" et une autre "froide".

Examinons donc les caractères des deux catégories d'amas:

III. 4. 1. AMAS LIES AUX FAILLES

Les observations faites grâce aux travaux miniers sur les failles et les roches encaissantes (dolomies et calcaires dolomitiques) indiquent que ces concentrations se présentent en amas subverticaux de 15m de haut et de 1 à 5 m d'épaisseur. Ces amas descendent 3 m au dessous du banc repère inférieur et leur épaisseur y est semble-t-il plus réduite (M. BAKA 1975). Ce type de minéralisation a fait l'objet d'une exploitation importante particulièrement au quartier Abis (annexe IV).

L'étude géochimique que nous avons menée a montré également que divers éléments liés au minerai filonien avaient une répartition verticale et "recoupaient" les bancs repères.

Le problème se pose donc de savoir si les failles sont minéralisées parce qu'elles recoupent des niveaux porteurs primaires. C'est l'hypothèse

émise par M. BAKA 1975; on aurait en quelque sorte une faille "nourrie" c'est-à-dire qu'il y aurait eu une sécrétion latérale, un "pompage" de divers éléments dont le Pb, le Zn, le Cu etc. des horizons repères vers la faille. Celle-ci aurait simplement servi de chenal à une phase fluide capable de "remobiliser" le minerai stratotide.

Si, effectivement, de tels processus sont tout à fait plausibles, ils ne peuvent être invoqués pour la minéralisation de M'Passa.

En effet, on devrait constater dans les bancs repères une anomalie négative à l'approche de la zone faillée (MICHOT 1958). Or il n'en est rien, et c'est même l'inverse que l'on observe.

En outre, le simple examen des figures 28, 29, 30, 31 conduit à situer la source de la minéralisation non pas dans les bancs repères, mais dans la zone faillée.

Enfin, si on examine les paragenèses (paragraphe III. 3. 1. 1. 2.), celle des amas liés aux failles est plus complexe que celle liée aux bancs repères. Or, lors de nombreux processus métallogéniques une paragenèse géochimique simple doit être considérée comme une différenciation d'une paragenèse géochimique complexe. Ceci montre bien que les amas liés aux failles, occupent bien là leur position originelle.

III. 4. 1. 1. Association minérale

La minéralisation des amas liés aux failles est essentiellement composée de chalcocite, pyrite, tennantite, safflorite, galène, blende quartz et molybdénite (photos 1, 2 - pl. II). A côté de ces minéraux principaux, d'autres ont été signalés par P. PICOT, G. SCOLARI, G. TROLY 1963: il s'agit de bornite, germanite, renierite.

Le nombre réduit de sections polies ne nous a pas permis de mettre en évidence au microscope ni la renierite, ni la germanite.

III. 4. 2. LES MINERALISATIONS EN FILONNETS

L'étude lithostratigraphique a permis de mettre en évidence d'une part des roches relativement plastiques: les calcaires dolomitiques des bancs repères, et d'autre part les roches rigides, représentées par les dolomies stratifiées. Ces dernières sont très sensibles à la fracturation laquelle devient très intense à proximité des failles: on peut même aboutir à des brèches à éléments dolomitiques cimentés par de la chalcocite et de la tennantite (échantillon MP 2, MP 6, MP 36, MP 82).

Du point de vue géochimique, on constate qu'il y a un passage progressif depuis les amas liés aux failles jusqu'à la minéralisation en filonnets en passant par la minéralisation bréchique (fig. 50).

III. 4. 2. 1. Association minérale

Les résultats analytiques indiqués ci-dessus (annexe III) montrent que cette association est essentiellement composée de chalcocite, tennantite, pyrite, safflorite et de la molybdénite. Autrement dit, nous retrouvons la même association minérale que dans les amas liés aux failles auxquels elle est étroitement liée.

III. 4. 3. AMAS LIÉS AUX BANCS REPERES

Rappelons que le traitement statistique (paragraphe III. 3. 1. 1. 2. fig. 28, 29, 30, 31) a montré d'une part qu'il y avait deux types de minéralisations, l'une "chaude", l'autre "froide", et d'autre part que les deux tendances géochimiques se replacent spatialement dans les failles et bancs repères: la première se localise dans les failles et à partir de celles-ci dans les premiers mètres des bancs repères, alors que la seconde caractérise le reste de ces derniers (fig. 30, 31).

Dans le sens horizontal, cette minéralisation se présente en forme de lentilles de dimensions métriques à hectométriques, allongées selon un axe parallèle à la direction générale des couches.

La plus grande lentille est celle de la descenderie de la Cascade qui a 300 m environ dans le sens de son allongement maximal.

Intervalle	0 - 3 m	3 - 6 m	6 - 9 m	9 - 12 m	12 - 15 m	15 - 20 m
Teneur moyenne						
Zn	33,8 %	22 %	10 %	2 %	0,4 %	0,005 %
Pb	12 %	5,4 %	3,7 %	0,6 %	0,10 %	0,003 %
Cu	8,2 %	1,58 %	0,53 %	0,06 %	0,002 %	0,001 %

Tableau XXIV - Teneurs moyennes des minerais

La largeur moyenne est de 80 m et l'épaisseur de l'ordre de 30 cm.

III. 4. 3. 1. Association minérale

Les tableaux analytiques (annexe III) montrent que les échantillons près de la faille contiennent Co, Mo, Cu, Pb, Zn, Fe qui sont exprimés dans la safflorite, la molybdénite, la chalcocite, la galène, la blende et la pyrite. Dans les zones "froides", l'association minérale se trouve réduite à la blende, la galène, et la pyrite.

III. 4. 4. LES LENTILLES ASSOCIEES AUX JOINTS ARGILEUX

L'étude lithostratigraphique (tabl. XI) a montré que les bancs repères sont surmontés de joints argileux qui renferment très souvent des lentilles de chalcocite (échantillons MP 3, MP 8, MP 13 etc.).

Il s'agit de petites lentilles plates de 10 cm d'épaisseur, dont l'association minérale est identique à celle des bancs repères.

III. 4. 5. CONCLUSION

De la description des corps minéralisés deux remarques d'ordre économique mais ayant des implications génétiques doivent être faites:

. dans le tableau XXIV ont été reportées les teneurs moyennes du minerai en Zn, Pb, Cu depuis la faille (0 m) jusqu'à 20 m de celle-ci dans les bancs repères. A l'évidence, le phénomène métallogénique majeur se situe à proximité de la faille et perd peu à peu de son ampleur à mesure qu'on s'en éloigne.

CHAPITRE IV

IV.1. HYPOTHÈSE GÉNÉTIQUE

IV.2. ESSAI DE RECONSTITUTION DE LA FORMATION DES MINÉRALISATIONS DU BASSIN DU NIARI

IV.3. LIMITE DE L'ÉTUDE. PROPOSITIONS DES TRAVAUX ULTÉRIEURS

IV.3.1. Recherches métallogéniques

IV.3.2. Recherches minières

CHAPITRE IV
=====

CONCLUSIONS

IV.1. HYPOTHESE GENETIQUE

L'approche géochimique des problèmes posés par les minéralisations du bassin du Niari apporte des informations susceptibles de contribuer à la compréhension des phénomènes minéralisateurs et à l'élaboration d'un modèle métallogénique cohérent.

Plusieurs arguments suggèrent une filiation assez directe entre la minéralisation et une source épigénétique profonde.

- . L'étude à l'échelle régionale de la répartition des éléments traces dans les dolomies et calcaires dolomitiques montre qu'il n'y a aucune parenté géochimique entre la minéralisation et le niveau de calcaire dolomitique noduleux et schisteux du sommet du schisto-calcaire supérieur.
- . Les amas apparaissent comme des "corps étrangers" à leur environnement, et non comme des culminations greffées sur des anomalies géochimiques positives de grande extension. Il n'y a donc aucun enrichissement sédimentaire ni local, ni généralisé du bassin.
- . Les auréoles de dispersion dans les bancs repères de M'Passa montrent de façon frappante l'existence d'un gradient brutal marquant le passage de l'enveloppe stérile à des corps minéralisés. Ceci apparaît comme un critère susceptible de distinguer les concentrations liées à une source épigénétique, de celles d'origine sédimentaire "normale" (par exemple de type Kupferschiefer).
- . La minéralisation de M'Passa présente deux tendances géochimiques:
 - . une tendance "chaude": Cu, Co, Fe, As, Mo, Ag (mispickel, tennantite, pyrite, safflorite, molybdénite). Celle-ci est contrôlée par les failles.
 - . une tendance "froide" Pb, Zn, Cd (blende, galène). Elle correspond aux lentilles interstratifiées dans les bancs repères.

Mais ces deux tendances ne sont que l'expression d'un même phénomène dans deux contextes géologiques différents: failles et strates.

. La structure des facteurs 1 et 2 (fig. 25, 26) de l'analyse statistique multivariable indique que le minerai des amas stratoïdes a conservé une large partie du patrimoine géochimique héréditaire du minerai lié aux failles.

. Bien que l'interprétation des valeurs du rapport Co/Ni ne soit pas simple car divers facteurs tenant à des particularités régionales peuvent intervenir, il semble que ses fortes valeurs dans les deux types de minerai de M'Passa suggèrent que la minéralisation est de nature hydrothermale et que la présence des amas sulfurés est liée à des solutions minéralisantes.

. La présence de molybdénite dans le minerai de la zone faillée indique une filiation magmatique acide des fluides minéralisateurs.

. Les faibles teneurs en carbone organique, comparées à celles données pour la mine des Malines et qui peuvent servir de référence, permettent d'écarter l'hypothèse d'une précipitation de sulfures par action de bactéries sulfato-réductrices pouvant fournir de l'hydrogène sulfuré nécessaire.

. Les valeurs du rapport $32S/34S$ égales à 22,0 indiquent que les sulfures de la mine de M'Passa proviennent de venues hydrothermales tandis que celles du rapport $32S/34S$ du gisement sédimentaire des Malines accusent des valeurs de l'ordre de 30 à 40.

En définitive, on peut proposer l'hypothèse génétique suivante:

Des fluides minéralisateurs issus d'un foyer magmatique acide circulent dans des failles d'extension et y déposent le minerai à paragenèse chaude (molybdénite, safflorite, mispickel), suivant les lois de la zonalité puis migrent latéralement dans les bancs repères qui constituent des pièges favorables en raison en partie de leurs caractères chimiques, mais surtout de leurs propriétés mécaniques (diacrasage intense) et de la présence d'un niveau argileux sus-jacent qui joue le rôle d'écran. Dans ces pièges à porosité élevée, les fluides voient peu à peu leur température s'abaisser

et leurs propriétés physico-chimiques se modifier en s'éloignant de la zone faillée.

IV. 2 ESSAI DE RECONSTITUTION DE LA FORMATION DE MINÉRALISATIONS DU BASSIN DU NIARI

L'environnement sédimentaire des minéralisations du Bassin du Niari est essentiellement représenté par une succession plus ou moins rythmique de dolomies, de calcaires dolomitiques et, plus accessoirement, d'argiles dont l'âge est précambrien supérieur.

Il s'agit de dépôts effectués, pour leur plus grande part, en milieu lagunaire, où tout au moins dans un vaste bassin profond, à subsidence lente (fig. 51, I).

Après le dépôt de cet ensemble schisto-calcaire supérieur, une émergence se produit. Elle est suivie par une sédimentation essentiellement détritique débutant à M'Passa, par la brèche du Niari, puis les grès de la M'Pioka (fig. 51, II).

L'individualisation de ce bassin de plusieurs milliers de kilomètres carrés est contrôlée par le jeu de fractures affectant le socle précambrien moyen et inférieur sous-jacent. Leurs orientations privilégiées sont N 50 (failles combiennes), N 120 (failles mayombiennes).

Vers 615 Ma, en contre-coup de l'orogénèse ouest-congolienne ces fractures profondes rejouent violemment et affectent toute la couverture d'âge précambrien supérieur. Elles sont particulièrement responsables de la structure anticlinoriale de la Loukouni le long de laquelle sont disposés les indices et gisements de Pb, Zn (Cu) sur 180 km depuis Boko-Songho au SW jusqu'à Renéville au NE (fig. 51, III).

A l'échelle régionale on constate donc un premier contrôle tectonique des minéralisations. Il est également net à l'échelle d'un gisement tel que celui de M'Passa.

Fig. 51 - Schéma synthétique de la formation des gisements du Niari

I - Dépôt des ensembles A, B, C se terminant par une émergence générale.

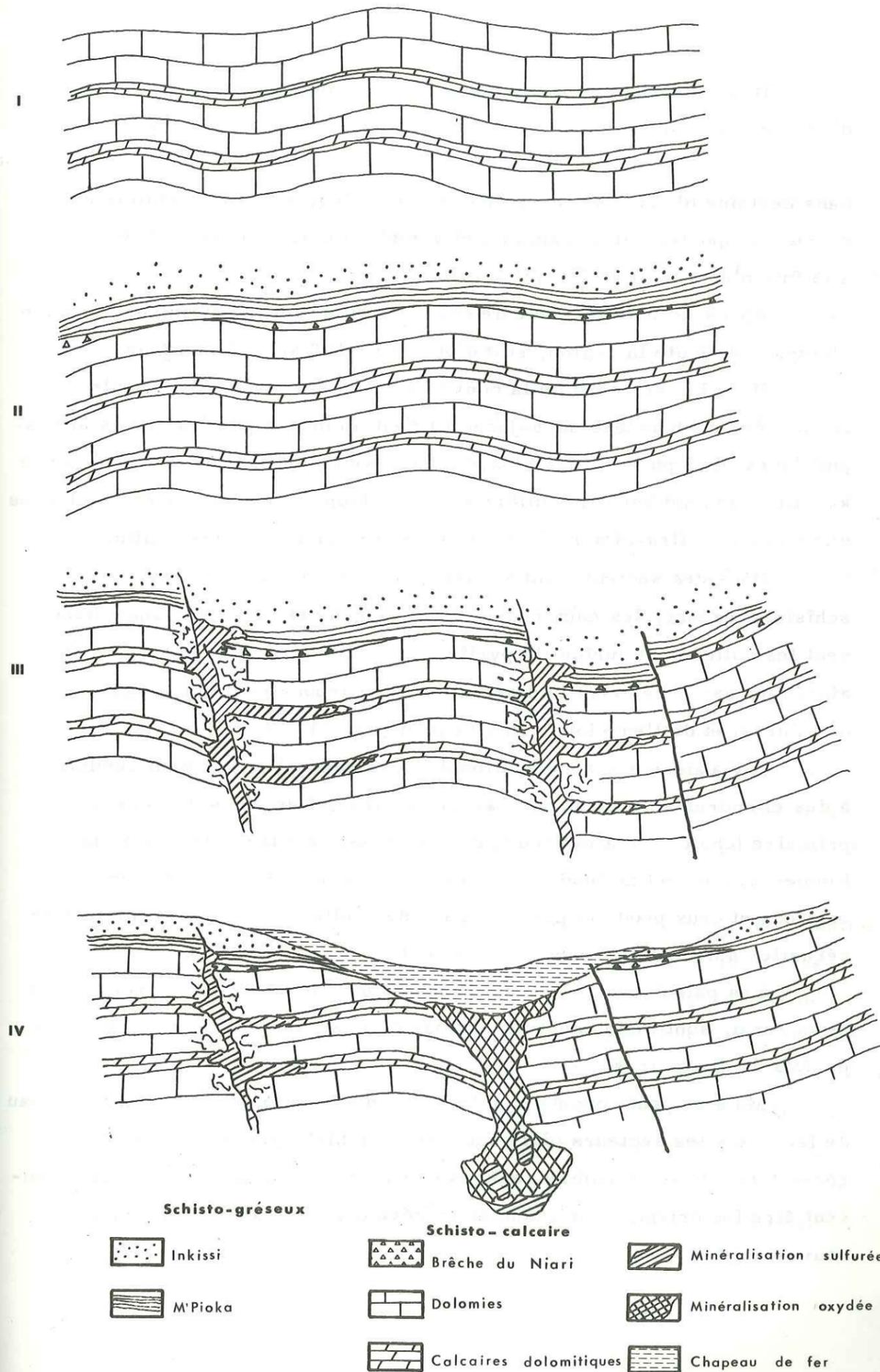
II - Reprise de la sédimentation par l'épisode détritique qui permet le dépôt des formations de la M'Pioka, puis celle de l'Inkissi. Cette épisode détritique débute par la brèche du Niari.

III - Fracturation des formations suivie d'un dépôt de la minéralisation de type M'Passa.

IV - Erosion des formations schisto-gréseuse et schisto-calcaire, oxydation, solubilisation des minéralisations, karstification dans les cavités liées aux zones fracturées et sulfurées, formation des minéralisations oxydées de type Djenguelé, Youga-Koubenza, Mindouli.

=====

Fig.51-Schéma synthétique de l'histoire de formation des gisements du Niari



Des solutions sulfurées métallifères issues vraisemblablement d'un magma granitique profond, cheminent le long de ces fractures en y déposant une minéralisation "chaude", Elles se différencient localement dans certains niveaux de leurs épontes, privilégiés par leur chimisme et leur comportement mécanique, et y sont à l'origine d'une paragenèse à la fois plus simple et "froide".

Après la mise en place de ces minéralisations, une intense érosion s'empare de toute la région, soit d'environ - 600 M. a. à nos jours.

Dans les secteurs où la couverture schisto-gréseuse est enlevée, les masses carbonatées sous-jacentes sont attaquées par les agents atmosphériques. Les phénomènes d'oxydation et de solubilisation provoquent une karstification qui est particulièrement développée dans les zones fracturées d'autant que celles-ci sont souvent riches en pyrite et autres sulfures.

Dans ces secteurs minéralisés, décapés de leur couverture schisto-gréseuse, les eaux chargées en oxygène et gaz carbonique dissolvent les sulfures et surtout la pyrite. Les sulfates et l'acide sulfurique ainsi formés accélèrent la dissolution des carbonates de la gangue du minerai et de l'enveloppe du gisement (fig. 51, IV).

Il y a ainsi une accélération de la karstification qui peut conduire à des effondrements en masse spectaculaires. Des blocs de minerai primaire (chalcocite à Mindouli; galène et blende à Djenguelé et Yangà-Koubenza) tombent au fond des cavités et sont cimentés par des minéraux argileux et ceux produits par oxydation des sulfures primaires: malachite cérusite, aurichalcite (photos 3, 4 pl. II).

Ces paléokarsts, à remplissage de brèches d'effondrement à blocs de minerai, sont maintenant recouverts de chapeaux de fer puissants parfois de dix mètres.

Mais on peut concevoir qu'il existe des karsts récents, sans chapeau de fer, dans les secteurs où la couverture schisto-gréseuse a été érodée récemment. Cette dernière remarque nous conduit à examiner quelles peuvent être les orientations à donner au développement des recherches des nouveaux gîtes.

IV.3. LIMITES DE L'ETUDE. PROPOSITIONS DE TRAVAUX ULTERIEURS

L'étude entreprise dans le cadre de cette thèse doit bien entendu être considérée comme une simple approche des nombreux problèmes posés par la présence d'indices et gisements sulfurés répartis dans un quadrilatère long de 180km et large d'environ 20km.

Il reste entre autre à préciser les conditions physico-chimiques des minéralisations depuis leur source jusqu'à leur dépôt, et à établir leurs relations spatio-temporelles avec l'évolution tant structurale que géomorphologique de la région. Par évolution géomorphologique, nous entendons tous les phénomènes supergènes qui ont affecté la région de - 600 Ma à nos jours et qui sont en particulier responsables des modifications profondes subies par certains gîtes sulfurés primaires transformés en gîtes oxydés.

Il s'agit là de considérations génétiques qualifiables de "fondamentales" mais qui en fait conditionnent étroitement une meilleure connaissance "économique" des indices et gisements connus ainsi qu'une orientation correcte de la recherche de nouveaux gîtes exploitables.

IV.3.1. RECHERCHES METALLOGENIQUES

A l'échelle du bassin, il y aurait lieu de procéder à une étude structurale complète par mesure systématique de tous les éléments planaires et linéaires décelables sur photo aériennes ou au sol et par leur traitement statistique.

Avant d'être étendue à tout le bassin, cette étude devrait être testée d'un point de vue méthodologique sur certains secteurs à la fois faciles d'accès, bien connus stratigraphiquement et renfermant soit un gisement, soit des indices, soit des anomalies géochimiques (par exemple, celles de Kimbedi, Mimpala, M'Fouati). La région de M'Passa paraîtrait parfaitement convenir. Sur ce gisement, il serait en outre souhaitable d'effectuer deux sondages pour connaître le comportement en profondeur de la zone faillée et confirmer ou infirmer l'hypothèse d'un cheminement per ascensum des fluides minéralisateurs. Une zonalité verticale géochimico-minéralogique

pourrait ainsi apparaître.

Ces études structurales seront accompagnées d'études géochimiques en particulier le long des fractures d'extension liées aux tectoniques combiennes et/ou mayombiennes et particulièrement à leurs intersections. En effet, les noeuds "tectoniques" sont également des zones géochimiques anormales.

Pour mieux appréhender les conditions physico-chimiques de la minéralisation, outre les études minéralogiques, métallographiques et géochimiques à entreprendre sur les échantillons prélevés dans les deux sondages profonds de M'Passa, il serait judicieux d'effectuer l'étude des inclusions fluides dans les quartz associés aux minerais des failles et amas stratoïdes.

IV. 3. 2. RECHERCHES MINIERES

Après avoir mis en évidence dans cette étude qu'à l'échelle du bassin du Niari, le niveau de calcaire dolomitique noduleux et les dolomies situés sous le schisto-gréseux ne sont marqués par aucune anomalie géochimique propre, et que dans l'enveloppe proche des gisements, tout au moins de celui de M'Passa, il n'apparaissait pas d'auréole de dispersion, la recherche de nouveaux gisements s'en trouvera conditionnée.

Comme il a été dit dans le paragraphe précédent les études structurales seront accompagnées et suivies d'études géochimiques. Celles-ci sont à notre avis les seules susceptibles de localiser des cibles sur lesquelles pourront être effectués des campagnes géophysiques (méthodes électriques et/ou gravimétriques) et sondages. En effet, la prospection directe est rendue très difficile en raison de la très faible densité d'affleurements.

La prospection géochimique, qui s'effectuera dans un premier temps de préférence dans les secteurs où les calcaires dolomitiques noduleux et schisteux du SC III affleurent ou sont présents sous le recouvrement et sont sur le tracé des fractures combiennes, mayombiennes ou submériennes, pourrait s'envisager ainsi.

En saison sèche, le long du réseau hydrographique et à une maille de 100m, trois prélèvements seront effectués: l'un en lit vif (stream sediment), les deux autres sur berge.

Seul le premier sera analysé, les autres ne le seront que si le premier décelle une anomalie. Les éléments à doser par spectrométrie d'absorption atomique seront: Cu, Pb, Zn, Ag, As, Cd, Mo, Sb. Les résultats analytiques seront traités par les méthodes statistiques afin de déceler des corrélations.

Enfin comme il a été montré, lors de l'étude géochimique de la mine de M'Passa, que le minerai de la faille renfermait du cobalt et que les zones riches en cuivre étaient également argentifères, des études technico-économiques devront être entreprises pour savoir si ces deux éléments ne pourraient pas constituer des sous-produits valorisant le minerai.

ANNEXESANNEXE I

Intitulée "Carte géochimique du schisto-calcaire supérieur au 1/50.000 où figurent tous les points de prélèvement et les résultats des dosages de Pb et Zn.

ANNEXE IV

Intitulée "Plan de la mine de M'Passa au 1/2 000.
peuvent être consultées à la bibliothèque de l'Institut Dolomieu (Rue Maurice Gignoux - 38031 Grenoble Cedex) et à la Direction de Recherches Géologiques et Minières (BP 2124 Brazzaville - République Populaire du Congo).

=====

	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Mn ppm	V ppm	Rb ppm	Li ppm	CaO %	MgO %	XM km	Ym m
Mo 1	0,0	8,0	1,0	0,0	17,0	11,0	1,0	12,0	0,0	95,0	11	3,5
Mo 2	3,0	0,0	12,0	0,0	20,0	5,0	2,5	143,0	0,0	65,0	13,7	10
Mo 3	1,7	4,0	4,0	0,0	14,0	22,0	1,5	23,0	22,0	58,0	19	0
Mo 4	1,2	12,0	6,0	0,0	15,0	11,0	0,8	16,0	17,0	80,0	18,7	0,5
Mo 5	0,0	19,0	4,0	0,0	8,0	5,0	0,8	14,0	29,0	71,0	18,4	5
Mo 6	2,0	0,0	5,0	0,0	9,0	7,0	6,3	45,0	15,0	85,0	18,6	2,5
Mo 7	1,6	31,0	0,0	0,0	51,0	5,0	0,8	10,0	20,0	80,0	19	2,5
Mo 8	0,0	29,0	5,0	0,0	15,0	0,0	1,4	16,0	32,0	68,0	18,7	5
Mo 9	3,0	0,0	8,0	0,0	21,0	5,0	2,1	23,0	34,0	66,0	18,4	4
Mo 10	0,6	42,0	146,0	1,0	285,0	11,0	0,4	5,0	0,0	96,0	19,2	5
Mo 11	3,0	0,0	9,0	0,0	38,0	5,0	9,1	75,0	32,0	68,0	19,5	5
Mo 12	3,0	12,0	8,0	0,0	70,0	00,0	3,6	29,0	15,0	83,0	20	5
Mo 13	0,7	12,0	8,0	0,0	131,0	0,0	0,4	4,0	0,0	100,0	20	13
Mo 14	3,0	0,0	0,0	0,0	21,0	5,0	2,8	74,0	0,0	55	20,7	16
Mo 15	3,0	0,0	6,0	0,0	25,0	5,0	1,4	83,0	0,0	79	23,5	11
Mo 16	3,0	0,0	6,0	0,0	32,0	5,0	2,1	72,0	0,0	83	24,4	15
Mo 17	1,3	4,0	5,0	0,0	41,0	0,0	0,8	24,0	0,0	76	24,8	15
Mo 18	3,3	16,0	6,0	0,0	25,0	5,0	0,8	7,0	15,0	85	24,1	5
Mo 19	0,9	16,0	7,0	0,0	16,0	0,0	0,4	4,0	0,0	100	23,7	5
Mo 20	0,0	6,0	23,0	0,0	22,0	5,0	2,8	8,0	25,0	75	23,2	0
Mo 21	0,9	8,0	1,0	4,0	66,0	0,0	0,8	7,0	25,0	75	21	5
Mo 22	6,0	0,0	5,0	0,0	62,0	5,0	0,5	4,0	0,0	42	21,4	0
Mo 23	2,0	0,0	0,0	0,0	63,0	5,0	3,3	34,0	15,0	80	26,2	13
Mo 24	3,0	0,0	9,0	0,0	25,0	7,0	3,5	46,0	0,0	100	36	17,5
Mo 25	2,0	3,0	6,0	0,0	13,0	5,0	2,1	22,0	16,0	84	36,5	15
Mo 26	0,7	16,0	7,0	0,0	15,0	0,0	1,6	56,0	41,0	55	36,5	12
Mo 27	3,0	0,0	4,0	0,0	74,0	5,0	2,8	46,0	22,0	78	36,7	8,5
Mo 28	2,0	3,0	7,0	0,0	42,0	5,0	2,8	15,0	15,0	85	37	5
Mo 29	4,0	50,0	7,0	0,0	31,0	7,0	1,7	7,0	15,0	85	37,8	0
Mo 30	3,0	0,0	8,0	0,0	17,0	5,0	7,0	40,0	34,0	62	36,1	5
Mo 31	2,0	5,0	5,0	0,0	11,0	5,0	2,1	14,0	25,0	75	35,2	7
Mo 32	2,0	0,0	0,0	0,0	13,0	5,0	2,8	21,0	0,0	100	35,8	7
Mo 33	0,0	5,0	0,0	0,0	21,0	5,0	2,8	32,0	25,0	75	35,5	10
Mo 34	3,0	14,0	7,0	0,0	19,0	5,0	2,1	24,0	0,0	100	35,3	15
Mo 35	1,0	0,0	0,0	0,0	13,0	5,0	3,5	22,0	0,0	100	36	11

N°	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Mn ppm	V ppm	Rb ppm	Li ppm	CaO %	MgO %	XM (km)	YM (m)
Mo 36	2,0	0,0	4,0	0,0	7,0	5,0	3,5	15,0	0,0	92	35,2	0,0
Mo 37	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	5,0	3,5	31,0	15,0	85	35	3
Mo 38	1,0	5,0	3,0	0,0	4,0	5,0	1,4	11,0	70,0	24	35	9,5
Mo 39	0,0	8,0	0,0	0,0	6,0	5,0	3,5	60,0	15,0	85	34	9
Mo 40	0,0	16,0	1,0	8,0	14,0	11,0	0,8	14,0	0,0	100	34,6	0
Mo 41	0,7	8,0	6,0	0,0	27,0	0,0	1,6	22,0	17,0	83	34	1
Mo 42	2,0	0,0	4,0	0,0	5,0	7,0	2,1	103,0	0,0	65	33,5	1,5
Mo 43	0,0	3,0	3,0	0,0	26,0	5,0	3,5	12,0	24,0	71	30	13
Mo 44	2,0	0,0	5,0	0,0	7,0	7,0	2,8	9,2	28,0	72	30,3	11
Mo 45	1,7	8,0	10,0	4,0	23,0	0,0	0,8	4,0	34,0	66	30	7,5
Mo 46	0,0	3,0	0,0	0,0	55,0	5,0	1,4	8,0	34,0	66	30	6
Mo 47	1,6	19,0	4,0	0,0	39,0	0,0	0,4	15,0	24,0	70	31,6	4
Mo 48	1,2	8,0	5,0	0,0	26,0	0,0	3,6	49,0	32,0	63	31,6	0
Mo 49	3,0	0,0	5,0	0,0	30,0	5,0	3,5	25,0	36,0	64	31,8	7,5
Mo 50	7,0	25,0	40,0	0,0	230,0	10,0	15,4	36,0	28,0	70	33,7	10
Mo 51	3,0	3,0	10,0	0,0	203,0	7,0	2,8	22,0	0,0	85	33	8
Mo 52	3,0	3,0	6,0	0,0	23,0	5,0	2,8	13,0	45,0	55	32,3	9,5
Mo 53	1,0	0,0	0,0	0,0	36,0	7,0	1,4	6,0	96,0	0	33,5	10
Mo 54	4,0	11,0	22,0	0,0	224,0	7,0	3,7	20,0	0,0	98	34	17
Mo 55	3,0	11,0	0,0	0,0	91,0	5,0	2,8	20,0	0,0	100	34	15
Mo 56	2,0	5,0	6,0	0,0	69,0	5,0	2,1	18,0	71,0	29	34,3	17
Mo 57	1,0	5,0	7,0	0,0	40,0	5,0	1,4	18,0	87,0	6	34,8	19
Mo 58	3,0	3,0	7,0	0,0	33,0	5,0	2,1	42,0	0,0	97	54	5
Mo 59	0,0	8,0	0,0	0,0	27,0	5,0	1,4	10,0	14,0	86	63	10
Mo 60	0,3	19,0	2,0	0,0	15,0	0,0	1,2	7,0	25,0	73	26	10
Mo 61	3,0	3,0	7,0	0,0	23,0	7,0	2,1	21,0	0,0	100	19	10
Mo 62	3,0	5,0	6,0	0,0	30,0	5,0	4,9	50,0	34,0	64	98,5	5
Mo 63	2,0	8,0	5,0	0,0	27,0	14,0	4,2	52,0	16,0	76	10,5	30
Mo 64	3,0	3,0	4,0	0,0	52,0	5,0	2,8	125,0	0,0	66	11,8	5
Mo 65	21,0	5,0	7,0	0,0	62,0	7,0	2,8	31,0	15,0	75	35,8	27
Mo 66	0,0	16,0	22,0	0,0	13,0	5,0	1,2	12,0	26,0	74	33	15
Mo 67	9,0	14,0	14,0	0,0	10,0	7,0	2,8	22,0	28,0	72	33	26
Mo 68	2,0	5,0	11,0	0,0	10,5	5,0	0,7	5,0	33,0	55	34,8	18
Mo 69	7,0	14,0	8,0	0,0	16	5,0	3,5	57,0	35,0	49	35	22
Mo 70	3,0	14,0	7,0	0,0	22	7,0	4,9	70,0	70,0	77	35,4	27
Mo 71	2,0	0,0	4,0	0,0	15	7,0	2,8	14,0	0,0	98	28,6	0

N°	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Mn ppm	V ppm	Rb ppm	Li ppm	CaO %	MgO %	XM (km)	YM (m)
Mo 72	2,0	3,0	5,0	0,0	5,0	5,0	2,1	11,0	50	50	29	0
Mo 73	1,0	16,0	4,0	4,0	7,0	0,0	1,5	4,0	32	68	30	0
Mo 74	0,0	8,0	3,0	0,0	9,0	0,0	1,5	6,0	35	66	30	5
Mo 75	1,0	19,0	12,0	0,0	53,0	0,0	1,9	2,0	68	31	37	26
Mo 76	2,6	23,0	7,0	0,0	224,0	11,0	2,3	3,0	100	0	37,2	33
Mo 77	1,0	19,0	10,0	0,0	22,0	0,0	1,2	4,0	38	60	38	12
Mo 78	0,0	8,0	2,0	0,0	33,0	0,0	1,2	5,0	0	100	38,7	21
Mo 79	0,7	16,0	5,0	0,0	24,0	0,0	1,2	2,0	0	100	38,5	25
Mo 80	0,7	12,0	2,0	8,0	19,0	22,0	2,0	2,0	71	29	43	22
Mo 81	3,0	19,0	30,0	0,0	69,0	0,0	0,8	3,0	62	35	42,2	23
Mo 82	1,3	16,0	1,0	8,0	51,0	0,0	2,0	3,0	34	66	42	30
Mo 83	2,0	8,0	15,0	0,0	45,0	0,0	1,5	7,0	100	0	42,6	46
Mo 84	2,3	16,0	4,0	8,0	67,0	22,0	5,0	16,0	95	0	41,7	30
Mo 85	1,3	12,0	3,0	8,0	40,0	33,0	2,0	4,0	77	23	42,1	45
Mo 86	3,0	12,0	8,0	0,0	102,0	5,0	5,0	7,0	100	0	42,5	42
Mo 87	20,0	28,0	33,0	0,0	112,0	71,0	50,0	194,0	0	70	42,6	42
Mo 88	0,0	19,0	4,0	0,0	70,0	0,0	1,2	2,0	78	22	43	34
Mo 89	1,2	13,0	3,0	0,0	33,0	11,0	1,2	5,0	0	78	43,5	37
Mo 90	1,0	16,0	4,0	0,0	106,0	3,0	1,9	33,0	23	75	42	47
Mo 91	3,0	3,0	0,0	0,0	59,0	5,0	4,0	4,0	29	71	43	50
Mo 92	1,2	16,0	4,0	0,0	89,0	0,0	2,3	25,0	32	68	44,3	27
Mo 93	0,3	16,0	4,0	0,0	29,0	22,0	3,0	24,0	31	54	44,6	34
Mo 94	2,3	12,0	160,00	0,0	29,0	11,0	3,0	36,0	0	90	44,5	27
Mo 95	2,3	12,0	7,0	0,0	56,0	0,0	2,0	2,0	100	0	41	43
Mo 96	1,2	15,0	5,0	8,0	71,0	11,0	1,2	3,0	78	22	39,8	31
Mo 97	0,6	8,0	9,0	0,0	78,0	22,0	1,2	3,0	32	68	40	26
Mo 98	2,0	16,0	6,0	8,0	83,0	0,0	1,2	3,0	100	0	40	31
Mo 99	4,7	45,0	11,0	8,0	50,0	6,0	3,0	34,0	100	0	39	30
Mo 100	1,7	37,0	9,0	8,0	69,0	22,0	1,0	33,0	45	54	38,3	22
Mo 101	4,7	8,0	42,0	4,0	74,0	22,0	2,0	24,0	85	15	37,2	15
Mo 102	1,0	28,0	5,0	8,0	71,0	0,0	1,0	4,0	55	45	48	17
Mo 103	2,0	31,0	12,0	0,0	41,0	20,0	4,0	21,0	80	18	44,3	18
Mo 104	0,0	25,0	8,0	0,0	57,0	11,0	1,0	1,0	25	75	44,6	18
Mo 105	1,5	0,0	5,0	12,0	61,0	0,0	2,0	2,0	97	0	44,4	42
Mo 106	2,1	12,0	9,0	4,0	53,0	22,0	4,0	19,0	0	99	45	37

N°	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Mn ppm	V ppm	Rb ppm	Li ppm	CaO %	MgO %	XM (km)	YM (m)
Mo 107	3,7	0,0	6,0	12,0	52,0	22,0	3,0	11,0	95	.0	44,1	43
Mo 108	1,2	0,0	3,0	8,0	47,0	0,0	0,4	5,0	100	.0	46,1	28
Mo 109	0,9	0,0	5,0	4,0	156,0	0,0	0,4	1,0	0	100	45,7	33
Mo 110	0,9	0,0	3,0	4,0	44,0	11,0	1,0	9,0	32	66	46,3	25
Mo 111	0,9	3,0	4,0	8,0	48,0	11,0	4,0	81,0	39	60	45,6	30
Mo 112	0,9	3,0	5,0	4,0	90,0	0,0	3,0	35,0	71	29	45,2	28
Mo 113	0,6	0,0	3,0	8,0	39,0	11,0	3,0	62,0	0	97	46	27
Mo 114	0,6	9,0	4,0	0,0	48,0	0,0	0,0	2,0	0	100	46,7	33
Mo 115	2,8	15,0	43,0	8,0	46,0	22,0	4,0	29,0	74	20	46	40
Mo 116	0,9	6,0	3,0	8,0	70,0	0,0	2,0	2,0	98	0	46	37
Mo 117	2,1	3,0	29,0	8,0	10,0	22,0	4,0	28,0	68	30	46,6	7
Mo 118	1,2	6,0	8,0	4,0	67,0	0,0	1,0	4,0	32	68	47,4	6
Mo 119	3,0	0,0	4,0	4,0	84,0	22,0	1,0	5,0	74	22	46,7	7
Mo 120	3,0	0,0	6,0	0,0	129,0	7,0	4,2	7,0	80	20	46,4	6
Mo 121	0,9	0,0	3,0	8,0	96,0	32,0	1,0	4,0	100	0	48	6
Mo 122	2,8	6,0	6,0	8,0	66,0	0,0	3,0	16,0	76	16	47	4
Mo 123	0,6	3,0	3,0	8,0	69,0	44,0	1,0	4,0	84	16	47	4
Mo 124	0,0	6,0	9,0	8,0	86,0	11,0	2,0	2,0	90	10	47,2	4
Mo 125	0,6	3,0	5,0	12,0	19,0	0,0	1,0	3,0	100	0	48	4
Mo 126	1,2	6,0	3,0	16,0	64,0	22,0	2,0	3,0	94	0	48	4
Mo 127	1,5	3,0	4,0	8,0	49,0	32,0	1,0	4,0	98	0	48,1	4
Mo 128	1,2	6,0	3,0	4,0	79,0	22,0	1,0	3,0	97	0	49	4
Mo 129	4,3	0,0	7,0	0,0	78,0	54,0	6,0	14,0	83	0	49	3
Mo 130	1,2	3,0	5,0	8,0	79,0	11,0	1,0	4,0	100	0	50,3	15
Mo 131	4,0	0,0	8,0	8,0	65,0	22,0	5,0	28,0	82	16	50,5	12
Mo 132	7,0	0,0	8,0	8,0	85,0	11,0	7,0	56,0	41	52	51	9
Mo 133	2,1	12,0	10,0	4,0	78,0	0,0	5,0	41,0	82	10	51	15
Mo 134	0,6	6,0	3,0	8,0	53,0	22,0	1,0	3,0	82	16	51,5	6
Mo 135	2,0	0,0	14,0	8,0	61,0	22,0	5,0	33,0	97	0	52	12
Mo 136	1,5	0,0	12,0	8,0	78,0	7,0	6,0	66,0	54	29	52,6	19
Mo 137	1,5	9,0	3,0	8,0	75,0	44,0	3,0	4,0	92	0	53	25
Mo 138	1,2	0,0	4,0	0,0	73,0	11,0	0,4	4,0	95	0	53	17
Mo 139	1,2	6,0	6,0	12,0	245,0	0,0	1,0	4,0	70	30	52,4	21
Mo 140	0,7	45,0	27,0	0,0	56,0	0,0	1,0	4,0	42	57	53	4
Mo 141	5,0	56,0	245,0	8,0	110,0	0,0	1,0	5,0	0	98	53,6	10

N°	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Mn ppm	V ppm	Rb ppm	Li ppm	CaO %	MgO %	XM (km)	YM (m)
Mo 142	1,7	35,0	71,0	4,0	636,0	14,0	1,0		0	100	52,6	0
Mo 143	3,0	5,0	20,0	0,0	32,0	54,0	59,0	7,0	0	9	52	0
Mo 144	1,7	31,0	37,0	4,0	799,0	0,0	1,0	9,0	16	84	52	2
Mo 145	2,0	5,0	15,0	0,0	310,0	7,0	2,2	19,0	31	63	52,3	9
Mo 146	1,3	45,0	27,0	8	20,0	0,0	2,0	30,0	0	95	53,7	12
Mo 147	0,0	37,0	150,0	0,0	18,0	11,0	1,0	4,0	0	92	54	8
Mo 148	1,3	110,0	250,0	8,0	39,0	0,0	1,0	2,0	73	27	53,6	2
Mo 149	0,7	20,0	19,0	0,0	284,0	0,0	1,0	6,0	35	65	54,5	14
Mo 150	1,3	28,0	17,0	0,0	106,0	0,0	0,4	24,0	0	91	54,3	0
Mo 151	1,0	12,0	7,0	0,0	167,0	14,0	4,0	29,0	40	60	55	0
Mo 152	1,7	16,0	20,0	4,0	52,0	14,0	1,0	2,0	75	25	55,1	0
Mo 153	1,4	8,0	3,0	0,0	25,0	0,0	2,0	30,0	32	63	57	17
Mo 154	1,7	28,0	11,0	0,0	23,0	0,0	1,0	7,0	35	65	57	10
Mo 155	0,4	12,0	27,0	0,0	68,0	6,0	1,0	5,0	0	86	56	5
Mo 156	0,0	16,0	4,0	0,0	75,0	0,0	1,0	8,0	30	65	57	6
Mo 157	0,7	23,0	8,0	0,0	46,0	14,0	1,0	6,0	34	61	57	1
Mo 158	0,0	23,0	5,0	0,0	14,0	6,0	0,0	7,0	0	60	58,7	10
Mo 159	1,3	28,0	5,0	0,0	12,0	6,0	0,0	7,0	31	51	58,1	5
Mo 160	1,3	28,0	6,0	4,0	24,0	0,0	2,0	31,0	35	50	57	12
Mo 161	1,7	12,0	21,0	0,0	15,0	0,0	1,0	9,0	15	85	61,6	13
Mo 162	1,3	34,0	6,0	8,0	20,0	14,0	2,0	3,0	98	0	61,7	11
Mo 163	0,0	19,0	4,0	4,0	18,0	22,0	3,0	4,0	97	0	62,5	6
Mo 164	1,3	34,0	16,0	12,0	5,0	0,0	1,0	2,0	76	24	58,1	0
Mo 165	5,0	19,0	32,0	0,0	111,0	22,0	1,0	9,0	32	65	62,6	2
Mo 166	8,6	27,0	19,0	0,0	224,0	0,0	1,0	2,0	35	65	63,3	0
Mo 167	110,0	12,0	4,0	12,0	90,0	11,0	3,0	4,0	97	3	64,8	00
Mo 168	2,3	31,0	28,0	0,0	16,0	0,0	1,0	3,0	59	41	64,8	0
Mo 169	73,0	27,0	33,0	0,0	67,0	00,0	1,0	4,0	55	45	64,8	2
Mo 170	2,7	16,0	5,0	0,0	134,0	0,0	1,0	8,0	40	54	65,2	1
Mo 171	0,0	20,0	4,0	0,0	15,0	6,0	0,4	41,0	0	64	64,4	9
Mo 172	1,3	90,0	155,0	8,0	204,0	22,0	2,0	3,0	69	26	64,7	2
Mo 173	2,0	19,0	360,0	0,0	306,0	0,0	0,4	2,0	35	65	65,9	1
Mo 174	2,0	37,0	14,0	8,0	246,0	7,0	4,0	52,0	69	29	66	2
Mo 175	3,4	23,0	35,0	8,0	17,0	0,0	1,0	53,0	43	57	66,2	0
Mo 176	1,3	28,0	9,0	0,0	260,0	14,0	7,0	67,0	43	44	66,6	0
Mo 177	5,0	19,0	19,0	4,0	57,0	0,0	2,0	10,0	95	0	67	3

N°	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	Mn ppm	V ppm	Rb ppm	Li ppm	CaO %	MgO %	XM (km)	YM (m)
Mo 178	1,7	42,0	10,0	0,0	66,0	14,0	2,0	9,0	97	0	67,1	0
Mo 179	3,0	34,0	20,0 ²⁰	4,0	38,0	0,0	3,0	42,0	61	39	67,7	5
Mo 180	0,7	16,0	15,0	0,0	16,0	0,0	1,0	6,0	32	68	68,2	0
Mo 181	4,0	37,0	26,0	0,0	214,0	0,0	0,0	4,0	0	100	68,7	0,5
Mo 182	1,7	9,0	19,0	0,0	350,0	11,0	2,0	8,0	62	18	67,7	8
Mo 183	2,0	28,0	16,0	8,0	65,0	14,0	3,0	21,0	82	16	69,2	0
Mo 184	2,7	40,0	35,0	0,0	150,0	6,0	0,4	3,0	15	85	69,4	0
Mo 185	1,7	31,0	17,0	16,0	326,0	14,0	3,0	4,0	96	0	70	0
Mo 186	1,8	36,0	83,0	8,0	10,0	0,0	0,4	4,0	28	69	70,3	4
Mo 187	0,6	12,0	3,0	8,0	18,0	0,0	3,0	13,0	97	0	70,7	8
Mo 188	1,2	3,0	15,0	4,0	13,0	11,0	3,0	9,0	93	0	69,7	10
Mo 189	2,4	6,0	8,0	8,0	41,0	22,0	6,0	26,0	95	5	70,3	11
Mo 190	1,5	6,0	7,0	4,0	34,0	22,0	1,0	5,0	80	20	69,7	10
Mo 191	1,8	6,0	6,0	12,0	101,0	7,0	5,0	18,0	92	7	70,3	14
Mo 192	4,0	12,0	7,0	12,0	29,0	44,0	2,0	2,0	85	13	72	16
Mo 193	2,0	3,0	11,0	0,0	61,0	7,0	7,0	17,0	100	0	72,7	18
Mo 194	1,5	0,0	19,0	8,0	57,0	0,0	3,0	35,0	32	68	72,2	20
Mo 195	3,0	3,0	11,0	4,0	35,0	11,0	2,0	2,0	80	18	69,2	17
Mo 196	1,2	0,0	5,0	8,0	12,0	0,0	1,0	28,0	22	76	68,8	23
Mo 197	1,5	0,0	6,0	8,0	25,0	0,0	1,0	7,0	72	28	70,2	12
Mo 198	0,0	0,0	6,0	16,0	17,0	22,0	1,0	5,0	15	85	70,8	6
Mo 199	0,6	9,0	99,0	0,0	32,0	11,0	2,0	29,0	0	84	74,4	10
Mo 200	0,3	3,0	10,0	8,0	18,0	11,0	1,0	3,0	0	100	74,9	5
Mo 201	0,3	3,0	14,0	12,0	23,0	11,0	2,0	4,0	84	16	75	2
Mo 202	0,0	3,0	5,0	0,0	24,0	0,0	1,0	4,0	74	26	77	8
Mo 203	0,6	3,0	12,0	4,0	52,0	0,0	0,4	7,0	100	0	76,4	5
Mo 204	0,9	3,0	27,0	4,0	66,0	0,0	0,4	7,0	85	15	77	11
Mo 205	0,6	9,0	6,0	8,0	149,0	22,0	2,0	2,0	100	0	78,1	20
Mo 206	10,0	9,0	33,0	8,0	339,0	44,0	9,9	62,0	40	0		15
Mo 207	7,0	6,0	37,0	8,0	350,0	30,0	12,0	54,0	30	0	79	14

Annexe II - Tableaux d'analyses chimiques des échantillons du Niari.

Remarques: Co dosé sur l'ensemble des échantillons et dont les teneurs sont inférieures à 10 ppm.
Ni dosé sur l'ensemble des échantillons et dont les teneurs sont égales à 0 ppm

Annexe III - Tableau d'analyses chimiques (Mine de M'Passa)

Remarque: As non dosé sur les échantillons MPI à MP66

	Ag ppm	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Co ppm	V ppm	Sb ppm	Cd ppm	Mo ppm	As ppm	Xm
MP 1	850	7.174	201.704	343.487	1.685	53.631	189	34	0	2.072	82	-	100
MP 2	50	10.860	14.705	20.000	1.880	10.000	53	24	0	97	67	-	150
MP 3	11	2.173	63.194	8.988	3.082	31.333	121	200	0	35	22	-	175
MP 4	24	76.086	7.900	292.494	2.539	49.400	140	5	0	1.764	0	-	200
MP 5	40	63.043	8.529	355.498	696	197.600	280	10	0	1.805	210	-	220
MP 6	43	1.170	2.936	2.376	1.468	6.363	40	21	0	15	0	-	250
MP 7	2	28	31	20	217	1.457	4	0	0	0	0	-	350
MP 8	0	35	17	702	455	9.581	18	19	0	0	0	-	380
MP 9	215	2.559	34.204	7.525	1.600	37.534	130	40	6	34	335	-	400
MP 10	370	342	67.483	4.849	1.492	99.700	340	44	162	17	0	-	420
MP 11	0	17	7	82	57	287	8	17	0	0	0	-	430
MP 12	2	28	31	20	217	1.497	4	11	0	0	0	-	550
MP 13	1	270	58	403	747	11.377	11	24	0	0	0	-	580
MP 14	0	17	9	78	174	419	8	22	0	0	0	-	600
MP 15	0	25	11	67	200	569	8	17	0	0	0	-	620
MP 16	3	30	42	30	452	629	8	22	0	0	0	-	650
MP 17	1	13	24	62	352	1.018	8	20	0	0	0	-	770
MP 18	197	304	46.470	3.333	1.051	23.000	50	50	0	0	0	-	780
MP 19	0	19	10	290	603	509	8	5	0	0	0	-	800
MP 20	0	25	9	58	476	1.228	8	17	0	0,3	0	-	820
MP 21	1	32	28	82	542	858	8	38	0	5	0	-	850
MP 22	0	17	18	58	158	479	8	35	0	0	0	-	960
MP 23	0	173	49	163	1.304	10.479	8	25	9	1	0	-	980
MP 24	0	30	14	60	383	509	8	16	0	0,3	0	-	1.000
MP 25	0	47	36	87	530	404	8	18	0	4	0	-	1.020
MP 26	1	6	4	47	100	299	4	183	0	0,2	0	-	1.150
MP 27	1	180	27	41,6	573	11.976	8	25	0	0,9	0	-	1.185
MP 28	0	17	1	50	168	389	8	12	0	0	0	-	1.200
MP 29	1	25	32	54	1111	389	8	17	0	0	0	-	1.220
MP 30	0	25	22	47	154	278	8	19	0	0,4	0	-	1.240
MP 31	1	31	51	64	875	662	8	19	0	0,8	0	-	1.250
MP 32	57	1.130	2.900	4.680	1.600	5.890	38	31	0	23	53	-	100
MP 33	89	463	17.000	17.680	1.522	6.587	52	29	0	177	0	-	150
MP 34	38	65.217	4.886	348.017	802	41.600	98	20	6	2.469	67	-	200
MP 35	35	108.695	12.348	561.038	232	44.720	147	6	80	2.500	75	-	240

	Ag ppm	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Co ppm	V ppm	Sb ppm	Cd ppm	Mo ppm	As ppm	X m
MP 36	30	2.391	2.348	5.796	1.800	7.300	45	25	0	45	20	-	280
MP 37	0	28	13	89	926	1.192	8	31	0	1,4	0	-	310
MP 38	2,8	3.333	15.200	11.375	1.719	31.437	48	431	0	51	0	-	350
MP 39	38	46.739	3.287	432.741	371	64.000	130	0	36	2.867	45	-	400
MP 40	48	206.521	5.029	472.527	373	21.320	180	25	97	4.411	0	-	450
MP 41	0	0	49	43	298	449	4	19	0	0	0	-	480
MP 42	0,1	18	22	49	510	575	4	31	0	4	0	-	520
MP 43	77	42.826	40.910	50.000	1.038	1.938	32	100	0	382	0	-	560
MP 44	20	89.130	8.820	750.000	587	23.148	140	0	38	3.221	0	-	600
MP 45	50	78.260	3.750	629.770	1.019	16.120	1	7	50	4.647	0	-	650
MP 46	0	12	13	52	275	340	1	19	0	0	0	-	680
MP 47	0,5	18	37	63	472	325	4	0,8	0	1	0	-	720
MP 48	180	1.369	40.278	11.760	1.269	9.000	20	29	0	41	0	-	760
MP 49	40	90.820	1.427	47.288	620	12.630	1	9	23	3.924	0	-	800
MP 50	31	118.043	2.361	528.571	839	15.500	1	6	15	3.780	0	-	840
MP 51	0	29	15	64	231	269	1	19	0	0,2	0	-	880
MP 52	32	32.608	3.647	541.758	351	18.750	1	0	38	3.780	0	-	1.000
MP 53	5	717	217	3.202	1.370	28.387	18	50	0	12	0	-	1.200
MP 54	25	134.782	1.068	492.391	1.076	38.297	1	0	250	3.162	0	-	1.350
MP 55	57	71.739	1.111	335.443	1.660	27.000	1	6	47	2.370	0	-	1.400
MP 56	2	41	24	42	192	219	4	22	0	15	0	-	1.800
MP 57	1	58	6	11	415	155	4	2	0	4	0	-	2.000
MP 58	222	35.962	10.732	81.317	770	21.856	34	56	0	331	0	-	300
MP 59	139	73.076	27.390	678.934	750	19.162	82	6	391	4.027	0	-	100
MP 60	19	302.150	48.630	201.250	1.146	221.557	350	6	88	860	1.120	-	100
MP 61	21	48.269	1.849	194.286	434	29.940	8	6	6	1.421	0	-	120
MP 62	2	79	11	103	118	2.994	2	6	9	1,6	0	-	60
MP 63	2	94	27	79	263	5.449	2	25	12	1,7	0	-	70
MP 64	2	27	10	36	593	3.293	0	32	15	0,3	0	-	72
MP 65	910	1.538	667.808	4.710	613	8.892	12	19	0	4	0	-	0
MP 66	19	21.154	1.369	456	31	272.324	630	6	0	1,3	728	42	0
MP 67	654	15.380	575.342	26.710	1.780	114.370	1.675	6	0	120	635	142	0
MP 68	87	1.403	4.094	457	8	311.377	1.800	25	9	38	958	385	0
MP 69	310	481	29.452	442	397	356.287	729	213	0	52	80	1.390	0
MP 70	450	3.269	197.552	23.375	2.411	604.790	2.644	625	0	1.430	790	4.643	50
MP 71	275	673	342.470	75.875	3.415	490.420	3.654	67	0	2.780	1.100	6.400	150

	Ag ppm	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Co ppm	V ppm	Sb ppm	Cd ppm	Mo ppm	As ppm	X m
MP 72	17	173	19.310	7.000	3.754	41.920	2.460	44	25	250	150	430	50
MP 73	16	250	13.103	2.057	3.229	185.629	2.260	38	0	360	210	678	150
MP 74	65	231	95.890	3.357	2.560	701.237	2.758	13	0	1.600	740	4.827	250
MP 75	2	192	3.767	1.643	1.383	35.930	200	56	0	70	0	143	350
MP 76	16	231	15.734	1.371	217	284.431	119	0	0	40	0	200	450
MP 77	24	173	40.753	1.500	1.340	213.772	740	25	0	800	100	1.500	550
MP 78	0	558	234	473	881	1.078	4	26	0	3	0	7	630
MP 79	0	138	109	1.446	1.837	12.695	100	25	0	40	0	125	750
MP 80	430	21.346	15.734	31.865	340	284.311	298	25	0	479	630	785	0
MP 81	106	142.308	104.895	217.914	2.154	358.683	950	0	0	1.196	510	1.928	60
MP 82	5	90	3.836	486	810	5.209	10	0	0	2	27	29	100
MP 83	21	109.615	17.466	58.823	1.383	36.826	34	0	0	306	0	360	150
MP 84	18	4.000	4.281	231	231	87.425	38	206	0	18	0	43	130
MP 85	15	119.231	53	560.913	553	44.311	30	0	0	2.717	0	2.540	350
MP 86	25	53.846	3.686	352.791	316	103.593	98	0	0	2.361	0	2.180	460
MP 87	17	126.923	3.187	408.602	256	19.162	4	0	0	2.622	0	1.200	550
MP 88	26	146.156	1.125	472.081	454	68.563	4	0	0	3.472	0	2.500	650
MP 89	32	67.308	2.500	350.855	593	164.670	120	0	0	1.601	0	2.000	760
MP 90	29	119.231	1.656	519.036	435	72.455	68	0	0	3.533	0	121	850
MP 91	26	56.154	8.561	371.657	356	158.682	350	0	0	3.052	0	500	950
MP 92	4	308	3.253	1.139	1.501	9.581	8	25	0	50	0	25	1.050
MP 93	0	10,6	45	64	43	586,8	4	0	0	1	0	11	1.150
MP 94	40	67.308	2.739	678.934	750	19.162	200	0	168	1.027	0	2.670	0

Teneurs ppm	MP66	MP67	MP68	MP69	MP70	MP78	MP91	MP23	MP24	MP28
Co	250	210	1 506	6 210	145	183	22	2	2	10
Ni	5	16	4	29	4	5	0	0	0	0

FORMULES CHIMIQUES DES MINERAUX
CITES DANS CE MEMOIRE

Blende	ZnS
Bornite	CuFeS ₄
Chalcopyrite	CuFeS ₂
Chalcosine	Cu ₂ S
Chlorite	3SiO ₂ . Al ₂ O ₃ . 5(Mg. Fe)O. 4H ₂ O
Corrensite	Interstratifié Chlorite-Montmorillonite
Dioptase	SiO ₂ . CuO. H ₂ O
Erythrine	As ₂ O ₅ . 3CoO. 8H ₂ O
Freibergite	4(Cu ₂ . Ag ₂). Sb ₂ S ₃
Galène	PbS
Germanite	Cu ₆ FeGeS ₈
Glaucodot	(Co, Fe)AsS
Illite	(Si _{(4-x)Al_x}) (Al ₂)O ₁₀ (OH) ₂ (K) _x
Mispickel	FeAsS
Molybdénite	MoS ₂
Montmorillonite	5SiO ₂ . Al ₂ O ₃ . MgO. 6H ₂ O
Muscovite	2SiO ₂ . Al ₂ O ₃ . R. O-R=K ₂ . Na ₂ Ca, Li ₂ . H ₂
Panabase	4Cu ₂ S, Sb ₂ S ₃
Powellite	Ca(MoO ₄)
Pyrite	FeS ₂
Psilomélane	8MnO ₂ . MnO ₂ . MnO. BaO. 2H ₂ O
Renierite	Cu ₆ FeGeS ₈
Roscoelite	SiO ₂ (Fe. Mg) _p SiO ₂ . Al(K. H.) _(N₂O₅)
Safflorite	CoAs ₂
Schapbachite	PbS-AgBiS ₂
Stibine	Sb ₂ S ₃
Talc	4SiO ₂ . 3MgO. H ₂ O
Wulfénite	Pb (MoO ₄)

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEGRE J.C., DUCHAYLARD G., JAVOY M., SARAZIN G., (1967). - Composition isotopique du soufre et problème de la genèse des galènes. Contribution au débat syngénèse-épigénèse. Bull. Soc. Géol. de France, 7e série, Tome IX, pp. 789-940.
- AMOSSE J., (1972). - Principe d'une étude thermodynamique de la répartition zonale des minéraux dans les gisements métallifères. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 275, série D, pp. 637-639.
- AMOSSE J., AUDEBAUD E. (1978). - Corrélations entre les minéralisations du Sud Péruvien et les teneurs en éléments traces des roches éruptives. Géol. Rundschau, 67, 1, Stuttgart, pp. 253-270.
- AMSTUTZ A., (1929). - Contribution à l'étude géologique du Congo Français. Bull. Soc. Géol. Fr. (4), 29, pp. 321-327.
- AMSTUTZ G.C. (1962). - L'origine des gîtes minéraux concordants dans les roches sédimentaires. Chronique des Mines et de la Recherche minière, Paris, n° 308, pp. 115-126.
- AVIAS J. (1971). - Réflexions sur le rôle de l'hydrogéologie et de la paléohydrologie dans la genèse, le remaniement et la destruction des gîtes minéraux en général et des gîtes métallifères stratiformes en particulier. Mémoire du Centre d'Etudes et de Recherches Géologiques et Hydrogéologiques, Tome VI, fasc. I, Montpellier.
- ARNOULD H., LAUZAC F., TOURAY J.C. (1974). - Etude géochimique statistique des inclusions solides d'une gangue filonienne quartzreuse: le cas du filon des Farges. C.R. Acad. Sc. série D., 278, pp. 1309-1312.
- BAKA D. M. (1975). - Les minéralisations en Cu, Pb, Zn de M'Passa (Congo-Brazzaville). Exemple du rôle métallogénique des émergences. Thèse 3ème cycle Nancy.
- BERNARD A., FOGLIERINI F. (1967). - Etude méthodologique sur la genèse des gisements stratiformes de plomb-zinc en environnement carbonaté. Economic Geology Monograph. 3.

- BERNARD A. (1962). - Notions de métallogénie sédimentaire; in Colloque gîtes stratiformes.
Mem. Serv. Geol. du Maroc, 181, pp. 267-282.
- BERNARD A. J. (1977). - Quelques réflexions sur la genèse des gisements du type vallée du Mississipi.
Sciences de la Terre, Tome XXI, pp. 271-302.
- BERNARD A. J., LELEU M. (1967). - A propos de la concentration résiduelle de la blende et de la galène.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 265, série D., pp. 729-732.
- BESNUS Y., LUCAS J. (1968). - Méthode et dosage de 18 éléments majeurs et traces dans les roches sédimentaires et produits d'altération par spectrométrie à lecture directe. Colloque national du C.N.R.S., n° 923, pp. 93-106.
- BESNUS Y., MOSSER Ch. (1976). - Les groupes à intercorrélations positives: une méthode statistique pour déterminer la répartition des éléments chimiques entre les phases constitutives d'une roche.
C.R. Acad. Sc. Paris t. 283, série D, pp. 587-590.
- BESSON M., (1969). - Etude thermochimique des sulfures de la formation ferrifère de Pierrefitte (Hautes-Pyrénées).
Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr. n°2, Tome 92, pp. 172-184.
- BIGOTTE G., (1959). - Contribution à la géologie du bassin du Niari. Etude sédimentologique et métallogénique de la région minière.
Thèse d'Etat, Bull. Direct. Mines, Geol. A. E. F., n°9, 186 p.
- BIGOTTE G., BONIFAS M., MILLOT G. (1957). - Présence du talc dans les roches sédimentaires infracambriennes du bassin du Niari.
Bull. Serv. carte Géol. Alsace Lorraine, t. 10, fasc. 2 Strasbourg.
- CAHEN L. (1954). - Résultats géochronologiques obtenus sur des minéralisations du Congo jusqu'en Mai 1954.
Ann. Soc. Géol. Belge, t. 72, pp. 269-281.
- CAHEN L., LEPERSONNE J. (1966). - Existence de trois orogénèses dans le Précambrien du Bas-Congo.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 262, série D, pp. 1181-1184.
- COLIN J. (1970). - Etude des éléments en traces dans les minerais plomb-zincifères de Luderich (Allemagne).
Ann. Soc. Geol. Belge, t. 93, n°1, pp. 65-72.

- CONNAN J., ORGEVAL J. J. (1973). - Les bitumes des minéralisations barytiques et sulfurées de St Privat (Bassin de Lodève, France).
Bull. Centre Recherche Pau SNPA.
- CONNAN J., ORGEVAL J. J. (1976). - Un exemple de relation hydrocarbures minéralisations: cas du filon du barytine de Saint-Privat (Bassin de Lodève, France).
- CONNAN J., ORGEVAL J. J. (1977). - Un exemple d'application de la géochimie organique en métallogénie: la Mine des Malines (Gard, France).
- COSSON J. (1955). - Carte géologique de reconnaissance à l'échelle 1/5 000 000. Notice explicative sur les feuilles Pointe Noire et Brazzaville.
- DADET P. (1966). - Essai et réinterprétation stratigraphique des formations précambriennes du Mayombe congolais.
Bull. B. R. G. M. Orléans, n°2, pp. 77-91.
- DADET P. (1969). - Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo Brazzaville au 1/5 000 000.
Mem. B. R. G. M., Orléans, n°70, 104 p.
- DARS R., ALLEGRE J. Cl., MICHARD G. (1971). - Sur la formation des gisements stratiformes de plomb-zinc: un modèle de formation proposé d'après les études géochimiques.
C.R. Acad. Sc. Paris t. 273, série D, pp. 1261-1264.
- DELMAS M. R. (1975). - La formation et l'évolution des micrites et dolomicrites.
Bull. Centre Rech. Pau SNPA, 9, pp. 77-97.
- DEVIGNE J. P. (1958). - Le Précambrien du Gabon occidental en A. E. F. et régions limitrophes.
Thèse d'Etat, Bull. Dir. Mines Geol. AEF, n°11.
- DURAND G., LAY Cl. (1960). - Détermination de l'âge de quelques galènes de la vallée du Niari (Moyen Congo).
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 272, série D, pp. 750-751.
- DURAND B., ESPITALIE J., NICAISE G., COMBAZ A. (1972). - Etude de la matière organique insoluble (kérogène) des argiles du Toarcien du bassin de Paris I.
Rev. Inst. française Pétrole 27, 6. pp. 865-884.

- DURAND B., ESPITALIE J., DUDIN J. L. (1970). - Analyse géochimique de la matière organique extraite des roches sédimentaires III. Rev. Inst. française Pétrole 25, 11, pp. 1268-1279.
- FERSMAN A. E. (1955). - Méthodes géochimiques et minéralogiques de recherches de minerais (trad. française). Oeuvres choisies, Tome II, 2ème partie, Edition BRGM microfilm dont 29 pl.
- FEUGERE G., GERARD R. E. (1970). - Geochemical logging a new exploration tool. World Oil 1970, pp. 37-40.
- FORSMAN J. P., HIMT J. M. (1958). - Insoluble organic matter (Kerogen) in sedimentary rocks of marine origin; in: Weeks, L. G. (ed.): Habitat of Oil, pp. 747-778.
- FRANCOIS A. (1974). - Stratigraphie, tectonique et minéralisations dans l'arc cuprifère du Shaba (Rep. du Zaïre); in: gisements stratiformes et provinces cuprifères. Cent. Soc. Geol. Belge, Liège pp. 79-101.
- GERARD G. (1958). - Carte géologique de l'Afrique Equatoriale Française au 1/2 000 000 avec notice explicative. Publ. Dir. Mines Geol. AEF Brazzaville.
- GIRESE P., MASSENGO A. (1971). - Introduction à une étude géologique du fleuve Congo. Essai de mise au point. Ann. Univers. Brazzaville t. VII, pp. 77-95.
- GROMOV A., SABRIER R. (1974). - Géochimie générale. Université d'Alger. Faculté des Sciences, pp. 145-164.
- GUILLAUME A. (1977). - Introduction à la géologie quantitative. Collection Sciences de La Terre, Masson.
- GUILLON J. M. (1963). - Etude géologique et métallogénique de l'Albigeois. Thèse 3ème cycle Paris.
- HALFON J. et ROSIQUE A. (1973). - Comparaison des éléments "en traces" dans les blendes du filon et du stratiforme de Saint-Salvy (Tarn) Bull. B. R. G. M., 2è série, sect. II, n° 5, p. 403-432.
- JONATHAN D., LE TRAN KHANH, OUDIN J. L., VAN DER WEIDE B. (1976). - Les méthodes d'études physico-chimiques de la matière organique. Bull. Centre Rech. Pau SNPA, pp. 51-108.

- JORESKOG et al ... (1976). - Methods in geomathematics geological factor analysis. Elsevier scientific publishing company.
- KULP J. L., AULT W. V., FEELY H. W., 1956. - Sulfur isotope abundance in sulfide minerals. Econ. Geol. Urbana vol. 51, n°2, pp. 139-149.
- LAVILLE-TIMSIT L., LELEU M., WILHELM E., (1976). - Note préliminaire sur le comportement des éléments Cu, Pb, Zn, Ag, Mn, As, Bi lors de la remobilisation d'une minéralisation sulfurée. Bull. Soc. Geol. France 7, t. XVIII, n°1, pp. 101-105.
- LE TRAN KHANH (1975). - Analyse et étude des hydrocarbures gazeux occlus dans les sédiments. Bull. Centre Rech. Pau SNPA, pp. 223-243.
- MASSENGO A. (1970). - Contribution à l'étude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique de la série Plio-Pléistocène du bassin côtier du Congo-Brazzaville. Thèse Fac. Sci. Bordeaux, 159 p.
- MICHARD G., TREUIL M. (1969). - Reflexions sur l'utilisation des corrélations entre éléments-traces en géochimie: exemples Bull. Soc. Geol. France 7, t. XI, pp. 595-598.
- MICHOT J. (1958). - La diffusion dans le processus de sécrétion latérale. Ann. Soc. Geol. Belg. t. LXXXI, pp. 159-177.
- NICOLINI P. (1959). - Le synclinal de la Nyanga (zone de la boucle du Niari). Contribution à l'étude de la minéralisation stratiforme du Moyen Congo (Thèse). Bull. Dir. Mines Geol. AEF, n° 10.
- PICOT P., SCOLARI G., TROLY (1963). - Nouvelles données sur la paragenèse de la mine de M'Passa. Bull. Soc. Fr. Min. Crist. Paris 86, pp. 355-358.
- PICOT P., PIERROT R. (1976). - Les minéraux en traces dans les minerais et leurs associations. Significations géologiques et gftologiques de leurs existences. Soc. Géol. Fr. n°7, pp. 241-244.
- RAMDOHR P. (1960). - Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademischer Verlag Berlin, 1, vol. 1089 p.

- ROUTHIER P. (1963). - Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherche.
2 vol., Masson, Paris.
- SCOLARI G. (1965). - Etude géologique du bassin du Niari oriental (Rép. du Congo Brazzaville) et de ses minéralisations Cu, Pb, Zn.
- SHAZLY, WEBB, WILLIAMS (1957). - Trace elements in sphalerite, galena and associated minerals from the British isles.
Bull. Inst. Min. Métall. 66, n°604, p. 6, pp. 241-271.
- WEDEPOHL K. H., CORRENS C. W., SHAW D. M. (1972). - Handbook of geochemistry.
Springer Verlag Berlin Heidelberg New-York, vol. II/3.
- WILHELM E. (1970). - Carte des minéralisations de la République Populaire du Congo au 1/500 000.
Bureau Minier Congolais.

=====

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	- Stratigraphie des formations du bassin côtier de la République Populaire du Congo.....	20
Tableau II	- Stratigraphie des formations de la couverture continentale	20
Tableau III	- Stratigraphie du précambrien du Congo	24
Tableau IV	- Corrélation stratigraphique du précambrien de l'Afrique centrale	38
Tableau V	- Répartition schématique de la minéralisation au Niari	42
Tableau VI	- Statistique sur les variables	51
Tableau VII	- Matrice de corrélation	56
Tableau VIII	- Variables (transformées) dans la base factorielle (orthonormée) de l'espace des variables	57
Tableau IX	- Qualité de la représentation des composantes ou communauté des variables avec les axes factoriels: ..	59
Tableau X	- Résultats analytiques des échantillons de terre noire	68
Tableau XI	- Statistique des variables	70
Tableau XII	- Formation du schisto-calcaire supérieur dans la mine de M'Passa	80
Tableau XIII	- Résultat de l'analyse diffractométrique de huit échantillons d'argile	86
Tableau XIV	- Matrice de corrélation (Analyse A)	97
Tableau XV	- Matrice de corrélation (Analyse B)	97
Tableau XVI	- Projection et qualité de la représentation des composantes principales dans les analyses A.....	101

Tableau XVII	- Projection et qualité de la représentation des composantes principales dans les Analyses B....	102
Tableau XVIII	- Résultats analytiques des teneurs en fer des blendes triées	109
Tableau XIX	- Calcul approché du coefficient de partage K du Cd et de l'As dans les blendes triées	122
Tableau XX	- Schéma de l'analyse organique	127
Tableau XXI	- Résultats analytiques de la matière organique	129
Tableau XXII	- Résultats analytiques des hydrocarbures gazeux adsorbés	129
Tableau XXIII	- Mesures des rapports $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ des échantillons de M'Passa	135
Tableau XXIV	- Zonation des teneurs moyennes des minerais	140

=====

LISTE DES FIGURES

Figure 1	- Carte de situation: les grandes unités régionales	10
Figure 2	- Vue schématique de la géologie régionale	18
Figure 3	- Schéma de la position tectonique de l'anticlinorium de la Loukoumi	32
Figure 4	- Coupe à travers le synclinal de la Nyanga	33
Figure 5	- Coupe SSW-NNE à la petite mine (Boko-Songho).....	35
Figure 6	- Coupe schématique à travers le synclinorium du Niari	36
Figure 7	- Situation des principaux gisements et indices du synclinorium du Niari	41
Figure 8	- Extraits de la carte géochimique du schisto-calcaire supérieur (zone de M'Fouati, Kimbédi, Mimpala, M'Passa)	47
Figure 9	- Plan des axes 1 et 2	60
Figure 10	- Plan des axes 1 et 3	61
Figure 11	- Plan des axes 2 et 3	63
Figure 12	- Diagramme de corrélation carbonates-manganèse	66
Figure 13	- Diagramme de corrélation Mn - Pb	67
Figure 14	- Diagramme de corrélation Mn-Zn	67
Figure 15	- Coupe lithologique et caractéristiques chimiques de SC III sup. M'Fouati, Kilemba	71
Figure 16	- Coupe lithologique et caractéristiques chimiques du SC III sup. Mimpala	71
Figure 17	- Situation de la mine de M'Passa	78
Figure 18	- Coupe géologique de la mine de M'Passa Quartier A bis	88

Figure 19	- Coupe géologique de la mine de M'Passa Quartier Abis	89
Figure 20	- Coupe schématique. Localisation des échantillons étudiés Quartier Nord	92
Figure 21	- Coupe schématique. Localisation des échantillons étudiés Quartier Abis	92
Figure 22	- Dendogramme de corrélation positive (Analyse A)	98
Figure 23	- Dendogramme de corrélation positive (Analyse B)	98
Figure 24	- Variation horizontale de l'abondance de ZnS, PbS, FeS, Co, Cu	99
Figure 25	- Projection des échantillons et des variables sur le plan des facteurs 1 et 2 (Analyse A)	104
Figure 26	- Projection des échantillons et des variables sur le plan des facteurs 1 et 2 (Analyse B)	106
Figure 27	- Variation de la teneur en fer des blendes de la faille aux bancs repères	108
Figure 28	- Coupe d'isofacteurs relatives au 1er axe Quartier Nord	110
Figure 29	- Coupe d'isofacteurs relatives au 1er axe Quartier Abis	110
Figure 30	- Coupe d'isofacteurs relatives au 2ème axe Quartier Nord	111
Figure 31	- Coupe d'isofacteurs relatives au 2ème axe Quartier Abis	111
Figure 32	- Diagramme de corrélation Pb-Zn	114
Figure 33	- Diagramme de corrélation Pb-Ag	114
Figure 34	- Diagramme de corrélation Cu-Ag	114

Figure 35	- Diagramme de corrélation Fe-Cu	115
Figure 36	- Diagramme de corrélation Cu-As	115
Figure 37	- Diagramme de corrélation Cu-Sb	115
Figure 38	- Diagramme de corrélation Ag-As	120
Figure 39	- Diagramme de corrélation Fe-Co	120
Figure 40	- Diagramme de corrélation Cu-Co	120
Figure 41	- Diagramme de corrélation Fe-As	12012
Figure 42	- Diagramme de corrélation Co-As	121
Figure 43	- Diagramme de corrélation Cd-As	121
Figure 44	- Diagramme de corrélation Mo-Co	124
Figure 45	- Diagramme de corrélation Mn-Co	124
Figure 46	- Teneur en carbone organique en fonction du résidu insoluble (Mine de M'Passa)	130
Figure 47	- Teneur en carbone organique en fonction du résidu insoluble (Mine des Malines)	131
Figure 48	- Composition des hydrocarbures gazeux reportée sur un diagramme C ₂ /C ₁ - C ₃ /C ₁ (Mine de M'Passa)	133
Figure 49	- Composition des hydrocarbures gazeux reportée sur un diagramme C ₂ /C ₁ - C ₃ /C ₁ (Mine des Malines)	133
Figure 50	- Représentation des rapports entre les différents types de minéralisations	136
Figure 51	- Schéma synthétique de l'histoire de formation des gisements de Niari	147



Dernière page d'une thèse

VU

Grenoble, le 27. 11. 1979.

Le Président de la thèse


R. MICHEL

Vu, et permis d'imprimer,

Grenoble, le 5 décembre 1979

Le Président de l'Université
Scientifique et Médicale





Dr G. CAU