

N° D'ORDRE : 1331

50376  
1986  
45

50376  
1986  
45

**THESE**

PRESENTEE A L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE EN MINERALOGIE  
Géologie Appliquée

par

**AUGUSTE MINDOULI**



**TERRES NOIRES DU NIARI (CONGO)  
MINERALOGIE - TRAITEMENTS  
EVOLUTION DES MINERAUX MANGANESIFERES**

SOUTENUE LE 10 JUIN 1986

Devant la Commission d'Examens

Président : J. PROUVOST

Rapporteur : J. GLACON

Examineurs : G. DEICHA

M. WATERLOT

## REMERCIEMENTS

---

En terminant ce mémoire je tiens à remercier les personnes qui m'ont fait l'honneur de participer à ce jury.

A Monsieur le Professeur Jean PROUVOST, qui m'a accueilli dans le laboratoire de Minéralogie et a accepté de diriger ce travail, j'exprime ici toute ma gratitude.

A Messieurs les Professeurs Louis PONSOLLE et Michel WATERLOT dont les conseils me furent très profitables je tiens à exprimer toute ma reconnaissance.

Je remercie également Monsieur le Professeur J. GLACON qui a accepté de juger ce travail et Monsieur G. DEICHA, Directeur de Recherche au C.N.R.S., qui a manifesté son intérêt pour ce mémoire.

Durant mon séjour au laboratoire j'ai bénéficié de la compétence de Monsieur Jean-Pierre LECLERCQ qui n'a cessé de m'aider techniquement et des fructueux conseils de Monsieur Jean-Marie MALEZIEUX. Je leur en suis profondément reconnaissant.

Je tiens également à remercier Messieurs P. PICOT, P. DEVRAINNE, F. LAUZAC et R. SERMENT qui n'ont cessé de me conseiller sur différents aspects minéralogiques.

Le travail de dactylographie a été réalisé par Madame FLORENT, les planches photographiques par Monsieur Jean CARPENTIER, le service offset par Madame BREBION. Je les remercie du soin qu'ils ont apporté à la réalisation de cette thèse et de la grande disponibilité dont ils ont su faire preuve.

Ma reconnaissance va aussi aux employés de la SOCOREM (Société Congolaise de Recherche et d'Exploitation Minière) et tous mes collègues chercheurs de l'Université de Brazzaville et de l'Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois.

Je dédie ce mémoire à mon épouse, mes enfants et mes parents pour les remercier de la patience qu'ils ont manifestée à mon égard.

## SOMMAIRE

Pages

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : GENERALITES.....	2
I - Présentation de la région étudiée.....	3
II - Historique.....	10
DEUXIEME PARTIE : MINERALISATION TYPES TERRES NOIRES.....	36
Définition du Minerai types Terres Noires.....	37
TROISIEME PARTIE : TRAITEMENTS GENERAUX ET APPAREILLAGES.....	54
I - Traitements généraux.....	55
II - Appareillages.....	58
QUATRIEME PARTIE : LES FORMATIONS MINERALES.....	60
Les formations minérales.....	61
CINQUIEME PARTIE : HYPOTHESES GENETIQUES.....	79
I - Problèmes d'altération.....	80
II - Evolution des conceptions minéralogiques.....	81
CONCLUSION GENERALE.....	85
BIBLIOGRAPHIE.....	88
LISTE DES FIGURES.....	98
LISTE DES TABLEAUX.....	99
TABLE DES MATIERES.....	100

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

## INTRODUCTION

Ce travail, entrepris dans le cadre des activités du laboratoire de Minéralogie, a pour but de préciser la minéralogie des Terres Noires du Niari, de suivre l'évolution des minéraux manganésifères et d'aborder le problème délicat du traitement des Terres Noires.

- Dans la première partie, le contexte géologique est retracé, d'après les travaux antérieurs et les données récentes.

- Dans une seconde partie, nous avons replacé les Terres Noires dans leurs contextes stratigraphique et géologique.

- La troisième partie renferme un exposé succinct des méthodes et appareils utilisés pour l'étude et la valorisation des Terres Noires.

- La quatrième partie comprend une étude minéralogique détaillée ainsi qu'une discussion mettant l'accent sur la transformation et l'évolution des minéraux.

- Enfin la cinquième partie aborde le problème des hypothèses génétiques des Terres Noires.

PREMIERE PARTIE

GENERALITES

## I - PRESENTATION DE LA REGION ETUDIEE

### 1) DOMAINE D'ETUDE.

Les gîtes de Mindouli et Renéville (Nguinou) sont situés dans la vallée du Niari en République Populaire du Congo, pays d'une superficie de 342 000 Km<sup>2</sup> au coeur de l'Afrique Centrale, limité au Nord par la République du Cameroun et la République Centrafricaine, à l'Est par le fleuve Congo et son affluent l'Oubangui, au Sud par le Zaïre et le Cabinda, au Sud-Ouest par l'océan Atlantique, à l'Ouest par la République Gabonaise (fig. 1).

### 2) ETENDUE DE LA MINERALISATION.

De Boko-Songho à Renéville de nombreux indices ont été découverts justifiant ainsi la dénomination de bassin minéralisé du Niari. Il s'agit d'une bande de 180 Km de long et de 10 à 15 Km de large, limitée :

- au Nord par le chemin de fer Congo-Océan (C.F.C.O.),
- à l'Ouest par le rebord oriental de la chaîne du Mayombe,
- au Sud par le rebord septentrional du Plateau des Cataractes,
- à l'Est par la bordure occidentale des Plateaux Batékés.

(fig. 2).

Mindouli et Renéville sont deux gîtes importants de la région minière.

### 3) CLIMAT ET VEGETATION.

#### A - Climat.

Le climat est tropical et humide. La saison des pluies dure environ huit mois (d'octobre à mai) et une grande saison sèche de juin à septembre. La saison des pluies est interrompue momentanément par une petite saison sèche de janvier à février. Les pluies et les orages sont



Fig 1



moins violents à cette période. Les températures moyennes annuelles varient entre 21°C et 27°C. La température la plus forte se situe aux environs de 35°C.

#### B - Végétation.

Le climat tropical humide aide au développement des essences herbeuses et permet, selon les conditions d'humidité du sol, l'installation d'essences arborescentes. La végétation est du type savane. De nombreux lambeaux forestiers et des forêts galeries sont observables. La forêt dense équatoriale occupe le Mayombe, le Massif de Chaillu. Le Nord du pays est riche en forêts marécageuses, la mangrove s'observe dans les lagunes de la plaine côtière et l'embouchure du Kouilou.

#### 4) FAUNE.

Les espèces les plus remarquées dans la faune sont les buffles, les antilopes, les singes. L'éléphant est assez rare. On rencontre parfois des lions et plus rarement des panthères. De nombreux oiseaux et insectes envahissent la vallée du Niari.

#### 5) TOPOGRAPHIE.

Dans la région de Mindouli, un cheminement du Sud au Nord nous montre :

- le Plateau des Cataractes, d'altitude moyenne 550 à 600 mètres,
- la Plaine de Bembé avec un dénivellement de 150 à 200 mètres par rapport au Plateau des Cataractes,
- la Plaine du Niari qui s'abaisse peu à peu jusqu'au fleuve Niari (altitude 200 mètres).

En résumé, nous avons :

- . un plateau E-0, altitude 600 mètres,
- . une plaine peu accidentée, altitude 400 mètres,
- . un plateau tabulaire étroit s'élevant à 550 mètres,
- . enfin la Plaine du Niari.

Renéville (Nguinou) est située dans une vallée ouverte orientée SW-NE. Les points culminants de la région sont le Mont Mouret (370 mètres), les rochers Amélie, Enders et Marie (420 mètres).

D'une façon générale la topographie du bassin minier présente par endroits des reliefs très accusés :

- 600 m pour le Mont Comba,
- 700 m pour le Pic Albert.

La région minière est divisée en quatre ensembles morphologiques très distincts :

. Le Mont Comba :

7 Km de long d'Est en Ouest et 3 Km de large avec une altitude moyenne de 350 mètres.

. Le Mont Ngouedi :

Unité morphologique importante de la région et lieu de culte de l'Eglise Evangélique. Son altitude est de 100 mètres.

. La Vallée de Boko-Songho :

Limitée au Sud par les Plateaux des Cataractes et au Nord par le Mont Kanga. Son altitude est de l'ordre de 350 mètres.

. Le Massif de Mfouati :

Il constitue une région séparée par des vallons et des gorges spectaculaires (ex. Gorges du Palabanda). Son altitude est de 410 mètres.

## 6) HYDROGRAPHIE.

En raison du type de climat, les cours d'eaux sont nombreux, ils prennent souvent leur source dans les Plateaux Batékés.

Six bassins principaux drainent le bassin minier du Niari (fig. 3) :

- le bassin de la Loutété (Louvisie occidentale),
- le bassin de la Bouaboua (Louvisie orientale),
- le bassin de Comba,
- le bassin du Djoué,
- le bassin de la Nkenké,
- le bassin de la Foulakari.

A Mindouli et Renéville coulent les rivières suivantes :

Mindouli

- . la Souaka (Mouillette),
- . le Mindouli,
- . la Bitoutou,
- . la Vounvou,
- . la Bembé.

Renéville

- . la Ngékouri,
- . la Moukala,
- . le Djoué.

7) VOIES DE COMMUNICATIONS.

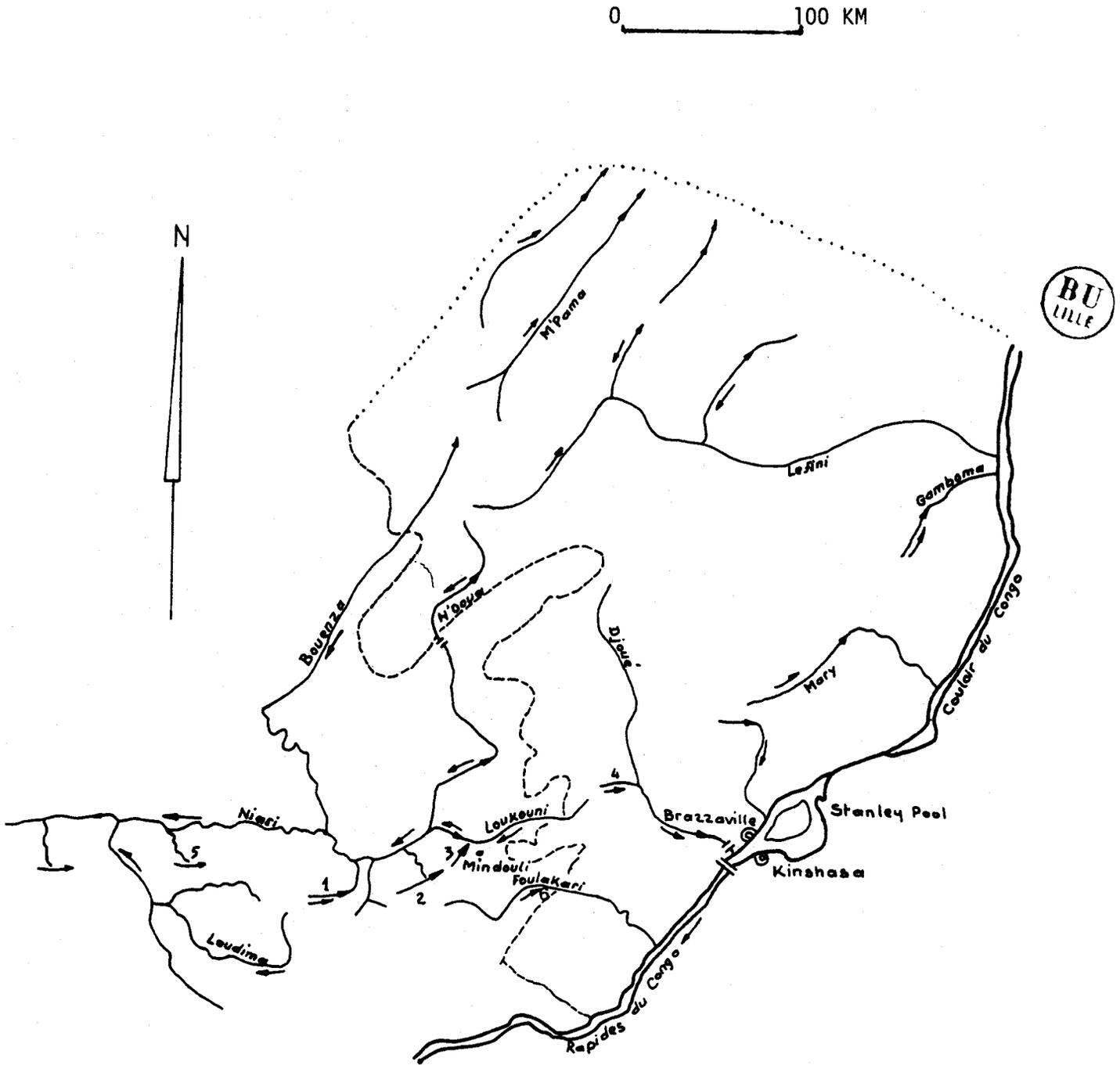
La ville de Mindouli est située le long de la voie de chemin de fer Congo-Océan. Une route d'une dizaine de kilomètres relie la mine à la ville.

A une soixantaine de kilomètres au NE de Mindouli se trouve le gîte de Renéville.

8) POPULATION.

La ville de Mindouli compte une population de 7 397 habitants. Renéville compte à peu près 300 habitants.

Fig. 3 - Esquisse du réseau hydrographique



## II - HISTORIQUE

### 1) TRAVAUX ANTERIEURS.

Quatre grandes périodes peuvent être distinguées dans l'étude de la minéralisation du Niari :

- . une période juvénile,
- . une période d'intense activité,
- . une période de mise au net,
- . une période récente.

#### . Une période juvénile :

Elle est celle des explorateurs et des intellectuels qui, par goût de l'aventure, cherchent à connaître l'Afrique :

- P. Savorgnan de Brazza (1879),
- G. Dechavannes (1884-1885),
- R. Thollon (1891),
- Peschuel-Loesche (1877-1878),
- A. Le Chatelier (1895),
- M. Barrat (1895).

#### . Une période d'intense activité :

Elle se résume par la création de nombreuses entreprises minières, l'obtention des permis d'exploitation, la construction des routes pour l'écoulement du minerai.

- 1903 création du SMCF (Syndicat Minier du Congo Français),
- 1906 création du CMCF (Consortium Minier du Congo Français),
- 1906-1907 Mission J. Bel pour les travaux d'études du chemin de fer Congo-Océan,
- 1910 début d'exploitation de la Mine de Mindouli,
- 1917-1921 travaux de Sluys mettant en évidence la tectonique superposée au Bas-Congo,
- 1921 création de la Société Africaine Minière Equatoriale A.M.E.
- 1929 travaux de V. Babet,
- 1930 travaux de L. Cayeux.

. Une période de mise au net :

Elle consiste à faire connaître les nouvelles richesses et à approfondir les connaissances sur le terrain pour la relance d'activités de grande envergure.

- 1950 création E.M.A. (Entente Minière d'Afrique Centrale),
- 1950 création de la SOMINIA (Société Minière du Niari),
- 1952 travaux de L. Cahen,
- 1959 travaux de G. Bigotte,
- 1965 travaux de G. Scolari.

. Une période récente :

Elle est l'oeuvre des nationaux qui, dans de nombreuses thèses, par le biais de la direction des Mines, des experts étrangers et de travaux universitaires, affinent les données antérieures.

- 1966-1977 Missions Soviétiques et Bulgares travaillant pour le BUMICO (Bureau Minier Congolais),
- 1975 publication de la carte de la minéralisation de la République Populaire du Congo au 1/50 000e par le BUMICO,
- 1975 thèse de D.M. Baka,
- 1979 thèse de D. Mouzita,
- 1985 thèse de N'Zaou-Moutou,
- 1985 thèse de J.M. Koud.

## 2) CADRE GEOLOGIQUE.

Les formations du bassin minier font partie du Précambrien. De nombreux auteurs (J.P. Devigne 1958, G. Gérard 1958) subdivisent le Précambrien du Congo en :

- . Précambrien supérieur,
- . Précambrien moyen,
- . Précambrien inférieur.

. Le Précambrien inférieur (2700-1600 MA) :

C'est le cas du Massif de Chaillu et du système de Mayombe :

- le Massif de Chaillu est un immense batholite granitique fortement érodé,
- le système de Mayombe comprend les séries de la Loémé-Bikossi et de la Loukoula.

. Le Précambrien moyen (1700-900 MA) :

Deux systèmes sont observables :

- le système de Bamba, équivalent du Francellien du Gabon daté 1700 MA,
- le système du Kouilou avec deux séries :
  - . série de la Tillite inférieure,
  - . série de la Louila.

. Le Précambrien supérieur (900-650 MA) :

Formation liée à l'orogénèse Ouest-Congolienne. Elle se présente en deux systèmes dont la Tillite inférieure est la base :

- le système schisto-gréseux,
- le système schisto-calcaire.

Le système schisto-calcaire occupe presque la totalité de la surface du synclinal Niari-Nyanga dans la partie méridionale du Congo. Il repose sur la tillite supérieure, quand celle-ci existe.

Le système schisto-gréseux montre deux séries discordantes et de puissance sensiblement égale : la série de la M'Pioka et celle de l'Inkisi.

Les travaux de J. Lepersonne (1951), J.L. Mestraud (1971) et G. Ossié (1980) font remarquer qu'en République Populaire du Congo et en Angola, deux orogénèses seulement sont observables :

- . orogénèse Ouest Congolienne (Précambrien A) ou supérieure,
- . orogénèse Prémymbienne (Précambrien D) ou inférieure.

L'orogénèse Mayombienne (Précambrien C) ne serait représentée qu'au Zaïre.

On peut récapituler les travaux des géologues de l'Angola, de la République Populaire du Congo et du Zaïre dans un tableau (cf. Tableau 1).

TABLEAU 1

Récapitulation des travaux des géologues de l'Angola, de la République Populaire du Congo et du Zaïre

République de l'Angola		République Populaire du Congo		République du Zaïre	
Séries	Orogenèse	Séries	Orogenèse	Séries	Orogenèse
Inkisi	Ouest Congolien (Pc. A)	Inkisi	Ouest Congolien (Pc. A)	Inkisi	Ouest Congolien (Pc. A)
Lower Tillite		Tillite inf.		Tillite inf.	
Sansikwa Torreiro S3		Bamba Mossouva M'Vouti  Loukoula		Sansikwa	
				Inga Mt Lungu Sikila	Mayombien (Pc. C)
	Basement complex (Pc D)	Bikossi Loémé	Prémayombien (Pc. D)	Tshela Matadi Palabala	Zadinien (Pc. D)

Les minéralisations du Niari appartiennent au Précambrien A (Pc. A). Ce Précambrien A est représenté par le système du Congo occidental. Les formations de ce système sont recouvertes par les formations continentales de la cuvette congolaise (séries de Stanley Pool et des Plateaux Batékés). Elles sont limitées au Nord-Est par les formations plus anciennes du Massif de Chaillu et au Sud-Ouest par la suture du Mayombe.

J. Cosson (1955), J.P. Devigne (1958), P. Nicolini (1959) ont groupé les séries stratigraphiques suivantes en système du Congo occidental.

Nous avons de haut en bas (cf. Tableau 2) :

- la série de l'Inkisi (I),
- la série de la M'Pioka (P),
- les séries Schisto-Calcaires (SC),
- la série de la Tillite supérieure du Bas-Congo,
- la série de la Louila et de la Bouenza,
- la série de la Tillite inférieure du Bas-Congo.

- La série de l'Inkisi :

Elle est bien représentée dans la région Sud-Ouest de Brazzaville où elle forme le Plateau des Cataractes, depuis la vallée du Djoué et de la Madzia au Nord, jusqu'au fleuve Congo au-delà duquel elle se poursuit vers le Sud en territoire zaïrois. Vers le Nord et le Sud-Ouest, elle repose sur la série de la M'Pioka, tandis que, jusqu'aux environs de Boko, elle est surmontée de lambeaux plus ou moins étendus de la série des Plateaux Batékés.

D'une puissance de 600 à 700 m elle débute localement par un conglomérat de base et a été divisée en deux étages.

. L'étage supérieur des grès siliceux feldspathiques ou micacés de teinte lie de vin à rouge brique, avec des rares intercalations d'argilites de grains fins à moyens, dans l'ensemble il devient plus grossier vers la base qui présente un faciès arkosique marqué. Cet étage couronne le Sud du Plateau des Cataractes dans l'Est du district de Boko.

. L'étage inférieur est essentiellement formé d'arkoses, à mica blanc, de teinte lie de vin clair à brun rouge ; quartziteuses, grossières, celles-ci présentent des stratifications entrecroisées et contiennent de nombreux galets plats (quartz, grès, psammites, argilites) isolés et répartis sans ordre ou groupés en formations lenticulaires. Elles affleurent notamment dans la vallée du Djoué et aux environs de Boko. Un conglomérat de base lenticulaire, à pâte arkosique grossière, contenant les galets de quartz est bien représenté à l'Ouest de Boko et sur la bordure Nord du Plateau des Cataractes.

La série de l'Inkisi repose en concordance apparente sur la série de la M'Pioka. Il existe une importante lacune d'érosion entre ces deux séries et la disposition transgressive de la série de l'Inkisi provoque localement une légère discordance angulaire.

J. Cosson (1955) considère que les faciès de l'Inkisi inférieur caractérisent un dépôt apporté sous faible tranche d'eau. Tandis que les conditions de sédimentation de l'Inkisi supérieur devaient être plus calmes, en liaison possible avec l'approfondissement du milieu.

L. Cahen *et al.* (1976) estiment pour leur part que, dans son ensemble, la série de l'Inkisi présente de nombreux caractères continentaux.

- La série de la M'Pioka :

La série de la M'Pioka présente une extension beaucoup plus grande que celle de l'Inkisi. Débutant à l'Est, au confluent Djoué-Madzia, les faciès de cette série se distinguent de ceux de l'Inkisi par leur granulométrie fine, leur stratification plus nette, leur nature plus souvent argileuse et leurs teintes variées.

Dans la région orientale du Niari où elle est plus complète avec une épaisseur de 1 000 m, J. Cosson a groupé les différents niveaux en :

\* Etage supérieur  $P_{II}$  qui comporte trois niveaux :

. Niveau supérieur ( $P_{II}^c$ ) dans la région Sud de Boko. Ce niveau est constitué d'argilites micacées rouge brique à rares intercalations gréseuses tandis qu'il est surtout gréseux dans la région de Mindouli (J. Nicolaï, 1955).

. Niveau moyen ( $P_{II}^b$ ) ensemble grés-argileux ou dominant des grès feldspathiques de teinte gris vert à gris bleu, plus argileux dans la région de Mindouli.

. Niveau inférieur ( $P_{II}^a$ ) grès quartzites feldspathiques, rose ou mauve, souvent micacés à oligistes, en bancs massifs, à stratifications entrecroisées fréquentes. A M'Passa ce niveau présente une puissance de 150 m tandis qu'au SE de Mindouli il atteint une puissance de l'ordre de 300 m. A Mindouli la puissance totale de l'étage supérieur de la M'Pioka est d'environ 450 m. Elle diminue vers l'Ouest où l'étage finit par disparaître.

\* Etage inférieur  $P_I$  qui comporte également trois niveaux :

. Niveau supérieur ( $P_I^c$ ) argilites parfois gréseuses ou micacées de teinte brique ou rouge orangé, avec intercalations lenticulaires, des grès feldspathiques, plus abondants vers le sommet et parfois bréchiformes à éléments d'argilites.

. Niveau moyen ( $P_I^b$ ) : grès quartzites feldspathiques, brun mauve ou gris.

. Niveau inférieur ( $P_I^a$ ) : argilite de teinte lie de vin microgréseuse et souvent calcaireuse passant vers la base à des grès feldspathiques. Un conglomérat de base, la brèche du Niari, marque le début de la série de la M'Pioka. Le ciment grés-calcaireux enrobe les éléments peu roulés ou subanguleux de calcaires dolomitiques et de cherts, plus rarement de quartz et d'argilites.

Selon J. Cosson (1955) et P. Nicolini (1959), à ce conglomérat bréchique peut se substituer, dans la région comprise entre Boko-Songho et Renéville, un ensemble à trois niveaux :

- niveau ( $P_0^c$ ) de conglomérat bréchoïde,
- niveau moyen ( $P_0^b$ ) des grès hétérogènes, quartziteux et feldspathiques,
- niveau inférieur ( $P_0^a$ ) de conglomérat bréchoïde.

- Les séries Schisto-Calcaires :

Les séries Schisto-Calcaires affleurent depuis la vallée du Djoué jusqu'au Niari et la Nyanga. Elles constituent une puissante formation dont l'épaisseur est de l'ordre de 1 000 mètres. L'ensemble de ces séries forme le système schisto-calcaire.

La stratigraphie de ce système est connue grâce aux travaux de V. Babet, 1929. Ce dernier subdivise le système schisto-calcaire en trois zones de dépôt, basées sur les conditions bathymétriques.

J. Cosson, reprenant la subdivision en trois zones de V. Babet, a adopté le terme de formations qui renferment différents niveaux lithologiques.

Les travaux de P. Nicolini (1959) dans le synclinal de la Nyanga ont permis de définir la série de Biboua rattachée au système schisto-calcaire et considérée comme étage supérieur de ce système, désignée sous le nom de SC IV. Dans la région du Niari, la synthèse stratigraphique établie par J. Cosson (1955) et étudiée en détail par J. Nicolaï (1955) pour la région de Mindouli et G. Bigotte (1959) pour la région de Boko-Songho présente :

- Le SC IV :

A l'extrémité occidentale du Plateau des Cataractes on a observé, reposant en discordance sur les dolomies claires du SC III, des calcaires argileux et cristallins, à bancs silicifiés. Ceux-ci passent vers le haut à des argilites, alternant avec des grès feldspathiques. Cette formation est directement surmontée en légère discordance par le niveau  $P_0$  de la M'Pioka.

- Le SC III :

Cet étage comporte sur l'ensemble du bassin du Niari trois niveaux lithologiques bien définis :

. Le niveau supérieur (SC III<sup>c</sup>) se compose de dolomies massives gris clair, à pyrite et à lits silicifiés, abondantes vers le sommet ; la base est constituée de calcaires bréchiqes et gréseux. Ce niveau supérieur comprend également un horizon oolithique associé à un banc de stromatolithes.

. Le niveau moyen (SC III<sup>b</sup>) est un ensemble dolomitique fétide de teinte foncée, massif ou en plaquettes, avec des intercalations marneuses et calcaires, des horizons à pseudo-oolithes et micropoudingues, des bancs à stromatolithes ; localement on a des passées de gypse.

. Le niveau inférieur (SC III<sup>a</sup>) débute à la base par des calcaires bréchoïdes, surmontés de dolomies grises, fétides, sur lesquels reposent des masses argileuses contenant vers le sommet des bancs pseudo-oolithiques, gris violacé, siliceux et scoriacés. Cet horizon constitue le niveau repère dit oolithe de "Kisantu" (Bas-Zaïre).

La puissance du SC III, maximum à M'Fouati (360 m), diminue régulièrement vers le Nord-Ouest jusqu'à Renéville (180 m).

- LE SC II :

Cet étage se distingue nettement du précédent par sa richesse en faciès argileux et siliceux et sa grande pauvreté en faciès dolomitiques.

- Le SC I :

Il comprend trois niveaux :

. Un niveau (SC I<sup>c</sup>) couronné par un horizon de calcaires massifs, clairs, oolithiques, très purs, que surmontent des calcaires en bancs épais, souvent oolithiques, localement à stromatolithes. Ceux-ci passant progressivement vers le bas à des calcaires gris bleu. Puissance de ce niveau : 50 à 60 m.

. Un niveau moyen (SC I<sup>b</sup>) qui débute au sommet par des calcaires marneux, gris bleuté, en plaquettes et petits bancs. Ils se superposent à des calcaires marneux lie de vin à brun rouge en plaquettes et des marnes de même teinte. Epaisseur : 350 m.

. Un niveau inférieur (Sc I<sup>a</sup>) qui se réduit à un niveau unique peu épais (10 m) de dolomies roses, plus rarement grises, en bancs massifs. L'épaisseur totale du Sc I est de 100 à 450 m.

- Série de la Tillite supérieure du Bas-Congo :

Anciennement définie sous le terme de "Tillite du Niari", ce conglomérat glaciaire ou péri-glaciaire affleure en une bande continue sur le flanc Nord-Est du synclinorium du Niari-Nyanga. Cette formation débute au Sud-Ouest de Pangala où elle est recouverte par la série des Plateaux Batékés jusqu'à Lebamba au Nord-Nord-Est de Ndende (G. Gérard, 1958).

V. Babet la décrit sous forme d'argile bariolée, grise, jaune, verte ou rouge, schisteuse ou compacte, sans stratifications visibles, pétrie de sable ou renfermant pêle-mêle des cailloux de dimensions très variables, arrondis ou anguleux, à crêtes plus ou moins émoussées. L'origine glaciaire de cette formation est contestée. L.J.G. Schermerhon et W.I. Stanton (1963) l'assimilent à une Tilloloïde.

- Série de la Louila et de la Bouenza :

Ces deux séries homologues appartiennent au système du Congo occidental. La première affleure sur le flanc Sud-Ouest du Synclinorium où elle est comprise entre la Tillite supérieure et la Tillite inférieure du Bas-Congo. La seconde s'observe sur le flanc Nord-Est où elle se situe entre la Tillite supérieure et les formations métamorphiques et surtout éruptives du Massif de Chaillu.

- Série de la Tillite inférieure du Bas-Congo ou série de Bamba :

Affleurant uniquement au flanc Sud-Est de la chaîne ouest-congolienne, beaucoup plus épaisse que la Tillite supérieure, la Tillite inférieure est constituée d'une substance argileuse et noirâtre, schistifiée, enrobant des galets de nature variée. Sa genèse continentale est admise au Zaïre et en Angola, par l'observation des niveaux de grès d'origine eolienne intercalés aux niveaux strictement tillitiques.

Au Gabon et au Congo, la Tillite inférieure est faite essentiellement de schistes argileux, noirs, ardoisiers. Son épaisseur varie entre 300 m et 500 m. Au Zaïre, sa puissance est de 1 000 m.

- Le Quartzo-Schisteux :

D'une façon générale on attribue au système du Congo occidental les formations du Quartzo-Schisteux.

L. Cahen (1963a) estime que le Quartzo-Schisteux appartient à un orogène différent de l'orogénèse ouest-congolienne. Il existe en effet une importante lacune d'érosion entre le Quartzo-Schisteux et la Tillite inférieure, et l'on a relevé localement des écarts angulaires (J.L. Mestraud, 1971).

Le Quartzo-Schisteux est métamorphique, les faciès arenacés et pélitiques sont dominants et des intercalations calcaro-dolomitiques viennent se développer dans les niveaux supérieurs et constituent en Angola l'essentiel de cette unité stratigraphique.

Au Gabon et au Congo, le Quartzo-Schisteux porte le nom de Système des Monts Bamba.

Au Gabon : présence de deux séries :

- Série de la M'Beia (avec des associations, des schistes, des phyllades, conglomérats schisteux, grès quartzites et sporadiquement des grès feldspathiques).
- Série de la Bandza (calcaro-dolomitique alternant avec des quartzites, des schistes, quartzites arkoses, conglomérat à galets de granite).

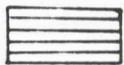
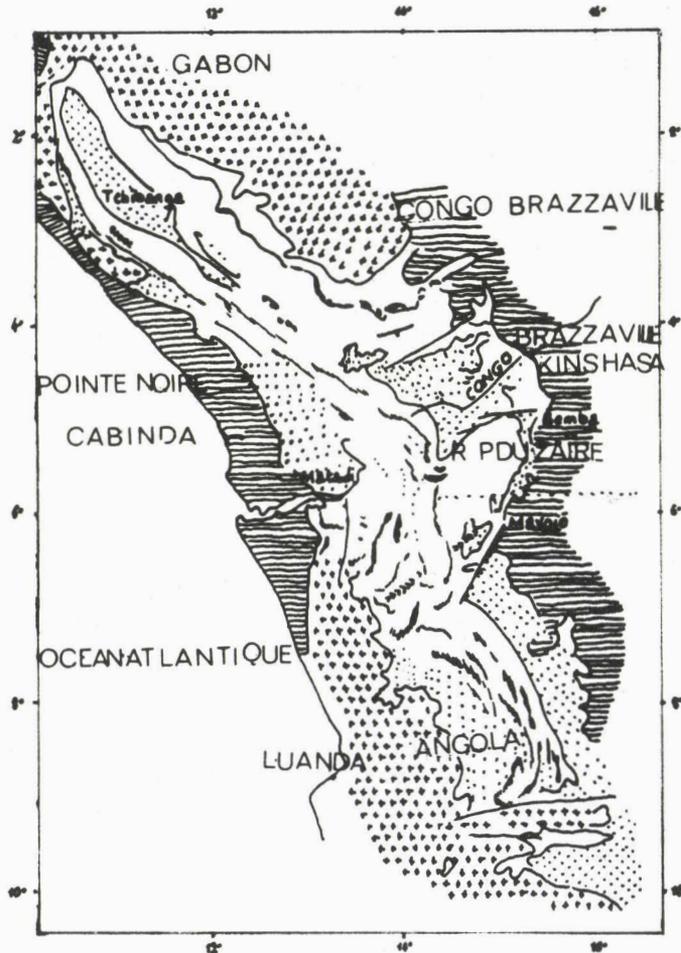
Au Congo : deux séries s'observent :

- Mossouva (grès quartzites, feldspathiques à intercalations dolomitiques).
- M'Vouti (alternance des schistes argileux, parfois ampélitiques et des grès quartzites, gris bleu, très compacts avec des passées carbonatées).

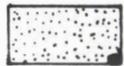
Au Zaïre : le Quartzo-Schisteux porte le nom de Sansikwa. Epaisseur : 1 400 m.

En Angola : il est essentiellement carbonaté. On y distingue : des argilites et silstones avec des lits de quartzites et de calcaires ; alternance de calcaires, de quartzites, de shales et de grauwackes ; essentiellement shales carbonatés.

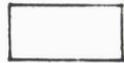
Fig. 4 - Esquisse géologique de la région du Congo occidental  
(par P. DADET, 1969)



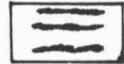
COUVERTURE POST PALEOZOIQUE



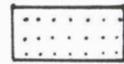
SCHISTO-GRESEUX



SCHISTO-CALCAIRE



TILLITES et SERIES INTERTILLITIQUES



SERIES SOUS LA TILLITE INFERIEURE



COMPLEXE DE BASE ET GRANITES

failles

chevauchement  
ride du bridge

echelle

1 200KM

TABLEAU 2

Echelle stratigraphique générale du système du Congo occidental (N'Zaou Moutou 1985)

Système	Formation	Série	Etage	Histoire orogénique
Actuel-Jurassique	Continental de la cuvette congolaise			Mouvements ascendants et descendants jusqu'au Quaternaire
Système Schisto-gréseux	Schisto-gréseux	Inkisi  M'Pioka	I <sub>2</sub> I <sub>1</sub> I <sub>0</sub>  P <sub>2</sub> P <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	Paroxysme terminal de l'orogénèse Ouest-Congolienne  Importants mouvements annonciateurs du paroxysme orogénique  Discordance parfois importante
Système Schisto-calcaire	Schisto-calcaire	Biboua  Schisto-calcaire	Seulement au NW du synclinorium.  Faciès du bassin SCIV SCIII SCII SCI	Début des mouvements positifs, maximum d'orogénèse Ouest-Congolienne, complet changement des conditions de sédimentation. Discordance faible  Très faibles mouvements épiorogéniques
Système du Kouilou	Kouilou	Tillite supérieure du Niari		Mouvements épiorogéniques faibles
		Louila tillite inférieure de Bamba	Sekelolo Mouyondzi	Mouvements à grands rayons provoquant des discordances à l'échelle régionale
Système de Bamba	Bamba Quartzo-schisteux	Mossouva M'Vouti		Mouvements localement importants. Discordance nulle ou faible au Sud, devenant plus marquée au Gabon
Système de Mayombe	Mayombe	Loukoula	Loukoula supérieur  Loukoula inférieur	Encore très discuté. Les géologues belges placent ici une orogénèse principale dite Mayombienne. Mise en doute en Angola et au Congo où l'on place une première phase ancienne importante de l'orogénèse Ouest-Congolienne
"Prémayombe" (?)		Bikossi  Loemé		Orogenèse (?) moyenne nommée Prémayombienne avec une poussée NNW-SSE

FORMATIONS DE COUVERTURE.

1) Formations de la cuvette congolaise.

Ce sont des dépôts de nature essentiellement continentale qui remplissent une vaste cuvette constituée par un socle précambrien. Ces formations de couverture sont représentées par :

- le continental intercalaire,
- le continental terminal.

a) Le continental intercalaire :

Dénoté parfois Lualaba-Lubilash, il se présente en trois formations bien distinctes :

- . Formation de Stanleyville,
- . Formation de la Loïa,
- . Formation de Kwango.

- Formation de Stanleyville :

Son extension latérale est importante. De nombreux sondages ont permis de mettre en évidence son existence à Kinshasa (Zaïre) et à Brazzaville. Cette formation qui peut atteindre 300 m est constituée le plus souvent d'argilites, de grès tendres et de calcaires. La partie supérieure est fossilifère, on y a trouvé des restes de phyllopoies et des débris de poissons d'eau douce. Ce dépôt est daté par J. Lombard 1933a, Jurassique supérieur (Kimméridgien).

- Formation de la Loïa :

Elle constitue la transition entre le Jurassique et le Crétacé. On y rencontre des grès verts et bruns, des argilites et des schistes verts ou rouges, parfois même bitumineux.

- Formation de Kwango :

Daté du Crétacé le Kwango se divise en deux étages :

- . à la base, l'étage de l'Inzia,
- . au sommet, l'étage de la Nsélé.

\* Etage de l'Inzia :

Il se présente sous forme de dépôts continentaux renfermant des argilites, des grès. On y a observé quelques empreintes de poissons. Autant

qu'on a pu s'en rendre compte, compte-tenu de la qualité des traces, les spécialistes pensent qu'il s'agirait de poissons marins plutôt que d'espèces qui vivent en milieu saumâtre. Les auteurs sont amenés aussi à penser que vers la fin de l'Inzia se situe une transgression marine venant de l'Océan Indien.

\* Etage de la Nsélé :

Cet étage est riche en grès tendre arkosique, rouge ou mauve avec des lentilles d'argilites rouges azoïques. Cet étage termine la série de Kwango.

b) Le continental terminal :

Ce continental terminal est l'équivalent du système de Kalahari (Afrique du Sud). Sa description ne peut se faire que sur des bases géomorphologiques.

On distingue deux grandes unités lithologiques. De bas en haut :

- des grès polymorphes,
- des sables ocres.

Les grès polymorphes sont souvent érodés et se retrouvent sur les pentes.

Les sables ocres relèvent d'une origine continentale. Ils se présentent sous divers faciès : fluviatiles, éoliens, lacustres, faciès de ruissellement des pentes. L'ensemble des dépôts ne dépasse pas 150 mètres.

- Les grès polymorphes.

Ils présentent à la base un conglomérat formé par des grès silicifiés et renferment des éléments de calcédoine. Au-dessus on y observe un grès lie de vin plus ou moins siliceux et calcédonieux.

Ensuite viennent :

- . des grès gris à débris végétaux,
- . des grès à ciment calcédonieux avec des septa de calcédoine,
- . des bancs de grès très durs, très silicifiés qui se cassent par le jeu de failles,
- . des grès tendres, argileux.

- Les sables ocres.

Les sables ocres se sont déposés sur une surface plane qui est vraisemblablement une surface d'érosion.

On remarque dans cette série des couches limonitiques et des grès tendres.

Ces sables ocres se sont révélés fossilifères et ont permis d'observer quelques ossements d'éléphants. Ces ossements sont datés, tout au moins au Congo, du Miocène inférieur d'après J. Lombard (1933a).

Ces sables correspondent au début à un climat sec qui évoluerait vers un régime de plus en plus humide au fur et à mesure qu'on s'élève dans la série (L. Cahen *et al.*, 1976) et qui aboutirait à un climat équatorial au Pliocène.

Au toit de leur affleurement ces sables ocres passent à la latérite.

## 2) Secondaire et Tertiaire des Plateaux Batékés.

Ce sont des formations détritiques, gréseuses et sableuses qui recouvrent en discordance les séries précambriennes du Niari ou bien du Chaillu. Les formations secondaires et tertiaires des Plateaux Batékés sont constituées par :

- la série du Stanley Pool,
- la série des Plateaux Batékés.

### a) Série du Stanley Pool.

La série du Stanley Pool ne présente que des affleurements assez restreints. On ne l'observe guère que dans les fonds des vallées et certains cours d'eau. On note à la base un premier dépôt SP<sub>1</sub>. Il est constitué d'argilites rouges à passées gréseuses. Il a été découvert à l'occasion de la construction du port de Brazzaville. Sa puissance est inférieure à 10 mètres. Ce dépôt livre quelques fossiles d'eaux douces, saumâtres, avec des gastéropodes, des ostracodes.

Un second dépôt baptisé SP<sub>2</sub> est formé de grès compacts blancs, localement indurés. Il affleure à Brazzaville au niveau du club nautique, du nouveau port et à l'embouchure de la M'Foa. Dans ces grès on peut observer des niveaux silicifiés ; le plus connu se trouve dans le ravin de Makelekele, c'est une dalle silicifiée de type meulière.

Un troisième dépôt SP<sub>3</sub> est constitué par des grès kaoliniques, de couleur ocre, présentant des stratifications obliques très visibles.

Ce dépôt affleure dans l'île M'Bamou, au fond des vallées qui découpent les Plateaux Batékés (vallée de la Dgili) et falaise de Douvres.

### b) Série des Plateaux Batékés.

Elle constitue la masse essentielle des Plateaux Batékés. Elle est souvent épaisse mais s'amincit vers l'Ouest où l'on a des lambeaux peu épais reposant sur le Précambrien.

On y distingue deux ensembles :

- à la base une couche inférieure, c'est la couche des grès polymorphes dénommée  $Ba_1$ ,
- au sommet les limons sableux, c'est le  $Ba_2$ .

- Couches des grès polymorphes  $Ba_1$ .

Ces formations constituent l'essentiel de la couverture des Plateaux Batékés avec une puissance de l'ordre de 300 mètres. Bien qu'affleurant de manière dispersée, nous avons une idée sur la stratification de ces grès polymorphes.

A la base nous trouvons des grès tendres, blancs ou jaunâtres, parfois un peu altérés et oxydés. Au-dessus des grès durs silicifiés, quartzitiques passent latéralement à des bancs lenticulaires.

Ces grès durs, silicifiés renferment parfois de petites géodes de quartz. Viennent ensuite des grès tendres, blancs, qui, au sommet, se désagrègent en un sable. Ces grès polymorphes sont d'âge éocène.

- Couches de limons sableux ou sable ocre  $Ba_2$ .

Ces couches affleurent au sommet des régions de M'Bé, de Djambala et du Plateau Koukouya. Sa puissance serait de 40 à 90 mètres dans les environs de Brazzaville. Ces sables ocres présentent une absence de stratification. On y observe du quartz automorphe provenant des géodes de  $Ba_1$ . On estime que le  $Ba_2$  est Néogène.

### 3) TECTONIQUE.

Le système du Congo occidental se présente sous la forme d'un vaste synclinorium à cheval sur la chaîne du Mayombe et son avant-pays (systèmes schisto-calcaire et schisto-gréseux). La tectonique de l'avant-pays est cassante. Les plis sont des ondulations à grands rayons de courbure. Leur direction qui aux abords du Mayombe est NW, devient NE aux environs du Mont Comba. Des accidents ont été observés dans le synclinorium du

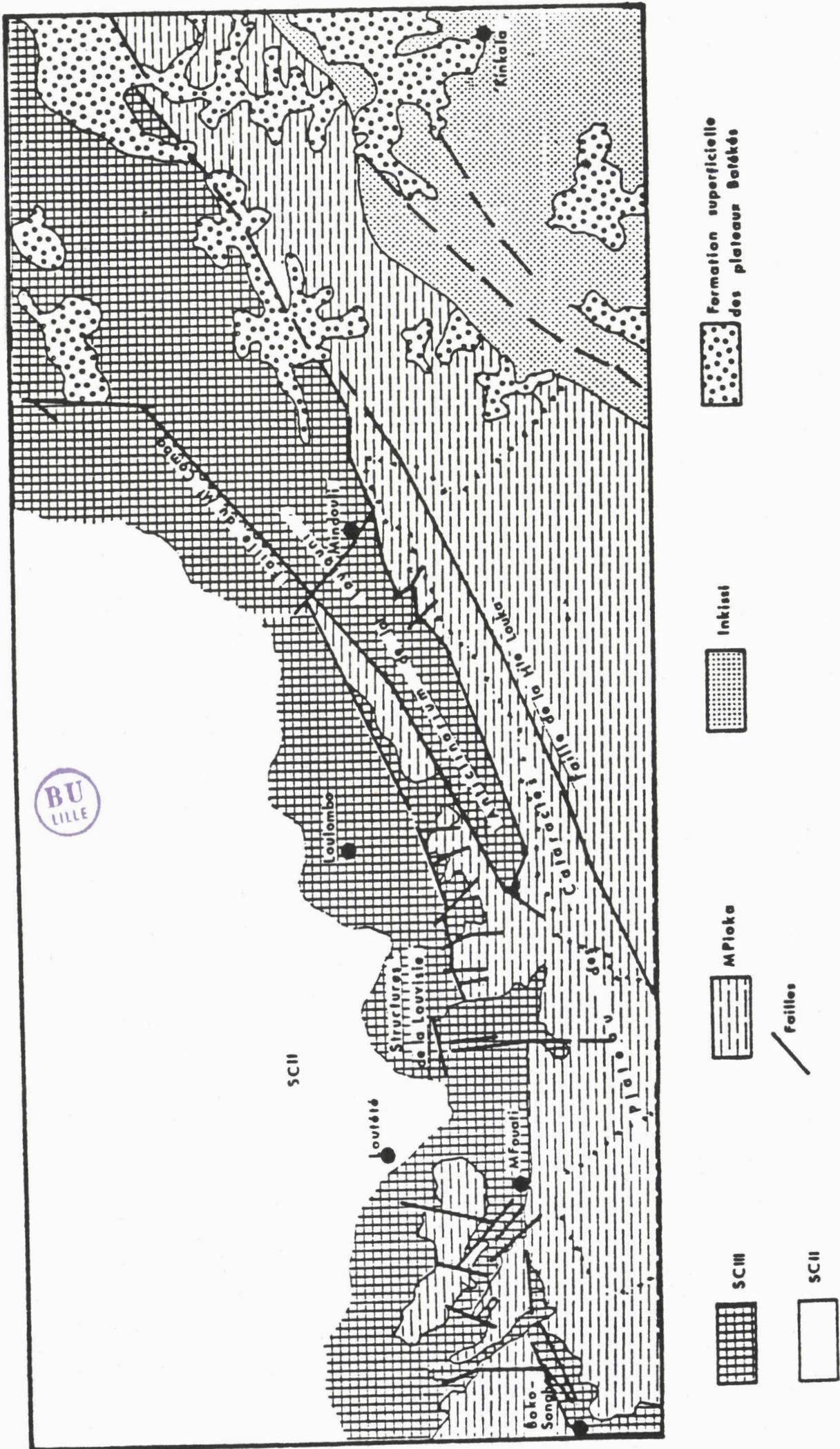


Fig. 5 - Schéma de la position tectonique de l'anticlinorium de la Loukouini. (P. NICOLINI, 1959)

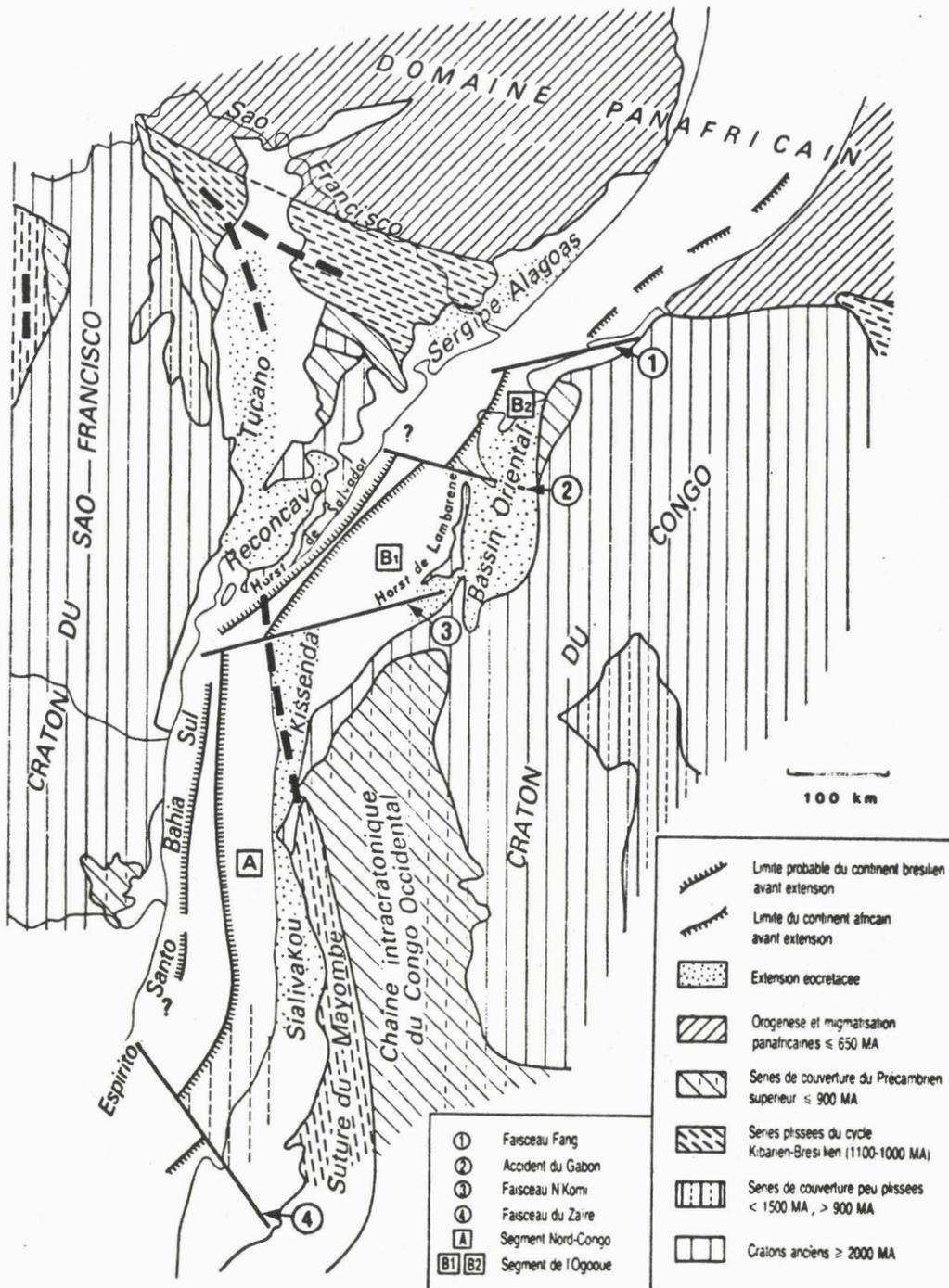


Fig. 6 - Etat initial de la zone Gabon-Congo-Brésil à la fin du Jurassique (Corrigé de l'effet d'extension). (D. REYRE, 1984).

Niari, où la faille combienne contrôle les structures orientées NE-SW (fig. 5). Cette chaîne du Mayombe se situe à la limite de deux cratons anciens : celui de Sao-Francisco au Brésil et celui du Congo, stables depuis près de deux milliards d'années. Ces deux cratons constituaient les parties disloquées du Gondwana (notamment l'Amérique du Sud et l'Afrique), dislocations débutées au Permien, actives au Jurassique et Crétacé. H. et G. Termier (1977) ont estimé qu'au moins deux linéaments découpaient le Gondwana (Mayombe et Mozambique). Cette chaîne du Mayombe a une direction Nord 130° parallèlement à la côte atlantique de l'Ogoué au Congo (cycle Kibarien-Brésilien) Vicat et Vellutini, 1982.

Les travaux de D. Reyre 1984 ont montré que le domaine océanique disparu, et qui avait donné naissance à la chaîne métamorphique du Mayombe, serait occupé par un bassin au Précambrien supérieur (sillon ouest-congolais) (fig. 6).

D'une façon générale de nombreux auteurs estiment que trois événements majeurs ont affecté la région du Niari.

- L'orogénèse prémayombienne WSW-ENE ( $P_C D$ ).
- L'orogénèse mayombienne SE-NW ( $P_C C$ ).

La régularité de cette direction mayombienne, sensiblement à 90° de la direction prémayombienne WSW-ENE, suggère que le socle, pendant l'orogénèse mayombienne, a été soulevé progressivement sur son flanc occidental avec un sens d'impulsion SW-NE (J.P. Devigne, 1958).

- L'orogénèse Ouest-Congolienne (NW-SE) ( $P_C A$ ).

Il est difficile de dissocier l'orogénèse mayombienne ( $P_C C$ ) de l'orogénèse Ouest-Congolienne ( $P_C A$ ). Les structures des formations impliquées dans l'une et dans l'autre sont en direction mayombienne (SE-NW).

Cycle	République populaire du Congo
$P_C A$	Schisto-gréseux Schisto-calcaire MOSSOUVA
$P_C C$	M'VOUTI LOUKOULA supérieur LOUKOULA inférieur
$P_C D$	Prémayombien

TABLEAU 3

L'orogénèse Ouest-Congolienne est panafricaine. De nombreuses chaînes : pharusienne (Hoggar), dahoméenne, shabienne (Katanguienne), en outre, un nombre de chaînes allant de l'Anti-Atlas au Cap sont de même âge (Fabre et Moussine 1977) (fig. 7).

Les mouvements tectoniques se sont succédés pendant tout le dépôt du système du Congo occidental. Les différentes observations permettent d'établir une succession des évènements.

En allant du plus ancien au plus récent, nous avons :

1) Postérieurement au dépôt de la série de la Louila et antérieurement à celui de la Tillite supérieure se place une phase tectonique se manifestant par un léger bombement, accompagnée de failles donnant une discordance angulaire.

2) Postérieurement au dépôt de la Tillite supérieure et antérieurement à la sédimentation schisto-calcaire on a une phase peu importante donnant naissance à des failles et provoquant localement une disharmonie.

3) Mouvement de subsidence pendant tout le dépôt du schisto-calcaire, suivie d'une phase épirogénique d'ensembles, accompagnée de failles et provoquant un basculement général du système schisto-calcaire, comme le montre la légère discordance angulaire qui sépare le système schisto-gréseux du système schisto-calcaire.

4) Après le dépôt de la M'Pioka se place la période de paroxysme des plissements mayombiens qui affectent le système du Congo occidental et les systèmes sous-jacents.

Des mesures d'âges ont été effectués. Les résultats obtenus concernent trois âges différents :

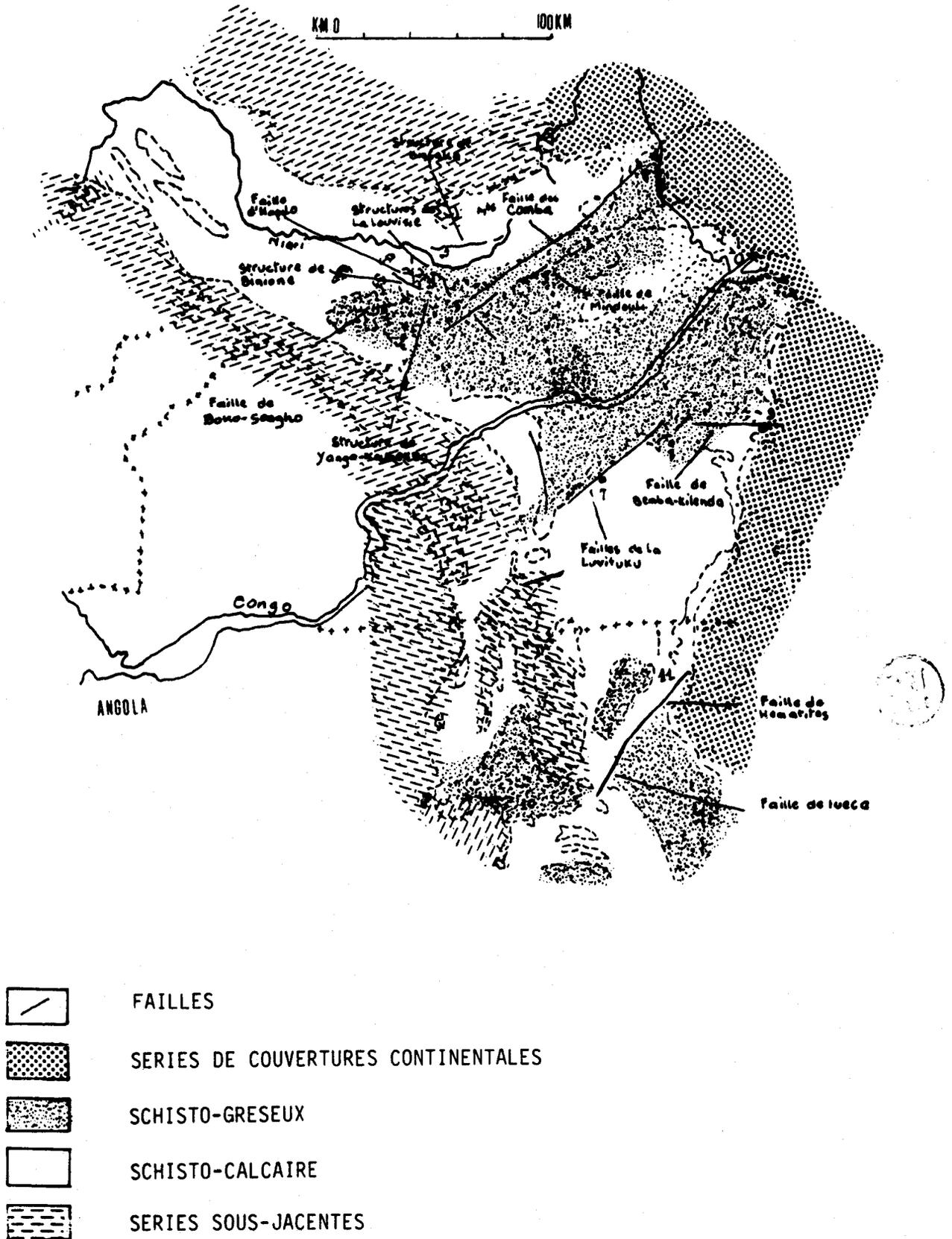
. 740 MA représentent l'âge de la mise en place d'une minéralisation en galène sous forme de filonnets dans le système schisto-calcaire. Ceci peut être aussi l'âge des mouvements post-schisto-calcaire et anté-M'Pioka et cela correspondrait à l'orogénèse Lufilienne au Shaba.

. 620-615 MA. C'est l'âge de la mise en place des pegmatites et des granites syntectoniques dans le Zadinien. Elle constitue la phase tectonique majeure de l'orogénèse Ouest-Congolienne : la phase post-Inkisi, c'est aussi l'âge de la phase Kundelungienne au Shaba.

. 525-455 MA correspondraient à des phénomènes tardifs ou post-tectoniques.



Fig. 8 - Principaux accidents de l'avant-pays (in NZAOU MOUTOU, 1985)



Cependant des terrains de couverture n'ont été soumis qu'à de faibles mouvements de types épirogéniques, se traduisant par un pendage des couches vers le Nord et le Nord-Est. A l'Ouest de la cuvette congolaise on peut déceler plusieurs phases successives dans ces mouvements :

- Une première déformation antérieure au Paléogène, décelée grâce au pendage des couches du Crétacé, plus forte que celle de la base de la série des grès polymorphes.

- Une deuxième déformation en pentes convergentes vers la cuvette centrale de la surface des Plateaux Batékés et des aplanissements mi-tertiaire et fin crétacé (fig. 8).

#### 4) CORRELATION AVEC LES REGIONS VOISINES.

De nombreux auteurs ont tenté de faire les corrélations des différentes formations du Niari avec le Shaba riche en minerai cuprifère. Mais le problème dans son ensemble reste très complexe. Les formations précambriennes du Congo se poursuivent au Gabon (au NW), en Angola, en passant par le Cabinda et le Zaïre (au SE) (Tableaux 4, 5 et 6).

TABLEAU 4

Tableau de corrélation Congo-Shaba (D.M. Baka, 1975)

CONGO-BRAZZAVILLE		SHABA (KATANGA)	
Série de l'Inkisi	?	Série de Kundelungu supérieur (1300-2400 m)	
Série de la M'Pioka	?	Série de Kundelungu inférieur (1600-3500 m)	
Faisceau SC IV	schisto-calcaire	Faisceau R <sub>4</sub> (Mwashya)	Roan
Faisceau SC III		Faisceau R <sub>3</sub> (Dipeta)	
Faisceau SC II		Faisceau R <sub>2</sub> (série de Mines)	
Faisceau SC I		Faisceau R <sub>1</sub> (R.A.T.)	
		R.A.T.! (roches argilo-talqueuses)	

## Corrélation des régions d'Afrique Centrale (A. François 1974)

		GABON		CONGO-BRAZZA		ZAIRE		SHABA*		ANGOLA	
600 M.A.		SYSTEME	SERIE	SYSTEME	SERIE	OROGENESE	SERIE	OROGENESE	SERIE	SYSTEME	SERIE
PRECAM- BRIEN	CONGO		Schisto- gréseux ; grès ar- gileux ; Argilites	Schisto- Gréseux	Inkisi		Schito- Gréseux	KATAN-	Série du Kundelungu supérieur	Schisto- Gréseux	Inkisi (grès, arkoses)
					M'Pioka				Série du Kundelungu inférieur		M'Pioka (conglomé- rat, grès)
SUPE- RIEUR	OCCIDEN- TAL			Schisto- Calcaire	Schisto- Calcaire	OUEST	Schisto- Calcaire	GUIEN	Série du Roan	Schisto- Calcaire	Schisto- Calcaire (dolomie, calcaire)
Till sup.					"Till. sup."		Tillite supérieure		Till. sup.		
900 M.A.	TAL		Louila (Schistes)	KOUILOU	Bouenza- Louila	CONGOLIEN	Série du Haut-Shiloango Louila	KIBARIEN	Système Kubudi	Série sup.	Série du Haut-Shiloango
					Bamba (Till. inf.)		"Till inf."			Série de la Tillite inférieure	Série inf.
	BAMBA		M'BEIA grès quartzites schistes	BAMBA	MOSSOUVA		Série de la Sansikwa		Système N'Zilio	Série sup.	Série de la Sansikwa
			BANZA grès quartzites		M'VOUTI		Série inf.				
	MAYOMBE		LOUKOULA conglom. quartzites	MAYOMBE	LOUKOULA	MAYUMBIEN	Série de la Dwiziinga			Complexe de base	Basement complexe
					LOEME- BIKOSSI		Série de Tshéla				
	PRE-MAYOM.			CHAILLU		ZADINIEN	Série de Matadi				
							Série de Palabala				

\* ex. KATANGA

TABLEAU 6

Corrélation Shaba-Niari-Nyanga (P. Nicolini 1959)

SHABA (Katanga)	NIARI - NYANGA
Kundelungu supérieur : schistes et grès Kundelungu moyen : schistes - dolomie (Minéralisation cuprifère)	Série de la M'Pioka  Série schisto-calcaire  (Minéralisation cuprifère)
Série du petit conglomérat : Conglomérat glaciaire ou périglaciaire	Complexe tillitique supérieur du Niari
Kundelungu inférieur : grès calcaires gréseux, schistes, calcschistes dolomies (Minéralisation cuprifère)	Série de la Louila  (Minéralisation cuprifère)
Système du grand conglomérat : faciès glaciaires et péri- glaciaires - laves détritiques - schistes noirs	Complexe tillitique inférieur du Bas-Congo - faciès glaciaires et périglaciaires - laves dolomitiques schistes noirs
Système de Roan : - série supérieure, oolithes, jaspes, calcaires et schistes microgréseux, schistes, chlorito-talqueux, grès, dolomies siliceuses	Série de la Mossouva  Série de M'Vouti
Série des Mines	Equivalent en partie de l'ensemble M'Vouti-Loukoula ou bien la série est absente au Gabon-Congo (A.E.F.)

BI  
LILLE

5) RESTES D'ORGANISMES.

Les formations précambriennes du Niari n'ont été que légèrement métamorphisées. De nombreuses notes font état de ce Précambrien des restes d'organismes plus ou moins décelables. Des auteurs ayant travaillé dans la région du Niari (V. Babet 1932, J. Le Personne 1951, J.P. Devigne 1958, P. Nicolini 1959, G. Scolari 1965 et D.M. Baka 1975) font état de l'existence de stromatolithes. Plus récemment N'Zaou Moutou (1985) a mis en évidence des stromatolithes du genre *Conophyton cylindricus* Maslov et *Conophyton metula* Kirichenko.

DEUXIEME PARTIE

MINERALISATION TYPES TERRES NOIRES

## DEFINITION DU MINERAI TYPES TERRES NOIRES

### 1) LOCALISATION.

Les terres noires sont des formations noirâtres ou brunâtres qui se rencontrent dans les gisements du Niari, notamment à Mindouli, Renéville, Tchikoumba, Pimbi, le plus souvent au contact des grès et des calcaires, parfois entre les couches calcaires. Elles s'observent également dans les karsts et en affleurements, comme au niveau du puits Lopez. R. Burkardt en a découvert sur la plaine de la Bembé, en très petite quantité, peu minéralisée, 0,3% de cuivre.

Les terres noires *sensu-stricto* sont en fait un wad, de densité très faible comprise entre 1 et 2,5 de granulométrie fine. Par endroits on y observe des fragments de chalcocite. Les karsts à terres noires vont parfois jusqu'à 20 mètres de profondeur et s'étendent sur 100 à 200 mètres.

Une coupe théorique d'une couche à terres noires faite dans la mine de Mindouli nous montre :

- sous les marnes, une bande étroite de terres noires intercalée d'argiles blanches, les couches étant très serrées. Cette couche de quelques mètres est minéralisée en silicates et carbonates de cuivre.

- une mince bande de minerai oxydé provenant de l'altération des lentilles de chalcocite se développant en chapelet,

- une couche assez forte de terres noires, moins riche en minerai, avec interstratification de silice, de minces filonnets de chrysocolle et de malachite. Cette couche à terres noires peut être compacte,

- des terres rouges sablonneuses, des sables,

- des calcaires décalcifiés noirâtres et poreux,

- des calcaires compacts à nombreuses fissures remplies de calcite recristallisée et de temps à autre de la chalcocite et du quartz.

Au microscope, exception faite de gros éléments, on observe dans les terres noires du quartz, de la pyrolusite et de la rodochrosite.

## 2) FORMATION DES TERRES NOIRES.

D'après R. Burkardt 1929, les terres noires type Mindouli, dériveraient des calcaires dolomitiques du schisto-calcaire supérieur par altération météoritique. G. Scolari 1965 estime que la transformation des calcaires dolomitiques en terres noires se fait *in situ*, faisant appel à des modifications physico-chimiques :

- enrichissement en silice,
- départ partiel de chaux et de magnésie,
- apport d'eau libre,
- formation d'oxydes de manganèse à partir de carbonates contenus dans les dolomies,
- hydroxydation du fer,
- transformation des sulfures originels,
- modification de densité qui passe de 2 à 1.

L'enrichissement des terres noires selon G. Scolari est obtenu par le démantèlement de la structure du calcaire dolomitique siliceux, dont le constituant insoluble resterait sur place. Cette transformation est considérée par l'auteur comme isovolumétrique, et conduit à une augmentation de la teneur en cuivre de 1,5 à 2,5% dans le carbonate originel et de 4 à 5% dans les terres noires.

## 3) COMPOSITION DU MINERAI TERRES NOIRES.

Les échantillons de terres noires ont été analysés par voie humide. Ils ont donné les résultats suivants : cf. tableau, p. 39).

## 4) REPARTITION DE LA MINERALISATION TERRES NOIRES.

La plupart des données publiées à ce jour font apparaître que d'une manière générale, les gisements du Niari peuvent être divisés en deux groupes :

ANALYSES CHIMIQUES DES TERRES NOIRES

GISEMENT MINDOULI

GISEMENT DE  
RENEVILLE

	<u>Galerie Mindouli</u>	<u>Galerie Lagatola</u>	<u>Renéville</u>
SiO <sub>2</sub> .....	57,65	18,41	6,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2,14	0,84	1,80
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2,01	1,32	7,68
MnO <sub>2</sub> .....	5,83	46,11	4,01
MnO.....	-	0,78	-
MgO.....	3,37	1,37	1,05
CaO.....	3,18	0,32	0,05
Na <sub>2</sub> O.....	0,05	0,04	traces
K <sub>2</sub> O.....	0,30	0,11	0,09
TiO <sub>2</sub> .....	-	0,02	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,10	0,18	1,41
CO <sub>2</sub> .....	-	0,26	12,31
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .....	-	10,73	8,99
CuO.....	10,41	15,78	44,02
Ni.....	0,003	47 ppm	-
Co.....	0,0005	51 ppm	-
Ge.....	0,0001	34 ppm	-
Sr.....	-	123 ppm	-
V.....	0,0007	240 ppm	-
Rb.....	-	14 ppm	-
Pb.....	1,69	451 ppm	10,52
Zn.....	0,12	142 ppm	1,54
Ba.....	0,1	0,4	20 ppm
S.....	0,45	0,007	0,012

- ceux de l'Ouest à partir du cours de la Louvisie orientale dans lesquels les terres noires ont plus ou moins disparu (P. Dadet 1969),
- ceux de l'Est entre Renéville et la Louvisie orientale riche en terres noires.

D'une manière explicite, on peut inventorier dans un tableau les caractéristiques des principaux gîtes du Niari et mettre en évidence les gîtes à concentration importante des terres noires (cf. tableau 7 des principaux gîtes du Niari).

#### 5) EXTENSION.

Les terres noires sont observables dans toute la partie en exploitation du gisement de Mindouli :

- à l'Ouest jusqu'au Travers-Bancs Lagotala,
- à l'Est jusqu'au début de la galerie Mindouli, où celles-ci s'interrompent.

Dans la partie orientale du gisement de Mindouli, les terres noires sont situées le long de la faille de Mindouli.

Dans la partie centrale du gisement, la position des terres noires est complexe. Celles-ci affleurent en surface, près du puits Lopez (altitude 480 m). L'épaisseur des terres noires en cet endroit est de l'ordre de 8,50 m.

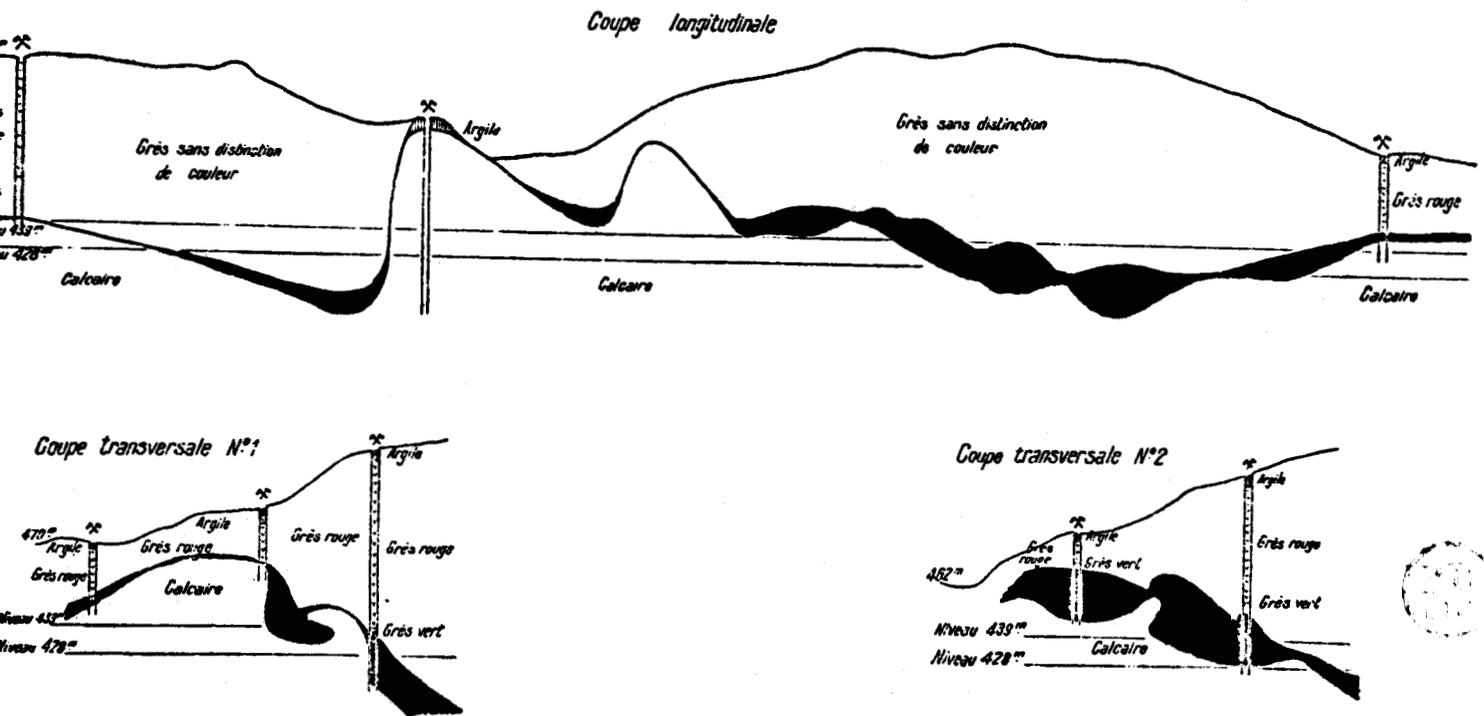
La partie occidentale du gisement de Mindouli est dotée d'une terre noire décrochée par une faille transversale de direction NW. Celle-ci marque un décrochement senestre d'environ 70 m. Cette terre noire se situe dans une zone faillée, soumise à des karstifications et présente deux aspects :

- terre noire riche en chalcocite,
- terre noire disséminée sous forme de masse arrondie.

(Cf. fig. 9, 10 (coupes et sondages à Mindouli (C.M.C.F.) et 11 (schéma de position des deux galeries (selon J.M. Koud, 1985)).

A Renéville, les terres noires s'observent au contact grès-calcaire et dans de nombreux karsts.

(D'après les données de la C. M. C. F.)



La coupe longitudinale est de direction N-E. — Les coupes transversales sont de direction N-W

Fig. 9 - Coupes d'ensemble du gisement de Mindouli (in V. BABET, 1929).

(D'après les données de la C. M. C. F.)

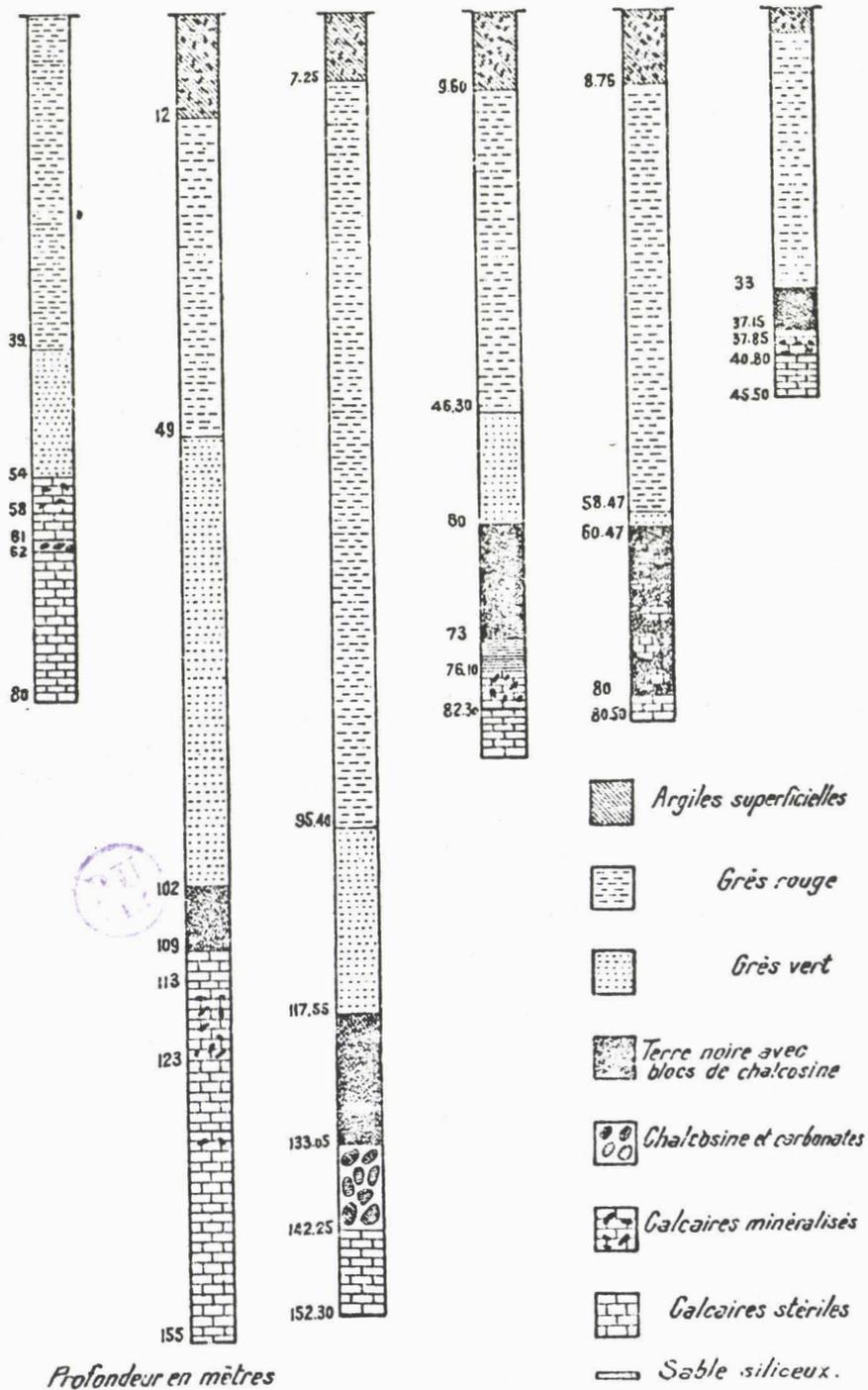


Fig. 10 - Quelques sondages effectués à Mindouli (in V. BABET, 1929)

## Principaux gîtes du Niari

NOM DU GITE	COURS D'EAU	ASSOCIATION METALLIFERE	PRINCIPAUX COMPOSES	MODE DE GISEMENTS	ALTITUDE
RENEVILLE	Rivière Guékouri Affluent de la Moukala	Cu, Ag, Fe, Pb, Zn, Co	Silicates, Carbonates Sulfures, Oxydes	* Terres noires dans poches calcaires minéralisation dans diaclases	410 à 420 m
MISSAFOU	Rivière Sema Affluent de la Loukouni	Fe Ni (traces)	Sulfures Pyrite	Observation des petits cristaux de pyrite dans les grès de la série schisto-gréseuse	420 m
MINDOULI	Rivières Vounvou et Bembé	Cu, Ag, Pb, Zn, Ge	Sulfures, oxydes, Carbonates, Silicates	* Poches de terres noires et calcaires minéralisés, minéralisation acciden- telle dans les grès	480 m
MOUBIRI	Rivière Loemba Affluent de la Loukouni	Cu, Fe	Silicates, Carbonates, Oxydes	Calcaires minéralisés	410 à 420 m
TCHICOUMBA	Rivière Kibouzie	Cu, Fe, Pb, Zn	Sulfures, Oxydes, Silicates, Carbonates	* Calcaires minéralisés Terres noires au contact des calcaires et des grès	380 à 410 m
M'PASSA	Rivière Kimberi	Cu, Co, Ge, Mo	Sulfures, Silicates, Carbonates	Calcaires minéralisés minéralisation dans brèche	420 m
PIMBI	Rivière Loudima	Fe, Cu, Pb, Zn	Carbonates, Oxydes, Silicates	* Minéralisation dans calcaire à découvert	400 m

\* Gîtes à terres noires.



TABLEAU 7

Principaux gites du Niari  
(Suite)



NOM DU GITE	COURS D'EAU	ASSOCIATION METALLIFERE	PRINCIPAUX COMPOSES	MODE DE GISEMENTS	ALTITUDE
ANGA-KOUBENZA	Rivière Loutété	Cu, Pb, Zn, Fe	Sulfures, Silicates, Oxydes, Carbonates, Terres noires	* Minéralisation dans calcaire à découvert - roches silicifiées et nids de terres noires	400 m
PITA	Rivières Moudianga et Moussitou	Pb, Fe	Sulfures, Oxydes	Minéralisation dans calcaire roches silicifiées	330 m
DJENGUELE	Rivière Loudima	Fe, Cu, Pb	Carbonates, Oxydes	Minéralisation dans calcaire à découvert	420 m
BOKO-SONGHO	Rivière Loudima	Fe, Cu, Pb, Zn	Carbonates, Oxydes, Silicates	Minéralisation dans calcaire à découvert	400 m

\* Gites à terres noires.

## 6) CARACTERISTIQUE DU MINERAI TERRES NOIRES.

Les terres noires *sensu stricto* constituent un minerai oxydé contenant très peu de sulfates et de carbonates. On a pu montrer dans les terres noires l'existence de cinq espèces minéralogiques différentes, contenant du manganèse, qui sont : la todorokite, la pyrolusite, la rodochrosite, la ramsdellite et la vernadite. D'autres minéraux ont pu être identifiés.

Les terres noires ont une porosité de l'ordre de 50% et une aire spécifique de 100 à 280 m<sup>2</sup>/g. Elles sont friables. Toutes ces caractéristiques contribuent, peut être, à expliquer l'insuccès des essais de séparation physique (séparation magnétique et flottation) tentés au cours de nos études.

## 7) DESCRIPTION DES GISEMENTS A TERRES NOIRES.

Ces nombreux gisements ont été mieux compris grâce aux travaux de V. Babet 1929, R. Burkardt 1929, A. Riedel 1955, G. Scolari 1965, G. Ekimov et N. Zidarov (1976).

### A - Gisement de Mindouli.

C'est le plus important des gîtes à terres noires de la région minière. C'était la seule mine à terres noires en exploitation au moment de mon échantillonnage. Le gisement de Mindouli est situé à la frontière de la République Populaire du Congo et du Zaïre. L'exploitation de la mine est faite par de nombreuses galeries. Le minerai tout venant sorti de la mine est composé de sulfures, d'oxydes, de carbonates et de silicates.

#### a - Les minéralisations.

Les minéralisations sont étroitement liées à la tectonique, notamment la faille inverse des Plateaux des Cataractes qui, ici, porte le nom de faille de Mindouli (fig. 5). Plusieurs types morphologiques se rencontrent dans le gisement.

- Minéralisation supposée primaire.

Elle s'observe sous forme d'amas sulfurés et de remplissage de fractures, ou encore de stockwerks. Les minéraux les mieux représentés sont : la chalcocite, la galène, la blende, la pyrite et la chalcopyrite.

- Minéralisation secondaire.

Minéralisation remplissant les poches karstiques. Les minéraux présents sont : la cérusite, la pyromorphite, la wulfenite, la vanadinite, la smithsonite.

- Répartition des minéraux dans le gisement de Mindouli d'après les types de minerais (cf. tableau 8, répartition des minéraux dans le gisement de Mindouli d'après les types de minerais).

b - Stratigraphie et lithologie.

A Mindouli affleurent deux formations stratigraphiques : la formation quaternaire et la formation précambrienne.

- Le Quaternaire.

Beaucoup plus visible à l'Est de Mindouli, cette formation est formée de plusieurs mètres de grès argileux, pyriteux et légèrement arkosiques.

- Le Précambrien.

Le Précambrien à Mindouli est constitué par le schisto-gréseux et le schisto-calcaire. La série stratigraphique locale concerne la base de la M'Pioka et le sommet du schisto-calcaire. Elle est constituée par des quartzites et des argilites rouges et vertes. La brèche du Niari, à la base des grès, n'est représentée que sporadiquement. Les dolomies du schisto-calcaire supérieur (SC III) se présentent en grands bancs massifs.

La tectonique est dominée par une structure failleuse, très large et complexe, d'orientation ENE-WSW. Les roches carbonatées aux murs des fractures, dont l'ensemble constitue la faille de Mindouli, présentent en plusieurs points de vastes poches aux contours irréguliers, assimilables à des karsts anciens dont le toit est formé de couches schisto-gréseuses (G. Scolari, 1965).

TABLEAU 8

Répartition des minéraux dans le gisement de Mindouli

d'après les types de minerais

<u>Minéraux</u>	<u>Terres noires</u>	<u>Minéralisations dans les dolomies</u>	<u>Minéralisations dans les grès</u>
Pyrite	+	-	+
Blende	-	+	+
Marcassite	-	-	+
Galène	+	+	+
Chalcopyrite	+	-	+
Chalcosine	+	+	+
Bornite	+	+	-
Covellite	+	+	+
Cuivre	+	+	-
Argent	+	-	-
Cuprite	+	-	-
Tenorite	+	+	+
Malachite	+	+	-
Azurite	+	+	-
Chrysocolle	+	+	-
Dioptase	+	+	+
Anglesite	-	+	+
Cerusite	+	+	+
Pyromorphite	+	+	+
Rodochrosite	+	+	-
Calcite	+	+	-
Quartz	+	+	-
Oxyde de manganèse	+	+	-

+ abondant

- faible quantité

### B - Gîte de Renéville.

Renéville est située à environ 60 km au NE de Mindouli et 66 km au NW de Brazzaville dans le bassin du Djoué. Le gîte se trouve dans un cirque ouvert dont le Nord est occupé par le bassin de la Guekouri, petite rivière se jettant dans la Moukala (affluent du Djoué). Le minéral affleure au fond du cirque à environ 400 m d'altitude.

La série stratigraphique comporte, comme à Mindouli, les formations du système schisto-gréseux et du système schisto-calcaire.

Un grand anticlinal (pendage 8 à 12°), à direction NE-SW, s'étend de Mindouli à Renéville. Une flexure importante suit le flanc Nord-Ouest de l'anticlinal sur toute sa longueur (A. Riedel 1955).

On observe les espèces minérales suivantes : de la pyrite, des minéraux à cuivre, du plomb et du zinc dans les niveaux compétents, de la chalcopryrite, de la galène au SW de Renéville, des minéraux oxydés et des sulfures de cuivre, du plomb et du zinc, ainsi que des terres noires dans les poches calcaires et au contact des grès.

### C - Gîte de Pimbi.

Situé à 6 km au Sud de la gare de Kimbedi, sur le bord Ouest du plateau de Bititi, ce gîte présente une structure failleuse, la faille de Pimbi. Le minéral affleure dans les calcaires supérieurs.

Deux secteurs de minéralisation ont été reconnus : une partie occidentale cuprifère et un domaine oriental riche en minéraux plombo-zincifère.

La faille de Pimbi est la structure principale contrôlant la minéralisation qui est, en fait, une minéralisation à cuivre, plomb, zinc et terres noires fortement oxydées. Les minéraux métallifères sont observables en inclusions et en filonnets, dans les dolomies, le long de la faille. Les minéraux observés sont : la chalcocite, la covelline, le cuivre natif, la cérusite, la wulfenite, le diopside, le chrysocolle, la malachite.

D - Gîtes de Tchikoumba.

Les gîtes de Tchikoumba sont observables au Nord-Ouest de Mindouli sur le versant Sud de la chaîne des Monts Comba, au NE de M'Passa, à proximité immédiate de la grande faille du Mont Comba.

Des affleurements de terres noires sont visibles, celles-ci sont recouvertes par des grès rouges et reposent sur les calcaires dont les couches supérieures sont silicifiées, poreuses et vacuolaires, avec des cavités tapissées de malachite.

E - Occurrence comparable en Afrique Centrale.

Les terres noires du Niari sont semblables à celles de Mavoïo.

Mavoïo est située dans la partie Nord de l'Angola, 40 km séparent cette ville du Zaïre. Le Nord de l'Angola est partiellement occupé par les formations du synclinorium du Congo occidental qui sont une continuité des formations du Niari.

- Minéralisation.

Le contrôle tectonique de la minéralisation est net. Les amas minéralisés sont situés sur l'accident régional majeur de direction NNE-SSW (G. Scolari 1965).

Une étude faite par G. Scolari et G. Troly 1962 montre, pour les terres noires de Mavoïo, la minéralisation suivante :

- la covellite, qui s'observe en sections polies sous forme de grandes plages, dont l'une mesure 0,4 x 0,3 mm,

- la goethite en abondance, disséminée dans la section polie et en concrétions mamelonnées, formant les lèvres d'une fissure remplie de minéraux oxydés de cuivre.

Parfois il subsiste des cristaux de quartz de quelques dixièmes de millimètres, très corrodés par les silicates de cuivre.

La terre noire *sensu stricto* présente de la malachite, de l'olivinite, de l'érinite, de la cornubite et du chrysocolle.

Cette terre noire a pour composition chimique :

. Cu	11,3%
. Fe	32,1%
. Ca	0,6%
. Mg	0,4%
. Si	5,6%
. Al	2,7%
. Mn	3,7%
. S	traces
. Pb	0,1%
. Zn	0,3%
. Co	0,72%
. Ni	0,06%
. Ti	traces
. As	2,15%
. P	1,5%
. H <sub>2</sub> O	6,9%
. Co <sub>2</sub>	2,3%
. Ag	14 gr/t
. Au	0,4 gr/t

#### 8) ECHANTILLONNAGES.

Les prélèvements n'ont pu être effectués que d'une manière ponctuelle dans la mine de Mindouli (travers-bancs Mindouli et travers-bancs Lagotala) au cours d'un stage effectué à la SOCOREM en 1982 dans différentes zones du gisement en exploitation.

A Renéville le prélèvement s'est effectué sur d'anciens terrils. Une partie des échantillons prélevés à Mindouli m'a été envoyée par Y. Tardy et son étudiant J.M. Koud.

#### A - Galerie Lagotala.

Les travaux de J.M. Koud (1985) et mes observations de terrain ont permis de mieux décrire cette galerie.

a - Description macroscopique.

Orientée N 175° à l'entrée, cette galerie d'environ 300 m de long est creusée dans les roches essentiellements carbonatées. Elle débute par une dolomie massive formée d'une alternance de bancs sombres et clairs, intercalés avec des lits décimétriques à pendage subhorizontal. Entre 17 et 85 m de la galerie, on observe des cavernes de dissolutions karstiques qui sont, dans la plupart des cas, vides mais parfois remplies d'argile rouge enrobant des blocs anguleux de dolomies.

A 160 m la galerie est orientée 103° Nord et 73° Nord à 183 m, c'est l'approche de la zone de faille. En cet endroit on observe les premiers indices de minéralisation cuprifère. Au contact de la faille 220 m, les parois de la galerie sont tapissées de petits cristaux de diopside verts ou translucides. Les vides de dissolution sont remplis d'argilite beige à ocre, cuprifère.

La galerie s'achève par les terres noires riches en blocs de chalcocite, ainsi que des blocs de dolomies silicifiées dans un ciment de malachite.

b - Description microscopique et minéralogie.

- Nature microscopique de la roche mère.

Cette roche mère, essentiellement carbonatée, analysée au diffractomètre à rayons X et complétée par des observations au microscope montre les minéraux suivants : dolomite, calcite, talc, quartz et pyrite.

La dolomite présente des petits rhomboèdres et des petites plages au sein de la calcite.

B - Galerie Mindouli.

a - Aspect macroscopique.

La galerie Mindouli est taillée dans des formations schisto-gréseuses. L'encaissant est un grès rouge, fortement silicifié et altéré, dans lequel on note des passées d'argiles rouges.

Dès les 20 premiers mètres de l'entrée de la galerie, la minéralisation se caractérise par la présence du diopside. Celui-ci apparaît en très petits cristaux verts tapissant les parois des fissures de la

roche. Au fur et à mesure qu'on s'approche de la faille de Mindouli, l'altération des grès est importante, il apparaît des faciès siliceux, recoupés par des veinules de malachite et d'azurite.

Au contact de la faille, c'est-à-dire dans les zones à terres noires, les sulfures tapissent les parois des fractures et sont représentés principalement par des sulfures de cuivre.

b - Aspect microscopique.

Dans la galerie de Mindouli, la minéralisation paraît assez complexe. Les principaux minéraux observés sont : la chalcocite, la bornite, la digénite, la pyrite, la covellite et la blende. A ces sulfures sont associés les produits secondaires tels que diopside, plancheite, chrysocolle, malachite, cerusite, willemite et pyromorphite qui sont pour la plupart caractéristiques de la zone d'oxydation.

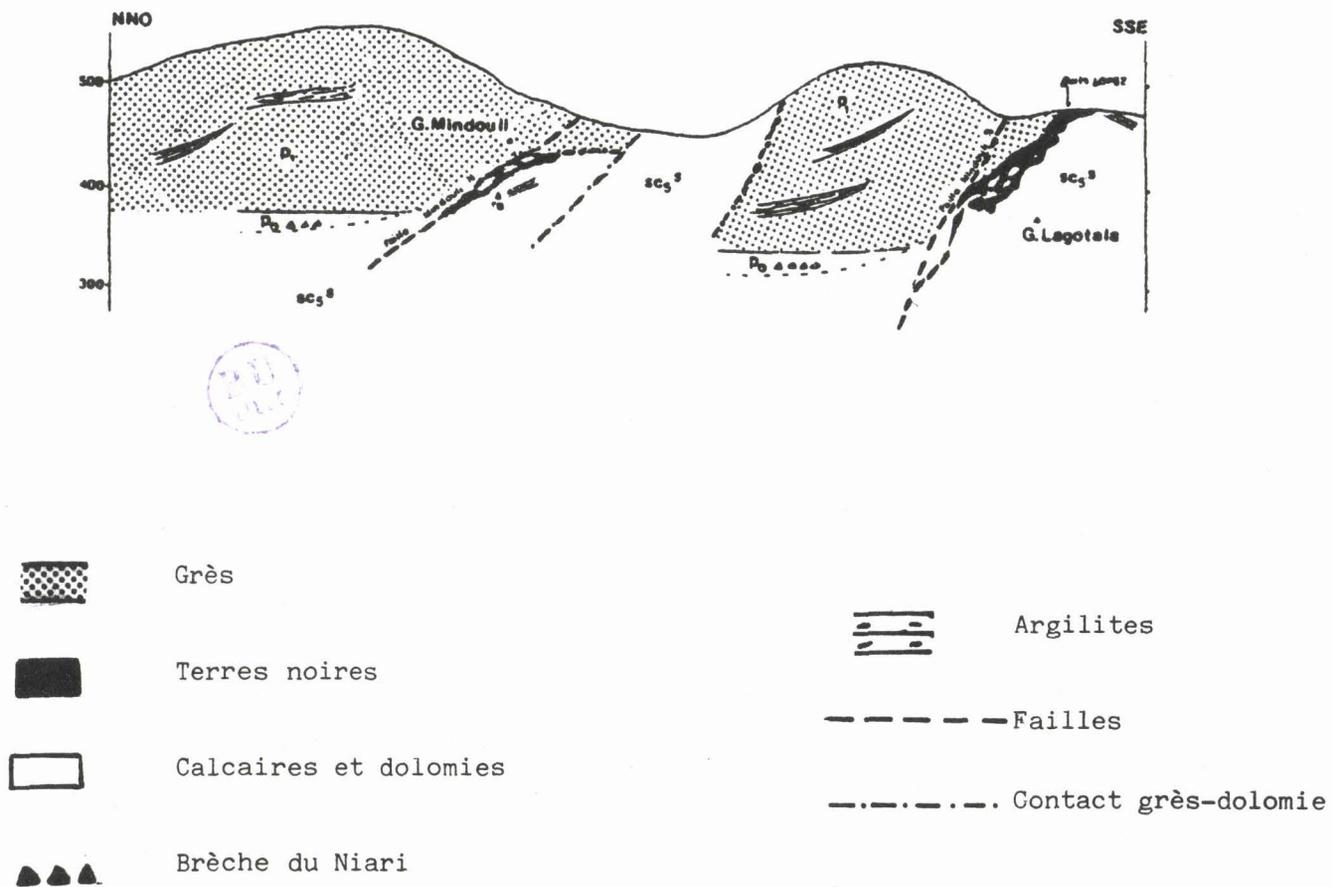


Fig. 11 - Schéma de la position des deux galeries, selon J.M. KOUD, 1985

### CONCLUSION

Lors de la description de tous les gisements, nous avons vu qu'il existe une liaison entre la minéralisation et la fracturation des roches encaissantes (diaclasses, failles). Il est indubitable que les phénomènes de fracturations jouent un rôle dans la concentration des substances utiles exploitées dans le Niari.

La structure du synclinorium du Niari présente trois directions :

- NE-SW dans laquelle on trouve des plis étroits,
- E-W (structure combienne avec des déformations disjonctives),
- une direction subméridienne moins importante, qui joue un grand rôle dans la répartition de la minéralisation.

Cependant nous ne pouvons ignorer l'aspect karstique. Il est bien évident que dans un régime carbonaté, les phénomènes d'érosion karstique prennent un développement non négligeable. Ces phénomènes se manifestent tout d'abord par une morphologie de terrain. Au Niari on remarquera le faible développement des systèmes karstiques vrais. On observe une tendance à l'altération superficielle, composite intermédiaire entre un processus tropical typique (cuirassement) et un processus équatorial caractérisé par la construction de puissantes séries argileuses (G. Scolari 1965).

TROISIEME PARTIE

TRAITEMENTS GENERAUX ET APPAREILLAGES

## 1 - TRAITEMENTS GENERAUX

### 1) ETUDE DES PROCÉDES DE TRAITEMENTS DES TERRES NOIRES.

La plupart des informations publiées concernant la récupération des métaux valorisables proviennent des essais de laboratoire et n'ont fait l'objet que de peu de publications. C'est pourquoi il a été décidé dans une première phase de reprendre systématiquement les divers modes d'attaques possibles.

#### A - Séchage et séparation granulométrique.

Cette méthode a été utilisée pour les terres noires de Mavoïo (Nord Angola) et donnait 25% de cuivre en moyenne pour les fractions de dimensions supérieures à 2 mm. Nos études sur les terres noires du Niari n'ont donné aucun résultat positif.

#### B - Lixiviation sulfurique.

Les procédés envisagés pour le traitement des terres noires sont de deux types : pyrométallurgie et hydrométallurgie. L'insuffisance des quantités de terres noires nous a amenée à utiliser l'hydrométallurgie.

##### - L'hydrométallurgie.

Elle comprend les procédés d'attaques par lixiviation sulfurique ou ammoniacale, et par lixiviation chlorhydrique. La lixiviation chlorhydrique et ammoniacale a été écartée, le fer se dissolvant totalement dans l'acide chlorhydrique. En vue d'applications pratiques, il faut tenir compte aussi du coût très élevé des solutions ammoniacales et chlorhydriques.

Pour ces diverses raisons, seul a été retenu le procédé sulfurique. Il consiste à lixivier les terres noires par l'acide sulfurique à Ph contrôlé afin de ne pas dissoudre le manganèse. Ceci est rendu relati-

vement aisé à cause de la texture et de la porosité des terres noires. L'acide en effet désorbe les ions  $Ni^{2+}$  et  $Cu^{2+}$  adsorbés ou substitués dans les réseaux de manganèse. Le Ph étant vérifié entre les valeurs 1,5 et 2, le manganèse n'est pas dissous. Le métal que l'on recherche, le cuivre, est obtenu par électrolyse ; si celle-ci est bien conduite, on obtient le métal pur.

C - Grillage oxydant.

Ce procédé consiste à pratiquer un grillage oxydant en éliminant en même temps le soufre et l'anhydrite carbonique, le produit obtenu est déposé dans un four à water-jacket avec un certain pourcentage de coke. Le manganèse et le fer se combinent à la silice du minerai grillé pour produire une scorie. On obtient des cupromanganèses qui, sous l'action des acides faibles, sont décomposés et donnent des résidus de cuivre pur.

2) RESULTATS DE L'ELECTROLYSE DES TERRES NOIRES.

Masse de la terre noire en grammes	Quantité d' $H_2SO_4$ solvant	Ph de la solution lixiviée	Quantité de cuivre obtenue par électrolyse en grammes	Cuivre en pourcentage	Nombre de manipulations
3	200	1,6	0,1782	5,9	1
3	200	1,9	0,7882	26	2
1,5	100	1,7	0,2320	15	3
1,5	100	1,8	0,3499	23	4
1,5	100	1,8	0,3485	23	5
1,5	100	1,6	0,0682	6	6
1,5	100	1,9	0,2082	7	7
3	200	1,7	1,0422	34,7	8

Nous avons pris pour base de calcul des analyses chimiques élémentaires obtenues sur les terres noires de Mindouli (Galerie Lagotala).  
Un préalable est posé :

- Sachant que l'une des analyses contient 15% de  $\text{CuO}$ , nous avons calculé la quantité de minerai nécessaire pour une électrolyse de laboratoire qui correspondrait aux normes de 0,1 à 0,2 gr. de Cu pour 100 ml ou 200 ml de solution d'acide sulfurique.

Les calculs ont montré qu'il convenait de prendre 1,5 gramme de minerai terres noires pour mener à bien une telle opération.

- Pour vérifier la récupération totale du cuivre en fin d'électrolyse, on met une goutte de solution étudiée sur un verre de montre puis on y ajoute deux à trois gouttes de solution d'acétate de sodium qu'on fait agir avec une goutte de ferro-cyanure de potassium  $\text{K}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ . L'absence d'un trouble brun rougeâtre prouve que l'opération est réussie.

## II - APPAREILLAGES

Selon la nature du matériel on a utilisé les méthodes d'études suivantes :

- L'observation en lames minces qui permet de déterminer la texture des roches à l'échelle microscopique, les faciès des différents minéraux qui les constituent, leurs relations spatiales.

- L'étude des sections polies en lumière réfléchie est précieuse quand il s'agit de différencier les oxydes, certains sulfures et métaux difficilement identifiables par d'autres techniques.

- Le microscope électronique par transmission qui a rendu possible l'observation des minéraux microscopiques. Leur morphologie, leurs relations mutuelles peuvent être décrites à partir des images obtenues.

- La diffraction des rayons X a permis de déterminer les différentes phases cristallines, c'est-à-dire les minéraux présents.

- Une étude par l'analyse thermique différentielle a été faite.

### 1) DIFFRACTOMETRIE.

Le diffractomètre à rayons X utilisé est un diffractomètre CGR. La méthode utilisée est celle des poudres ou de Debye et Scherrer. Les diagrammes spécifiques des diverses phases apparaissent sur le même enregistreur, et le travail consiste à dégager de l'ensemble chaque diagramme individuel. Ce travail est facilité par l'existence des fichiers A.S.T.M. (The American Society for Testing Materials).

Il y a cependant des difficultés.

- Il peut y avoir des coïncidences de raies.

- Certains constituants sont très mal cristallisés. Ceux-ci se manifestent par l'élargissement des raies de diffraction qui deviennent floues et finissent par disparaître.

- Les espèces minérales présentes dans la terre noire *sensu stricto* sont en faibles quantités, seules les raies les plus intenses apparaissent sur le diagramme. Parfois leur nombre est insuffisant pour permettre l'identification absolue de l'espèce. Ces raies peuvent être également masquées et demeurer insoupçonnées.

## 2) MICROSCOPIE ELECTRONIQUE PAR TRANSMISSION.

La microscopie électronique par transmission a permis de réaliser deux types de diagrammes de diffraction.

- Diagramme de poudres (comparables aux diagrammes de Debye et Scherrer).

- Diagramme de points.

- Indexation des diagrammes de microdiffraction.

Le rayon du cercle étant connu, dans le cas d'une poudre cristalline, ou la distance entre deux points symétriques dans le cas d'un monocristal, il est possible de déterminer les distances inter-réticulaires.

L'identification des minéraux s'effectue par comparaison des résultats avec les données du fichier A.S.T.M. servant principalement pour l'interprétation des diffractogrammes à rayons X.

## 3) ANALYSE THERMIQUE DIFFERENTIELLE.

Dans l'appareil à notre disposition, la température (t) et les différences de températures  $\Delta t$  se font sur deux enregistreurs couplés.

QUATRIEME PARTIE

LES FORMATIONS MINERALES

## LES FORMATIONS MINERALES

### 1) LES MINERALISATIONS.

Dans ses études G. Scolari (1965) estime que dans le Niari cinq types de minéralisations existent.

- Type A : minéralisation BPG + Cu subordonné (paragenèse pauvre) interstratifiée sous forme de filons-couches, exemple M'Passa.

- Type B : minéralisation à prédominance Cu avec comme métaux accessoires Mb, Zn, Fe, Ge, Mo et Co, présente dans les cassures et les failles ménagées dans les bancs rigides de calcaire dolomitique du schisto-calcaire supérieur. Elle forme un réseau de filonnets millimétriques autour des cassures principales, exemple M'Passa et Mindouli, aux épontes du gisement oxydé.

- Type C : minéralisation BPG sans cuivre, dans les lentilles dolomitiques du schisto-calcaire supérieur.

- Type D : minéralisation BPG + Cu ou Cu (+ BPG) en imprégnation diffuse ou en remplissage de failles dans les grès des formations schisto-gréseuses.

- Type E : minéralisation des zones d'oxydation et de cémentation. C'est le cas des stockwerks sulfurés (chalcocite) et des amas de terres noires du type Mindouli.

### 2) MINERALOGIE.

Les résultats de l'ensemble de ces travaux permettent de constituer une minéralogie fine et précise des terres noires. Elles sont formées par de nombreuses phases cristallisées.

#### A - Dépouillement des diffractogrammes de poudres.

Pour déterminer ces phases les terres noires ont été étudiées par les rayons X. Nous avons constaté que les diagrammes présentaient un cer-

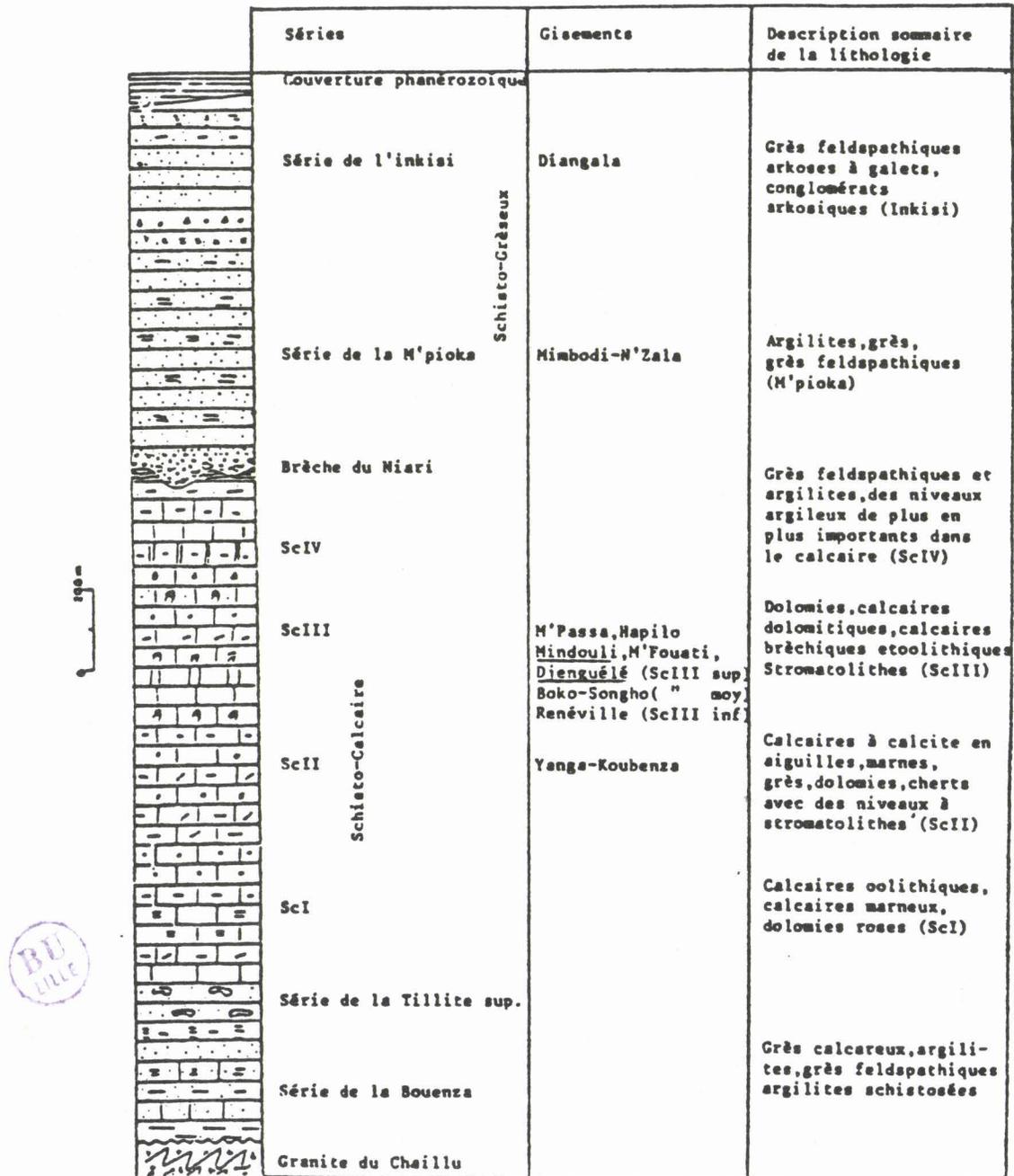


Fig. 12- Coupe lithostratigraphique du synclinal du Niari et position des principaux gisements (in DIANZENZA, 1983).

tain nombre de raies caractéristiques. Nous résumons ci-dessous les raies les plus intenses en les rapprochant de celles des minéraux les plus vraisemblables.

Pyrolusite :  $\beta - \text{Mn}^{4+}\text{O}_2$

d (hkl) obs. : 3,10 - 2,38 - 1,62

d (hkl) ASTM : 3,14 - 2,41 - 1,63

Ramsdellite :  $\epsilon - \text{Mn}^{4+}\text{O}_2$

d (hkl) obs. : 4,06 - 2,55 - 1,64

d (hkl) ASTM : 4,07 - 2,55 - 1,66

Vernadite :  $\text{Mn}^{4+}(\text{OH})_4$

d (hkl) obs. : 3,10 - 2,37 - 2,15

d (hkl) ASTM : 3,11 - 2,39 - 2,15

Rodochrosite :  $\text{Mn}^{2+}\text{CO}_3$

d (hkl) obs. : 3,70 - 2,86 - 2,40 - 2,16

d (hkl) ASTM : 3,66 - 2,84 - 2,39 - 2,17

Todorokite :  $(\text{Mn}^{2+}, \text{CaMg}) \text{Mn}_3^{4+} \text{O}_7 \text{H}_2\text{O}$

d (hkl) obs. : 9,10 - 4,70 - 7,14

d (hkl) ASTM : 9,40 - 4,74 - 7,17

Briartite :  $\text{Cu}_2 (\text{FeZn})\text{GeS}_4$

d (hkl) obs. : 3,06 - 2,66 - 1,88 - 1,60

d (hkl) ASTM : 3,06 - 2,66 - 1,87 - 1,60

Chalcocite :  $\text{Cu}_2\text{S}$

d (hkl) obs. : 3,39 - 3,05 - 2,97 - 2,71

d (hkl) ASTM : 3,39 - 3,05 - 2,97 - 2,73

Renierite :  $\text{Cu}_3 (\text{Fe}, \text{Ge}, \text{Zn})(\text{S}, \text{As})_4$

d (hkl) obs. : 3,03 - 2,65 - 1,85 - 1,56

d (hkl) ASTM : 3,04 - 2,64 - 1,87 - 1,59

Chalcopyrite :  $\text{CuFeS}_2$

d (hkl) obs. : 3,03 - 2,64 - 1,86 - 1,59

d (hkl) ASTM : 3,03 - 2,63 - 1,85 - 1,59

Quartz :  $(\text{SiO}_2)$

d (hkl) obs. : 4,26 - 3,34 - 2,45 - 2,27

d (hkl) ASTM : 4,26 - 3,34 - 2,45 - 2,27

Argent : Ag

d (hkl) obs. : 0,96 - 0,90 - 2,34

d (hkl) ASTM : 0,94 - 0,91 - 2,36

B - Etude minéralogique.

Parmi les divers gisements cuprifères du Niari, les gîtes de Renéville et Mindouli sont très célèbres. Cette renommée provient d'une exploitation importante lors de la période coloniale et des nombreux espoirs qu'ils ont engendrés dans l'ancienne métropole.

- Pyrolusite.

Oxyde de manganèse se rencontrant en tant que masse poussiéreuse activant la coloration des terres noires. La pyrolusite est essentiellement composée de  $\text{MnO}_2$  avec souvent de l'eau d'adsorption. La pyrolusite calcinée donne de la hausmannite, ce qui confirme les résultats obtenus en microdiffraction (A. Mindouli, D.E.A., Lille 1983) sur les terres noires recristallisées après passage à l'analyse thermique différentielle et examinées ensuite aux rayons X.

La pyrolusite est mise en évidence par radiocristallographie. Au microscope à réflexion on peut l'observer sous forme de plages de petites dimensions.

- Ramsdellite et Vernadite.

Ces oxydes de manganèse sont présents dans les terres noires sous forme de grains microscopiques.

- Rodochrosite.

Observable dans les terres noires aux rayons X et au microscope, elle est présente sur le terrain au contact des dolomies. Ce minéral, dans la zone d'oxydation, se transforme en oxydes et hydroxydes de manganèse.

- Todorokite.

Minéral visible aux rayons X, bien observable en microdiffraction dans les terres noires, la todorokite semble se former dans la zone d'oxydation grâce à d'importants apports de calcium et de magnésium provenant de la dolomie.

- Briartite, Reniérîte et Chalcopyrite.

Ces trois minéraux appartiennent tous au système quadratique et s'observent aux rayons X dans les terres noires.

Cependant, beaucoup de points obscurs restent à élucider.

La briartite est observable aux rayons X. Ses raies communes à la reniérîte et à la chalcopyrite posent le problème de sa confirmation.

La briartite peut figurer dans les terres noires et la richesse des diagrammes de diffraction masquerait certaines de ses raies.

La reniérîte est présente à M'Passa. L'absence de As dans l'analyse chimique des terres noires semble exclure l'hypothèse de son existence. Mais ceci n'est pas un argument décisif car As représente un élément facultatif dans sa composition.

La chalcopyrite a été observée dans les gîtes du Niari. Sa présence à Mindouli ne saurait surprendre.

On constate que ces espèces minéralogiques présentent entre elles des différences au point de vue diffraction, de l'ordre des erreurs de mesures éventuelles, et que de ce fait on pourrait les confondre. Nous ne pensons pas qu'il y ait lieu d'émettre des doutes quant à leur présence.

C. Levy et J. Prouvost (1957) étudiant les rapports entre la chalcopyrite, la stannite et la reniérîte, se sont heurtés aux mêmes difficultés et en ont tiré des conclusions similaires.

- Chalcocite.

La chalcocite se rencontre dans les terres noires, tantôt en fragments, tantôt en grains isolés. Elle est observable aux rayons X et en sections polies. Ce minéral est très répandu et souvent exploité et s'altère rapidement en digénite.

Selon J.M. Koud 1985, la chalcocite peut présenter deux formes différentes :

- une chalcocite massive avec de nombreux plans de clivage, parcourue de petites fissures,

- une chalcocite en lamelles provenant de la transformation de la chalcocite hexagonale.

Z. Johan et P. Picot (1982) ont découvert à Mindouli une chalcocite stable au-dessus de 103°C qu'ils estiment être une chalcocite hexagonale.

- Quartz.

L'observation à la loupe binoculaire des terres noires fait apparaître du quartz bipyramidé de dimension de l'ordre de 1/10 à 1/20e de millimètres de longueur et de largeur quatre fois moindre. Ce quartz a pour source des grès et les dolomies soumis à l'altération. Dans leurs travaux G. Ekimov et N. Zidarov 1976 ont mis en évidence de la calcédoine à structure fibreuse ; l'étude aux rayons X n'a rien révélé, cependant nous ne nions pas sa présence. Palace C. *et al.*, 1944 dans le manuel Dana's system of Mineralogy" soulignent qu'il est impossible de reconnaître aux rayons X de la calcédoine car elle ne montre que les raies caractéristiques du quartz.

- Argent.

On le rencontre sous forme de grains microscopiques. L'argent est visible aussi en sections polies sur de la chalcocite.

- Digénite ( $\text{Cu}_9\text{S}_5$ )

Associée à la chalcocite et à la covelline, la digénite montre en lumière naturelle une teinte bleuâtre moins prononcée que celle de la covelline. Cette teinte devient plus soutenue lorsqu'on croise les nicols ou à l'observation à l'immersion.

- Dioptase ( $\text{Cu}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})6\text{H}_2\text{O}$ )

Dans les terres noires il est présent sous forme de poussière légèrement verdâtre, difficilement observable à l'oeil nu. La loupe bino-culaire permet de déceler sa présence. Ce minéral est visible également sous forme de filonnets, de veines et de cristaux isolés dans les terres noires et dans les dolomies. Le dioptase montre des cristaux magnifiques de dimensions de l'ordre de 2 à 3 cm. La diffraction des rayons X et l'examen des sections polies confirment la présence de ce minéral.

Selon A. Lacroix 1908, les cristaux de dioptase du Congo se présentent en deux faciès particuliers :

- les faciès rhomboédriques dominant, les faciès prismatiques sont réduits,

- les cristaux sont très allongés, suivant l'axe Z, du point de vue des couleurs on distingue sur le terrain deux variétés :

. l'une vert émeraude, qui est la plus commune,

. l'autre vert atacamite foncée **plus rare** ; les cristaux de cette dernière ne dépassant pas un centimètre.

L'analyse thermique différentielle des terres noires montre de nombreux pics. En se référant aux travaux de J. Toussaint 1977, A. Mindouli (D.E.A. Lille 1983), on estime que le pic à 93° correspond soit à la formation de la djurleite, soit au départ précoce de l'eau du dioptase qui normalement commence à 95°C.

Le pic à 729° correspondrait à une perte rapide de l'eau contenue dans le dioptase. 862° marqueraient la recristallisation de la silice vitreuse en quartz.

Les travaux de S.Sh. Sarkisyan *et al.* 1970 sur le dioptase de Renéville ont montré en analyse thermique différentielle un pic à 350°C, à 87°C et un pic endothermique aigu à 1080°C qui serait dû à une perte d'eau de 11,66%.

- Dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )

Dans les terres noires on observe par endroits de gros blocs à aspect noirâtre, comme s'ils avaient été chauffés. Nous les appelons "recuits de terres noires".

Ces recuits naturels examinés au microscope montrent :

- de la dolomie microscopique avec masses irrégulières,

- de la dolomicrite caractérisée par des grains fins à reflets brunâtres en lames minces,
- de la dolomie macrocristalline constituée de quelques cristaux subautomorphes de dolomite.

- Calcite ( $\text{CaCO}_3$ )

Elle est présente dans les terres noires et provient des éléments calcaires de l'encaissant. G. Ekinov et N. Zidarov (1976) ont trouvé une calcite hydrothermale sous forme de filonnets dans les dolomies.

- Covelline (CuS)

Elle se forme exclusivement sur la chalcocite. En sections polies on observe des structures corrodées : la chalcocite des terres noires est assez riche en covelline.

- Cuprite ( $\text{Cu}_2\text{O}$ )

Visible aux rayons X, au microscope en sections polies, elle est de couleur gris-blanc. Sur le terrain on remarque très souvent des pseudo-morphoses de cuprite, en malachite et en tenorite.

Au microscope on observe sur de la chalcocite quelques pointements de cuprite. On estime que celle-ci provient d'un début d'oxydation de la chalcocite avec formation de covelline.

- Hémimorphite ( $\text{Zn}_4((\text{OH})_2 \text{Si}_2\text{O}_7)\text{H}_2\text{O}$ )

En faible quantité dans la masse terreuse, elle s'observe aux rayons X en pics très évasés, donc mal cristallisés. Ceci peut être dû à sa faible quantité et à la grande mobilité du zinc qui est souvent transporté hors de la zone d'oxydation.

- Pyrite ( $\text{FeS}_2$ )

Elle se présente dans les terres noires sous formes suivantes :

- pyrite en cristaux automorphes très oxydés,
- pyrite en petits cristaux provenant de la dissolution du faciès précédent,
- pyrite en veinules, disposée le long des fractures.

- Pyromorphite ( $Pb_5(Cl/(PO_4)_3)$ )

On la trouve dans certains fragments obtenus après tamisage des terres noires. De ton brun, brun-vert, brun-rouge à jaune, elle se rencontre dans la zone d'oxydation.

- Limonite (FeOOH)

En sections polies, sur les plages de chalcocite on observe des veinules de limonite.

- Talc ( $Mg_3((OH)_2/Si_4O_{10})$ )

Obtenu en microdiffraction, le talc a été l'objet de confusion avec l'enstatite, mais étant donné le léger métamorphisme observable dans le schisto-calcaire, sa présence dans les terres noires est certaine.

Le talc peut, dans certains cas, remplacer la dolomite et aussi certains cristaux de quartz.

- Tenorite (CuO)

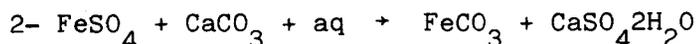
Mise en évidence aux rayons X, elle se caractérise, au microscope, par une couleur crème et par une forte anisotropie.

C - Formation des différentes espèces.

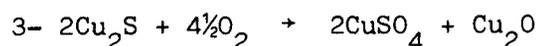
L'investigation minéralogique systématique a permis de penser que des minéraux peuvent se former de la manière suivante. Si nous supposons que le minéral primaire est la chalcopirite, celui-ci s'oxyderait en donnant :



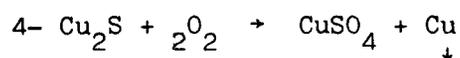
(Chalcocite)



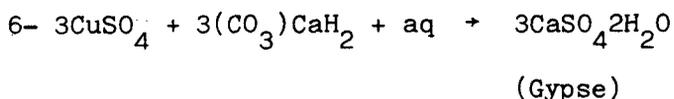
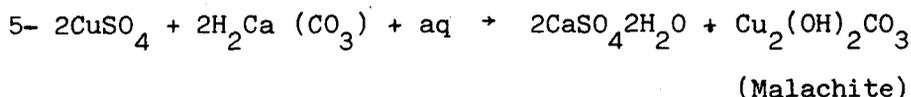
(Sidérite)



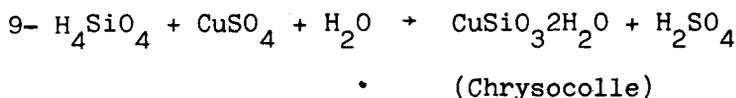
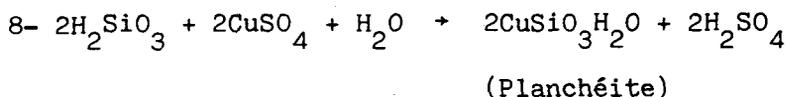
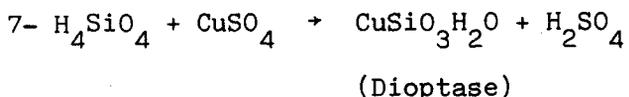
(Cuprite)



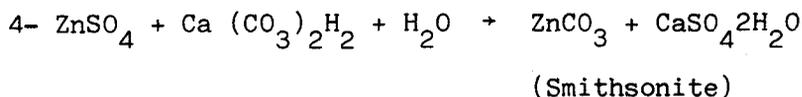
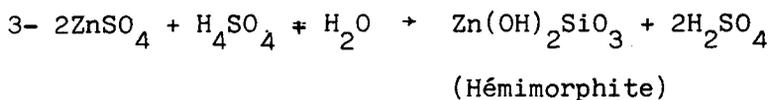
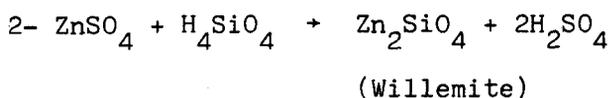
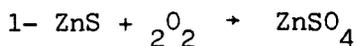
L'oxyde de cuivre précipite en 3, le cuivre natif se dépose en 4, tandis que le sulfate réagit avec le bicarbonate de chaux. Le dépôt du cuivre natif se fait exceptionnellement, les conditions de Ph, Eh intervenant lors du dépôt, ce qui explique que le cuivre natif est rare dans la région minière.



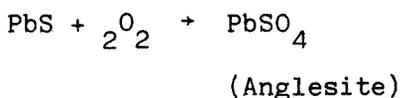
Le gypse disparaît par dissolution. Les eaux météoriques s'enrichissent en silice dans leurs parcours et donnent les silicates de cuivre.



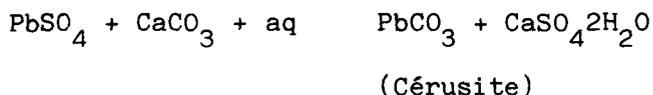
Les eaux siliceuses peuvent agir de la même façon sur des éléments zincifères et plombifères.



En ce qui concerne le plomb, on peut observer les transformations suivantes :



La cérusite se forme suivant la réaction :



#### D - Discussion minéralogique.

L'étude des terres noires nous a conduit à la mise en évidence des espèces passées inaperçues lors des études antérieures (briartite, todorokite, vernadite, ramsdellite).

La présence des minéraux de manganèse tels que pyrolusite, rodochrosite, ramsdellite, vernadite peut attirer notre attention.

#### Le manganèse.

##### . Origine du manganèse :

Le manganèse à Mindouli n'est lié ni à des filons, ni à des fractures nourricières, il faut donc envisager les possibilités de son existence. Sa faible quantité au niveau des gisements du Niari et son abondance dans les terres noires semblent signifier qu'il s'y trouve en solution solide dans un certain nombre de silicates, de dolomies ou de calcaires.

##### . Mise en solution :

Lors des phénomènes d'altération, les pyrites s'oxydent en produisant des solutions sulfuriques qui agissent sur les différentes formations carbonatées du schisto-calcaire donnant des sulfates et du gaz carbonique. De fins dépôts de gypse découverts par G. Bigotte (1959) à Boko-Songho et par D. Mouzita (1979) à M'Passa peuvent témoigner de l'existence de ces sulfates solubles dans la région.

Les sulfates dans les horizons de profondeur, associés à l'action des bactéries sulfo-réductrices oxydent la matière organique avec production de gaz carbonique et d'hydrogène sulfuré, ceci donnant aux eaux leur agressivité. Leurs caractères réducteurs s'amplifient par l'infiltration à travers les différentes formations. Les carbonates sont attaqués et le manganèse est mis en solution (cf. analyse des eaux de la région), tout en se maintenant à l'état bivalent sous formes d'ions et de complexes manganoux. Les eaux se chargent en bicarbonates, le Ph augmente, c'est la précipitation des carbonates qui constitue l'action finale.



Analyse des eaux de la région (G. Ekimov et N. Zidarov)

	ZONE DE MINDOULI				ZONE DE DIANGALA			
	EAUX SOUTERRAINES			Eaux superfi- cielles	EAUX SOUTERRAINES			Eaux superfi- cielles
	Dans les roches carbonatées	Dans la faille minéralisée	Dans les grès		Galerie C.E.A.	Galerie Ouest	Galerie Est	
Température (°).....	15-17	15-16	17-19	16-20 (variable)	14	15-16	15-17	16-20
Dureté (degrés allemands)	8, 12, 4	11-14	4,5	1-12	Insignifiant	1-8	0,8-5,3	2
Minéral. Total (G/l)....	0,28-0,3	0,415-0,474	0,20	0,05-0,36	0,10	0,07-0,34	0,07-0,20	0,03-0,12
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (mg/l).....	10-50	12	16-46	25		10-60	20-49	1,5-10
Anions.....	bicarbonates	bicarbonates	carbonates sulfates	carbonates sulfates hydrocarbures	sulfates carbonates	sulfates bicarbonates	sulfates bicarbonates	bicarbonates
Cations.....	Ca-Mg	Ca-Mg-Na	Na-Ca	Ca-Mg	Na-Ca-Mg	Ca-Na	Na-Ca	Na-Ca
Cu (mg/l).....	0,001-0,005	0,04	0,0003		0,1	0,6	3	0,004
Pb (mg/l).....		0,05	0,001-0,005	0,09	0,3	0,1	5	0,03
Zn (mg/l).....		0,02		0,3-0,09	1	0,3	2	0,2-0,4
Fe.....	0,01-0,09		0,n	0,1				1
Al.....	0,01-0,09		0,0n	0,0n		2		1
Ba.....	0,06		0,0n		0,01	0,7-1,5		0,06
Sr.....			0,0n	0,0n	0,01		0,02	0,003
B.....	0,01-0,09	0,01-0,04	0,0n			0,06	0,01	0,007
Te.....						2		0,002
As.....						0,05		
Sb.....	0,09					0,03		
Cd.....				0,009		0,06	0,02	
Ti.....								0,1
Mn.....	0,01-0,09		0,0n					0,3
Ag.....		0,02						

F. Weber, J. Leclerc et G. Millot (1979) ont montré que le carbonate d'un élément (X) tel que Ca, Mg ou Fe précipiterait avant le carbonate de manganèse si :

$$\frac{(X^2)}{(Mn^{2+})} > \frac{KsXCO_3}{KsMnCO_3}$$

G. Michard (1969) affirme que l'on peut considérer par approximation que les rapports d'activités des ions  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  sont de même ordre de grandeur que les rapports des concentrations totales des éléments de valence 2 sous toutes leurs formes. Les produits de solubilité des différents carbonates ont les valeurs suivantes :

$$Ks Mn CO_3 = 10^{-10,7}$$

$$Ks Fe CO_3 = 10^{-10,5}$$

$$Ks CaCO_3 = 10^{-8,3}$$

$$Ks Mg CO_3 = 10^{-5}$$

Le produit de solubilité des carbonates de manganèse est beaucoup plus faible que ceux des carbonates de calcium et de magnésium, le manganèse étant abondant dans l'analyse des terres noires, on doit s'attendre à ce que le carbonate de manganèse précipite. Les autres carbonates continuant leur dissolution.

. Evolution :

L'observation de la ramsdellite confirme l'évolution minéralogique des nombreux minéraux de manganèse signalés dans les terres noires. Des altérations intenses, des phénomènes de néoformation se sont déroulés dans les karts :

- soit par des apports d'éléments,
- soit par substitution ionique ou remplacement.

Les carbonates mixtes, c'est-à-dire dolomies ou calcaires, subissent une forte altération, ils vont donner en premier lieu de la rodochrosite.

- Carbonates mixtes → rodochrosite.

Des phénomènes d'altération agissants, des nouvelles phases minérales se forment et des substitutions interviennent. La rodochrosite se transforme en manganite, celle-ci moins stable, se transforme d'emblée en pyrolusite.

- Rodochrosite → pyrolusite.

La dernière substitution conduit à la néoformation de la ramsdellite et de la vernadite.

Cette succession confirme les travaux de E.A. Perseil et J. Bouladon 1971, qui ont montré que l'oxydation de la rodochrosite s'opérait selon deux modes différents :

- dans l'un la rodochrosite se transforme en manganite, puis en pyrolusite selon le processus habituel,
- dans l'autre, elle se transforme globalement en gardant sa structure sous forme de constituant gris, proche du cryptomelane, qui donne naissance à  $MnO_2\gamma$ ,  $MnO_2\alpha$  et Ramsdellite ( $\epsilon-Mn^{4+}O_2$ ).

Il est rappelé qu'à l'examen radiocristallographique des raies voisines de celles du cryptomelane ont été observées dans les terres noires.

Ce phénomène de remplacement minéralogique a été observé par M. Bouma (1970), F. Weber, J. Leclerc et G. Millot (1979) dans le gisement de manganèse de Moanda. F. Weber *et al.* (1979) qualifient ce phénomène d'épigénie manganésifère.

Les structures des différentes variétés de bioxyde de manganèse sont bien connues grâce aux récentes mises au point de R.M. Potter et R.G. Rossman (1979), ainsi que celles de R. Giovanoli (1980) sur l'altération supergène.

La rodochrosite s'altère d'abord en manganite ou en birnessite (structure phyllomanganate à équidistances régulières).

La pyrolusite (structure en chaîne) type rutil se forme ensuite, malgré son arrangement parfaitement organisé et sa grande pureté chimique. Ce minéral évolue en nsutite ou en cryptomelane.

La nsutite présente la structure en chaîne caractéristique de la ramsdellite dans laquelle sont répartis au hasard des micro-domaines du type pyrolusite.

Le cryptomelane (tectomanganate) présente une architecture à larges canaux dans lesquels peuvent s'introduire de gros cations ( $K^+$  pour le cryptomelane *sensu stricto*,  $Ba^{2+}$  pour la hollandite,  $Pb^{2+}$  pour la coronadite) ainsi  $K^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  présents dans le milieu peuvent être incorporés à une telle structure qui devient alors plus stable que celle de la pyrolusite.

TABLEAU 9

Espèces minérales reconnues au Niari (G. Scolari *et al.* 1968) et complétées par A. Mindouli

Sulfure Arséniure	Sulfo-Arséniure Sulfo-Antimoniure	Oxydes	Carbonates	Silicates	Phosphates Arséniates Vanadates	Sulfates	Natifs
V					Carnonite $K_2O, 2UO_3, V_2O_5, 2H_2O$ Descloizite (Pb Zn/Cu)OH(VO <sub>4</sub> ) Vanadite $Pb_4(Pb, Cl)(VO_4)_3$		
Mn		Hétaerolite (Zn Mn <sub>2</sub> )O <sub>4</sub> Pyrolusite MnO <sub>2</sub> Ramsdellite* MnO <sub>2</sub> γ Todorokite* $Mn^{2+}CaMg(Mn^{4+}_3O_7H_2O)$ Vernadite* $Mn^{4+}(OH)_4$	Dialogite MnCO <sub>3</sub> Rodochrosite $Mn^{2+}CO_3$	MnO SiO <sub>2</sub>			
Fe Pyrite FeS <sub>2</sub> Chalcopyrite CuFeS <sub>2</sub> Marcassite FeS <sub>2</sub>	Mispickel FeAsS	Hématite Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Goethite Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O Limonite Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> nH <sub>2</sub> O			Beudantite $PbFe_3(OH)_6(SO_4AsO_4)$ Scorodite FeAsO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O	Jarosite $K_2Fe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$	
Co Safflorite CoAs <sub>2</sub>	Cobaltite CoAsS Sulfo-arséniure Fe,Co				Erythrite $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$		





TABLEAU 9

Espèces minérales reconnues au Niari (G. Scolari *et al.* 1968) et complétées par A. Mindouli (Suite)

- 76 -

Sulfure Arséniure	Sulfo-Arséniure Sulfo-Antimoniure	Oxydes	Carbonates	Silicates	Phosphates Arséniates Vanadates	Sulfates	Natifs
Cu Chalcocite $Cu_2S$ Digénite $Cu_9S_5$ Chalcopyrite $CuFeS_2$ Bornite $CuFeS_4$ Idaïte $Cu_5FeS_6$ Covellite $CuS$	Tennantite $3Cu_2S, As_2S_3$ Enargite $Cu_3AsS_4$ Wolfsbergite $CuSbS$ Luzonite $Cu_3AsS_4$	Cuprite $Cu_2O$ Tenorite $CuO$	Aurichalcite $(ZnCu)_5(OH)_3CO_3)_2$ Azurite $3Cu(CO_3OH)_2$ Rosasite $(CuZn)_2(OH)_2CO_3)$	Dioptase $H_2CuSiO_4$ Chrysocolle $SiO_2Cu_nH_2O$ Planchéite $6CuO5SiO_2 \cdot 2H_2O$ Bisbeete $CuOSiO_2 \cdot H_2O$	Fornacite $Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ Olivenite $Cu_2(OH)(AsO_4)$ Mottranite $(Cu_3Pb)(AsO_4(OH))_2$	Chalcantite $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ Brochantite $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_6$ Linarite $(PbCu)SO_4(OH)_2$	Cuivre
Zn Blende $ZnS$	Briartite* $Cu_2(FeZn)GeS_4$		Smithsonite $ZnCO_3$ Aurichalcite Hydrozincite $Zn_5(OH)_3CO_3)_2$	Calamine $Zn_4((OH)_2SiO_2O)H_2O$ Willemite $Zn_2SiO_4$	Descloizite		
Ge Germanite $Cu_3(FeGe)S_4$ Reniérite $(CuFeGeZn)S$							
Ag (dans galène chalcocite et terres noires)							Argent
Cd (dans blende)							
Mo Molybdenite $MoS_2$		$MoO_3 \cdot PbO$ Wulfenite					

TABLEAU 9

Espèces minérales reconnues au Niari (G. Scolari *et al.* 1968) et complétées par A. Mindouli (Suite)

Sulfure Arséniure	Sulfo-Arséniure Sulfo-Antimoniure	Oxydes	Carbonates	Silicates	Phosphates Arséniates Vanadates	Sulfates	Natifs
As Safflorite	Tennantite Mispickel Enargite Cobaltite Luzonite				Mimétite $Pb_4(PbCl)(AsO_4)_3$ Scorodite Formacite Olivénite Beudantite Erythrite		
Sb	Wolfsbengite Bournonite Luzonite						
Pb Galène PbS	Bournonite $2PbSCu_2Sb_2S_3$	Wulfénite	Cerussite $PbCO_3$	Kasolite	Pyromorphite $P_4(PbCl)PO_4)_3$ Vanadinite Descloizite Chalcocite $Cu(UO_2PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	Anglesite $PbSO_4$ Jarosite	

\* Minéraux nouveaux.



La ramsdellite qui apparaîtrait comme terme ultime de cette évolution présente pourtant une structure en chaîne de type diaspore, sans modification, ni chimique, ni cristallographique.

Cette étude minéralogique permet de compléter le tableau 9 des espèces minérales reconnues au Niari par G. Scolari *et al.*, 1968.

### 3) CONCLUSION.

La non existence de certains minéraux de manganèse dans les terres noires est peut-être due au fait que l'altération n'est pas aussi poussée au Niari qu'elle l'est à Moanda (Gabon).

La mise en évidence des minéraux à germanium (briartite et reniérite) est significative. Ces minéraux sont observés dans les gisements de cuivre, notamment à Kipushi (Shaba). L'étude de la minéralisation de la mine de M'Passa, et actuellement de Mindouli et Renéville, a permis de reconnaître une paragenèse analogue. Les corrélations entre les différentes régions d'Afrique Centrale étant déjà tentées, et en supposant que les formations tillitiques des différentes régions soient de même âge, on est conduit à admettre l'égalité du schisto-calcaire congolais du Tsumebien et du Kundelungu inférieur que l'on rencontre à Kipushi ; si à ces facteurs on associe les observations minéralogiques, l'existence d'un Précambrien en tant que province germanifère d'Afrique Centrale et Sud-Africaine est probable (F. Ayé *et al.*, 1978).

CINQUIEME PARTIE

HYPOTHESES GENETIQUES

## 1 - PROBLEMES D'ALTERATION

Les phénomènes d'altération influencent largement la formation des minéraux. Dans un premier temps les grès feldspathiques se désagrègent, les grossiers s'effritent en donnant du sable, tandis que les grès très fins tendent à conserver leur structure compacte. Les grès grossiers désagrégés perdent tous leurs constituants devenus solubles.

Le premier stade d'altération des feldspaths fait apparaître des plages blanches dans la roche. Les couleurs antérieures à l'altération, quand elles sont jaunes ou rouges, ont tendance à se maintenir longtemps. Les grès gris ou verts deviennent souvent jaunes par oxydation du fer. La couleur jaune d'altération se manifeste dans les contacts grès calcaires ou dans les contacts tectoniques (lessivage le long d'une faille).

Dans un second stade les roches carbonatées se dissolvent et donnent lieu à des formations de type karstique très répandues dans la région qui nous occupe. Le résidu insoluble du matériel décapé se dépose habituellement sous forme d'argile plus ou moins chargée en grains de sable siliceux. Remarquons que la roche étant affectée par la latérisation, on ne peut que rarement reconnaître sa composition et sa structure primitive. Dans le secteur de Renéville, on observe de la latérite à grandes croûtes brunâtres et rouges ou à blocs scoriacés reposant sur des masses épaisses d'argile rouge brique. Les roches altérées ont tendance à glisser le long des pentes.

## II - EVOLUTION DES CONCEPTIONS MINERALOGIQUES.

Il est difficile de pouvoir parler de la genèse du minerai terres noires sans tenir compte d'une entité qui est la minéralisation de l'ensemble du bassin minier du Niari.

Des mines du Niari on a extrait non seulement du minerai, mais les travaux ont permis des observations qui ont conduit à des hypothèses génétiques qui se sont renouvelées à la faveur d'observations nouvelles et de connaissances acquises par les métallogénistes.

C'est pourquoi les minéralisations du Niari ont souvent fait l'objet de discussions. Quoi qu'il en soit, la majorité des géologues admet actuellement une minéralisation "*per ascensum*", c'est-à-dire venue du bas du socle, des profondeurs pour s'épancher dans les formations gréseuses et calcaires et y précipiter.

Au début du XXe siècle, les gisements étaient présentés par Barrat comme filonien hydrothermal et de substitution.

De nombreux auteurs : J. Cosson (1955), G. Bigotte (1959), G. Scolari (1965), poursuivant cette idée, précisait que les minéralisations du Niari étaient épigénétiques et d'origine hydrothermale. Au terme d'une analyse détaillée de l'environnement, G. Scolari émet les arguments suivants :

- liaison étroite de la minéralisation avec le système des failles,
- débordement de la minéralisation au passage d'une cassure,
- composition minéralogique du minerai indiquant les températures élevées (mispickel, arsénium de cobalt, pyrite et chalcopryrite, blende et galène,
- absence d'un zonage vertical ou horizontal de la minéralisation
- incompatibilité de l'uranium syngénétique avec une gangue carbonatée.

P. Nicolini (1959) étudiant le synclitorium de la Nyanga rejette l'hydrothermalisme en se basant sur les faits suivants :

- existence de plusieurs niveaux à minéralisations cuprifères stratiformes,
- absence de masse granitique,
- association à peu près constante des minéralisations cuprifères à des oxydes de manganèse ; association caractéristique des dépôts syngénétiques en eau profonde.

D.M. Baka (1975) estime que les minéralisations de M'Passa sont de nature sédimentaire.

D. Mouzita (1979) considère que deux phases s'observent dans les minéralisations du Niari :

- une phase hypogène (Fe, Co) et Cu, Pb, Zn,
- une phase supergène, cémentation-oxydation.

Pour G. Ekimov et N. Zidarov (1976), la minéralisation de Mindouli est le résultat d'une phase unique

pyrite + blende + galène + chalcopryrite + chalcocite.

Le minerai oxydé étant une conséquence des actions supergènes, on peut estimer que celles-ci proviennent, comme le dit Burkardt (1929) de l'altération météoritique des calcaires.

Cependant l'origine des terres noires est très discutée, de nombreuses études menées jusqu'à ce jour montrent :

- une variabilité des analyses chimiques des terres noires,
- l'existence de terres noires au contact des failles et dans les poches karstiques,
- une légère différence de faciès des terres noires.

Tous ces éléments peuvent militer en faveur de deux types de terres noires :

- . l'un allochtone,
- . l'autre autochtone.

Les terres noires allochtones sont celles qui étaient autrefois en surface et que l'érosion, les facteurs climatiques et géologiques (linéaments, karts) ont ramené en profondeur.

Cette idée correspond bien à celle de G. Scolari (1965) qui, au sujet des terres noires de Tchikoumba, écrivait :

"La destruction par les agents atmosphériques d'une couche minéralisée située auparavant au-dessus de la surface topographique actuelle donc aujourd'hui totalement érodée, les produits du démantèlement ont été pour leur grande part évacués au loin, une quantité modeste reste dans les terrains superficiels. Au cours du processus d'altération, il se forme des niveaux lenticulaires qui piègent des traces minimes dont sont chargées les eaux de circulation, ces lits sont siliceux et noirs ; c'est en fait une reconstitution partielle d'un gisement détruit par l'érosion."

Les terres noires autochtones sont le résultat d'une désagrégation des matériaux au contact d'une venue téléthermale métallifère provenant du bas du socle. Cette montée est facilitée par les accidents tectoniques.

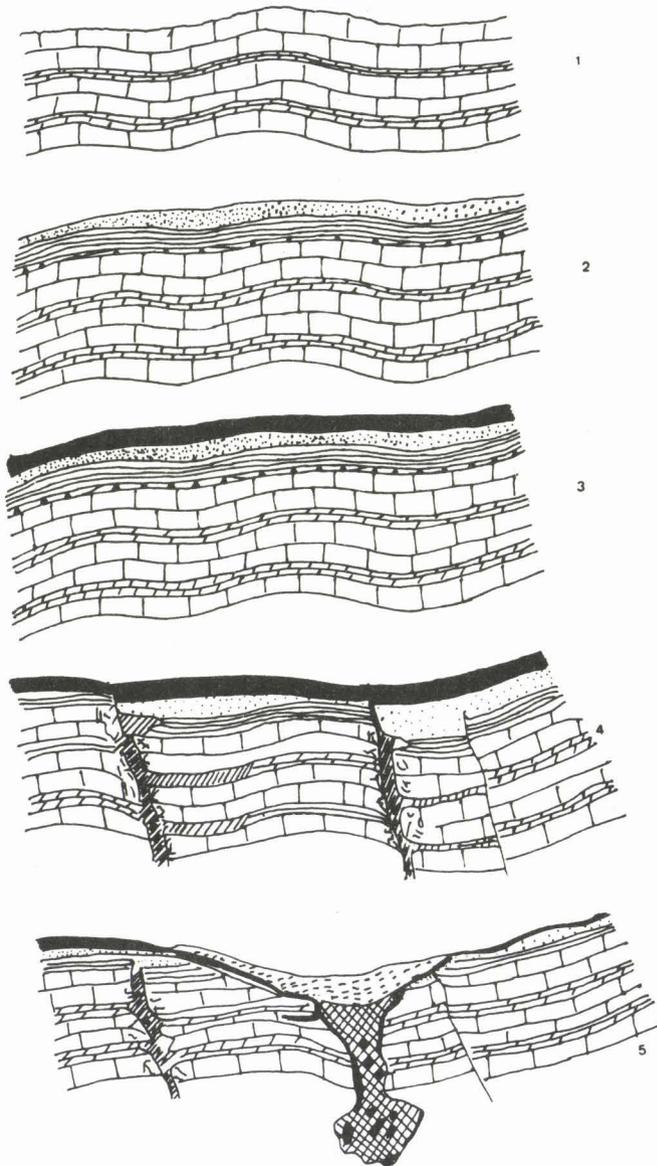
La formation des terres noires peut être schématisée (voir cf. fig. 13).

Dans un premier temps il y a dépôt des formations schisto-calcaires. Celles-ci sont reprises par un épisode détritique qui permet la formation des séries schisto-gréseuses (M'Pioka et Inkisi). Une érosion entame ces différentes formations qui donnent naissance à la terre noire allochtone (fig. 13-3).

Dans un second temps, des mouvements tectoniques interviennent et vont faciliter la montée d'une venue téléthermale : c'est la formation de la terre noire autochtone (fig. 13-4).

La dernière étape est celle d'une solubilisation, altération et mixage de la minéralisation (fig. 13-5).

Fig. 13 - Schéma synthétique de l'histoire de formation des gisements du Niari  
(par A. MOUZITA modifié par A. MINDOULI)



-  INKISI
-  M'PIOKA
-  BRECHE DU NIARI
-  TERRE NOIRE II (allochtone)
-  DOLOMIE
-  CHAPEAU DE FER
-  CALCAIRE DOLOMITIQUE
-  MINERALISATION SULFUREE et TERRE NOIRE I (autochtone)
-  MINERALISATION OXYDEE et TERRES NOIRES (I et II)

## CONCLUSION GENERALE

Les terres noires du Niari sont liées à deux types de phénomènes :

- 1) téléthermal,
- 2) altération supergène.

### 1) Téléthermal :

Les minéralisations à terres noires sont souvent localisées dans les failles. On observe également (P. Picot et Z. Johan, 1982) de la chalcocite hexagonale stable au-dessus de 103°C. Cela suppose un apport précoce de la minéralisation par des solutions métallifères.

### 2) Altération supergène :

Du fait de la liaison intime des minéralisations avec la karstification, il s'agit d'une minéralisation déposée dans des conditions supergènes. En zone d'oxydation, les minéraux sulfurés se décomposent sous l'effet des solutions très acides qui y circulent. Les sulfures de cuivre s'oxydent, le cuivre passe en solution, ceci est en rapport avec le Ph et le Eh et la concentration du gaz carbonique.

Cependant, les minéralisations du Niari présentent des degrés de liaison très divers avec la fracturation des roches encaissantes, il est permis de se demander si des phénomènes de remise en mouvement d'une minéralisation préexistante ne pourrait pas fournir une explication à cet état de chose.

Dans ce cas les minéralisations les plus profondément remaniées seront celles dont la liaison avec la fracturation sera la plus forte. Ceci doit donc nécessairement entraîner l'existence des teneurs plus élevées dans les gîtes les plus liés à la fracturation (H. Pellissonnier, 1962).

L'existence d'une telle minéralisation, si on veut bien l'admettre, conduit naturellement à exclure la possibilité d'existence des minéralisations parfaitement stratiformes au Niari.

La terre noire autochtone est riche en sulfures primaires, dont la chalcocite est le principal.

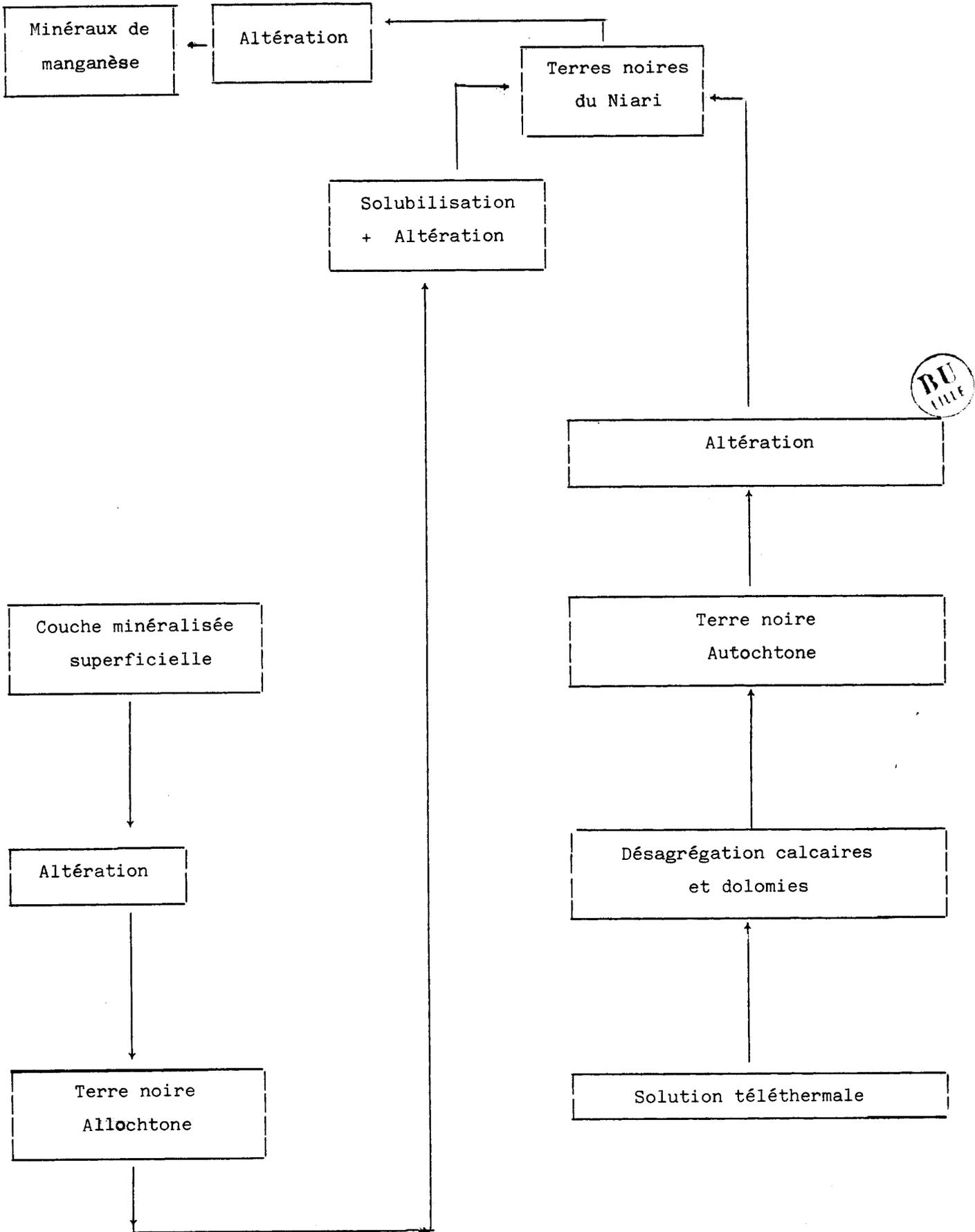
La terre noire allochtone présente de nombreux sulfures secondaires ; il s'y forme également de la ténorite, de la cuprite, de la malachite et du chysocolle.

Le manganèse est lié à l'altération supergène. Lorsque l'altération s'accroît, l'encaissant (dolomies et calcaires) donne de la rodochrosite. En remontant vers la surface de la manganite ( $\text{MnO}(\text{OH})$ ) se forme.

Les solutions de percolations circulent rapidement et se chargent d'oxygène, le manganèse s'oxyde à l'état  $4^+$ . On voit alors apparaître une succession d'oxydes simples ou complexes bâtis sur le mode  $\text{MnO}_2$ . La pyrolusite ( $\beta\text{-MnO}_2$ ) dérive de la manganite et  $\beta\text{-MnO}_2$  s'altère à son tour en cryptomelane.

Quoi qu'il en soit, les phénomènes d'altération sont prépondérants dans la formation des terres noires et des différents minéraux.

Une séquence de la formation des terres noires et des minéraux manganésifères peut donc être établie (voir ci-après la séquence de la formation des terres noires et des minéraux manganésifères).



Séquence de la formation des terres noires et des minerais manganésifères

## BIBLIOGRAPHIE

- AMSTUTZ A. (1929).- Contribution à l'étude géologique du Congo Français. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 29, p. 321-327.
- AMSTUTZ A. (1932).- La structure géologique du Mayombe dans le bas Congo. *Bull. Suisse minér. pétrog.*, 12, n° 1, p. 234-242.
- AYE F., BOULADON J., PICOT J., POUET G. (1978).- Quelques exemples d'apports de la Minéralogie à la connaissance et à la recherche des gîtes minéraux. *Bull. Soc. Fr. Min.*, 101, p. 139-147, 2 fig.
- BABET V. (1929).- Etude Géologique de la zone de chemin de fer Congo-océan et de la région minière du Niari et du Djoué. *Librairie Larose édit.*, Paris, 176 p.
- BABET V. (1932).- Observations géologiques dans la partie méridionale de l'A.E.F. (Bassin du Niari, de la Nyanga, du Djoué et du Haut Ogoué). *Librairie Larose édit.*, Paris, 154 p.
- BABET V. (1935).- Le Tunnel du mont Bamba AEF. Observation géologique. *C.R. VIIIe Congr. Intern. Minér.-Métall.*, Géol. appl., 7e session Paris, p. 533-542.
- BAKA D.M. (1975).- Les minéralisations en cu, pb, zn de M'Passa. Exemple de rôle métallogénique des émergences. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Nancy I, 172 p.
- BARRAT M. (1894a).- Trois coupes géologiques du Congo Français. *C.R. Acad. Sc.*, Paris (22 octobre 1894), t. CXIX, p. 703-705.
- BARRAT M. (1894b).- Sur la Géologie du Congo Français. *C.R. Acad. Sc.*, Paris (29 octobre 1894), t. CXIX, p. 758-761.

- BARRAT M. (1895).- Sur la Géologie du Congo Français. *Ann. Mines Fr.*, 9, 7, p. 379-510.
- BAUD L. (1950).- Contribution aux études géologiques, tectoniques et métallogéniques de la vallée du Niari. Rapport inédit, Arch. de la Direction Générale des Mines et de Géologie du Congo.
- BEL J. (1908).- Mission Bel au Congo Français, étude géologique et minière du bassin du Niari. *Le mouvement géographique*, Bruxelles, p. 218.
- BERTRAND M.F. (1922-1923).- Note sur les gisements métallifères du Niari. *Ann. Soc. Géol. Belge*, 46 p., C-29 - C-33.
- BERTRAND M.F. (1924).- Parallélisme entre les gisements cuprifères du Katanga et du Niari. *C.R. XIIIe Congr. Géol. Intern. Bruxelles*, 1522-2, p. 771-795.
- BIGOTTE G. (1959).- Contribution à la géologie du Bassin du Niari, études sédimentologique et métallogénique de la région minière. *Bull. Dir. Mines et Géol. A.E.F. (Brazzaville)*, n° 9, 188 p., 1 carte 1/10000 21 pl. h.-t.
- BISCHOT P., GUILLON P. (1952).- Fixation du cuivre dans les sols calcaires *Ann. I.N.R.A.*, série A, 1ère année, n° 3.
- BOUMA M. (1970).- Contribution à l'étude des minéralisations du Bassin de Franceville (Gabon) - origine type métallogénique - évolution. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Lille I, 73 p.
- BURKARDT R. (1929).- Sur la formation des Terres noires cuprifères dans le bassin du Niari (Congo Français). *Arch. Soc. Sc. Ph. Nat.*, Genève, II, série 5, vol. XI, p. 59-82.

- CAHEN L. (1952).- Résultats géochronologiques obtenus sur les Minerais du Congo jusqu'en Mai 1954. *Ann. Soc. Géol. Belge*, 72, p. 265-282.
- CAHEN L. (1954).- Extension et âge d'une minéralisation de Cu, Pb, Zn en Afrique Centrale et Australe. *Bull. Soc. Géol. Belge*, t. LVIII, p. 69-100.
- CAHEN L. et LEPERSONNE J. (1966).- Existence des trois orogénèses dans le Précambrien du Bas-Congo. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 262, série D, p. 1181-1184.
- CAHEN L. (1974).- Geological Background to the Coppa-bearing strata of Southern Shaba (Zaïre). In : Gisements stratiformes et provinces cuprifères. Centenaire de la *Soc. Géol. Belge*, Liège, p. 57-77.
- CAHEN L., DELHAL J. et LEDEND D. (1976).- Chronologie de l'orogénèse ouest-congolienne (Pan-Africaine) et comportement isotopique des roches d'alcalinité différente dans la zone interne de l'orogénèse au Bas-Zaïre. *Ann. Soc. Belge*, 59, p. 189-203, 2 fig.
- CAYEUX L. (1930).- Existence de deux groupes d'Algues à structure conservée dans le système schisto-calcaire du Congo Français. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. CXC, p. 231-235.
- CHAVANNES de G. et PLEIGNEUR (1888).- Lettre du 18 octobre 1887 et note du Capitaine Pleigneur sur les Mines de Cuivre et de plomb de Boko-Songho, ainsi que sur la métallurgie. *Revue d'éthnographie*, Paris 1888, t. VII, p. 277-280.
- COSSON J. (1955).- Notice explicative sur les feuilles de Pointe Noire et Brazzaville, carte géologique de Reconnaissance au 1/500 000. *Bull. Dir. Mines et Géol. A.E.F.*, 56 p.

- DADET P. (1966).- Essai et réinterprétation stratigraphique des formations précambriennes du Mayombe Congolais. *Bull. B.R.G.M.*, 2, p. 79-91.
- DADET P. (1969).- Notice explicative de la carte Géologique de la République du Congo Brazzaville au 1/5 000 000. *Mém. B.R.G.M.*, 70 104 p.
- DEVIGNE J.P. (1958).- Le précambrien du Gabon occidental en Afrique équatoriale Française et Régions limitrophes. *Bull. Dir. Mines et Géol. A.E.F.*, 11, 316 p.
- DEVIGNE J.P. et NICOLINI P. (1963).- Les minéralisations plombifères stratiformes de la région de Florac-Meyrueis (Lozère). *Chron. Mines et Rech.*, Paris, 319, p. 152-174.
- DINANZENZA-NDEFI H. (1983).- Les sédiments du protorozoïque supérieur et leurs transformations au Nord-Ouest de la Cuvette Congolaise (Afrique Centrale), apport de datation par les méthodes Rb, Sr et K-Ar. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Strasbourg, 146 p.
- EKIMOV G. et ZIDAROV N. (1976).- Rapport définitif sur les résultats des recherches géologiques dans la région minière de Mindouli. *Rép. Pop. du Congo*, tome 1 : Gisement de Mindouli (Brazzaville), Sofia, 98 p.
- FABRE J. et MOUSSINE A. (1977).- Un héritage panafricain dans le Gondwana *Bull. Soc. géol. Nord*, XCVII, p. 273-277.
- FAUGERAS P. (1974).- Traitement chimique des nodules sous-marins en vue d'une exploitation industrielle. Océanexpo, Bordeaux 1984, 10 p.
- FRANCOIS A. (1974).- Stratigraphie, tectonique et minéralisation dans l'axe cuprifère du Shaba (République du Zaïre). In : Gisements stratiformes et provinces cuprifères. Centenaire de la Société Géol. Belge, Liège, p. 79-101.

- FURON R. (1947).- Géologie et Ressources minérales de l'A.E.F.. *Revue Gén. Soc. Fr. Mines*, 54, p. 129-133.
- FURON R. (1960).- Géologie de l'Afrique. *Payot édit.*, Paris.
- GERARD G. (1958).- Carte Géologique de l'Afrique équatoriale Française au 1/2 000 000. *Bull. Dir. Mines et Géol. A.E.F.*, 198 p.
- GIOVANOLI R. (1980).- A review on structural data of electrolytical and chemical  $MnO_2$  (EMD and CMD). *2nd in symposium on  $MnO_2$* , Tokyo.
- KOUD J.M. (1985).- Pétrologie, Minéralogie, Métallogénie et Géochimie des gîtes de cuivre du Niari au Congo. Thèse de Doctorat d'Université Louis Pasteur à Strasbourg, 174 p.
- LACROIX A. (1908).- Les minéraux accompagnant le diopside à Mindouli (Congo français). *Bull. Soc. Fr. Min.*, 31, p. 247.
- LAGOTALA H. (1929).- Contribution à l'étude Géologique du Congo Français. Notes géologiques sur la région comprise entre Comba et la Louvisie orientale, le décrochement de la Louvisie orientale. *Arch. Soc. Sc. Ph. Nat.*, Genève, 46, 8, p. 110-120.
- LAGOTALA H. (1932).- Première note sur la géologie de la région minière de Renéville (A.E.F.). *C.R. Soc. Ph. Hist. Natur.*, Genève, 3, p. 158-161.
- LAGOTALA H. (1933a).- Parallélisme entre les formations géologiques du Congo Français et la région Kantaga-Rhodésie. *Ann. Soc. géol. Belgique*, Liège, LVI, p. C. 19-43.
- LAGOTALA H. (1933b).- Au sujet des gîtes métallifères du Congo Français. *Arch. Soc. Sc. Ph. Nat.*, Genève, vol. L, p. 107-117.
- LAUNAY DE L. (1903).- Les richesses minérales de l'Afrique. *Ch. Béranger édit.*, 416 p.

- LECHATÉLIER A. (1893a).- Sur le Gisement de diopside du Congo Français. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. CXVI, p. 854-856.
- LECHATÉLIER A. (1893b).- Documents sur le Gisement de Mindouli. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. CXVI.
- LEPERSONNE J. (1951).- Données nouvelles sur la stratigraphie des Terrains anciens du Bas-Congo. *Bull. Soc. Géol. Belge*, t. LX, fasc. 2, p. 169-189.
- LEVY C. et PROUVOST J. (1957).- Rapport entre la chalcopryrite, la stannite et la reniérite. *Bull. Soc. Fr. Minér.-Crist.*, LXXX, p. 59-66.
- LOMBARD J. (1928).- Notes préliminaires sur la géologie de l'Afrique équatoriale Française. Deux observations nouvelles sur les formations entre Brazzaville et la côte atlantique. *C.R. Soc. Géol. Fr.*, Paris, fasc. 16, p. 265-267.
- LOMBARD J. (1933a).- Les grandes minéralisations de l'Afrique Sud-équatoriale et la Géologie régionale. Application à l'Afrique équatoriale Française. *Chron. Mines Colon. Fr.*, n° 10, p. 3-21.
- LOMBARD J. (1933b).- Les grandes minéralisations de l'Afrique Sud-équatoriale et la Géologie régionale. Application à l'Afrique équatoriale Française. *Chron. Mines Colon. Fr.*, n° 11, p. 67-85.
- MESTRAUD J.L. (1971).- Tectonique de l'Afrique. *UNESCO S.A.*, Genève, n° 72, p. 461-491.
- MICHARD G. (1969).- Contribution à l'étude du comportement du manganèse dans la sédimentation chimique. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, Paris, 195 p.
- MINDOULI A. (1983).- Etude physico-chimique des Terres noires (Congo). Mémoire D.E.A., Lille, 52 p.

- MOUZITA D. (1979).- 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). Implication métallogénique. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Grenoble, 173 p.
- NICOLAÏ J. (1955).- Recherches de minéralisation Cu, Pb, Zn dans le Niari. A.E.F. Communication au *Congrès de centenaire de l'Industrie minérale*, juin 1955, *Revue Ind. Minér.*, St-Etienne, janvier 1956, numéro spécial 1 R, p. 45-51.
- 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 de Doctorat ès Sciences Naturelles. *Bull. Dir. géol. A.E.F.*, 10, 263 p.
- NICOLINI J. (1961).- Conclusions d'observations sur la localisation des minéralisations cuprifères stratiformes dans les séries sédimentaires. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 253, p. 1717-1718.
- NICOLINI J. (1970).- Gîtologie des concentrations minérales stratiformes. *Gauthier-Villars édit.*, Paris, 792 p.
- N'Zaou-Moutou M. (1985).- Etude Sédimentologique et Structurale du bassin minier à Pb - Zn -Cu du Niari protérozoïque supérieur du Congo, partie occidentale. Thèse de Doctorat de l'Université P. et M. Curie (Paris VI), 230 p.
- OSSIE G. (1980).- Contribution à l'étude structurale de la chaîne Ouest-Congolienne pan-africaine dans le Mayombe Congolais. Thèse de 3e Cycle, Montpellier, 124 p..
- PALACHE C., BERMAN H. et FRONDEL C. (1944-1951).- Dana's System of Mineralogy. *John Wiley and Sons edit.*, vol. I : 834 p. ; vol. II : 1124 p.

- PELLISONNIER H. (1960).- Minéralisation hydrothermale et structures centrées. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 251, p. 2561-2563.
- PELLISONNIER H. (1962).- Un facteur de la concentration métallique : l'étranglement. *C.R. Acad. Sc.*, t. 255, p. 2752-2754.
- PERSEIL E.A. et BOULANDON J. (1971).- Microstructures des oxydes de manganèse à la base du Gisement de Moanda (Gabon) et leur signification génétique. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 273, p. 278-279.
- PERSEIL E.A. et GIOVANOLI R. (1978).- La Genèse des nodules de manganèse *Bull. C.N.R.S. n° 289*, p. 369-377.
- PERSEIL E.A. et GIOVANOLI R. (1982).- Etude comparative de la Todorokite d'ambollas (Pyrénées orientales), des manganates à 10A° rencontrés dans les nodules polymétalliques des océans et des produits de synthèse. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 254, p. 199-202.
- PESCHUEL - LOESCHE E. (1886).- Zur Geologie des Westlichen Congo gebietes *Deutsche Rundschau. Für Geog. U Statistik VIII*, 7, p. 289-293.
- PICOT P. et JOHAN Z. (1982).- Atlas des minéraux métalliques. *Mémoires du B.R.G.M.*, n° 90, 2e édit., 406 p.
- POTTER R.M. et ROSSMAN R.G. (1979).- The tetravalent manganèse oxydes identification hydration and structural relationships by infared spectroscopy. *Amer. Min.*, 64 p.
- RAZAFINDRAZAKA-RAMOROSON G. (1975).- Paléomagnétisme des formations sédimentaires permienes de Madagascar, conséquences pour la reconstitution du Gondwana. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Montpellier, 156 p.
- REYRE D. (1984).- Caractères pétroliers et évolution géologique d'une marge passive Bas-Congo-Gabon. *Bull. du Centre de Recherche Elf Aquitaine Exploration-Production*, 8 (2), p. 303-332.

- RIEDEL A. (1955).- Structures géologiques et minéralisations dans le secteur de Renéville (Moyen Congo A.E.F.). *C.R. Soc. Fr. Géol.* du 18 avril, 20 p.
- RIEDEL A. (1956).- Altération superficielle et interprétation dans la vallée du Niari (A.E.F.). *Rev. Ind. Minér.*, Saint-Etienne, n. sp. 1R, p. 66-76.
- SARKISYAN S.SH et AKHULEDIAN I R.A. (1970).- Diopside from the Renéville deposit in the Congo Republic Brazzaville. *Zap Vses Min. obshch.*, 99, p. 99-103 (in Russian, 1970).
- SCHERMERHON L.J.G. et STANTON W.I. (1963).- The West Congo System. *Bull. Serv. Géol. des Mines de l'Angola*, 8, 46 p.
- SCHUBNEL H.J. (1964).- Les formes cristallines de la diopside de Renéville. *Bull. Soc. Fr. Min.*, 87, p. 73.
- SCOLARI G. (1965).- Etude Géologique du Bassin du Niari oriental (Rép. du Congo Brazzaville) et ses minéralisations Cu, Pb, Zn. *Mémoires du B.R.G.M.*, 315, 215 p.
- SCOLARI G. et LILLE F. (1973).- Nomenclature et classification des roches sédimentaires (roches détritiques terrigènes et roches carbonatées). *Bull. B.R.G.M.*, 2e sér., sect. IV, 2, 127 p.
- SCOLARI G. et TROLY G. (1962).- Rapport de la tournée en Angola, Août 1962, *B.R.G.M.*, Janvier 1964, rapport interne, 14 p.
- SCOLARI G. et VAN DAALHOFF H. (1965).- Le Précambrien de la chaîne congolaise du Mayombe, état des connaissances géologiques, le problème des orogénèses. *Bull. B.R.G.M.*, 3, p. 103-181.
- SCOLARI G. et VINCENT Pl. (1968).- Les minéralisations plombo-zincifères du Bassin du Niari (Rép. du Congo). *In* : Gisements de pb-zn en Afrique, *Symp. Ann. Mines Géol. Tunisie*, 23, p. 327-355.

- SLUYS M. (1929).- A propos d'observations géologiques nouvelles faites dans le Bassin du Niari (A.E.F.). *Ann. Soc. Géol. Belge*, C25 - 27, 52 p.
- TERMIER H. et TERMIER G. (1977).- Quelques définitions du Gondwana. *Extrait des Annales de la Soc. géol. Nord*, t. XCVII, p. 259.
- THOLLON R. (1897).- Reconnaissance géologique dans les vallées du Djoué et du Niari. *Bull. Soc. Géogr. Comm. Fr.*, 18, p. 252-256.
- TOUSSAINT J. (1955-56).- Sur les Mailles de la Planchéite et de la Shattuckite. *Ann. Soc. Géol. Belge*, 79, p. 111-118.
- TOUSSAINT J. (1957).- Etude thermique ATD des silicates de cuivre hydratés naturels. *Ann. Soc. Géol. Belge*, 80, p. 287-295.
- TRONQWAY R. (1914).- Sur quelques renseignements nouveaux relatifs à la géologie et à la pétrographie du Congo. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 158 p.
- VICAT J.P. et VELLUTINI P.J. (1982).- Le prolongement de la Chaîne du Mayombe sous les terrains sédimentaires crétacés et plio-pleistocènes de la Région côtière du Congo. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 2, p. 295, 501-504.
- VINCENT P.M. (1965).- Données nouvelles sur la stratigraphie du Mayombe Congolais. *Ann. Centre Ens. Sup. Brazzaville*, 1, p. 81-90.
- WEBER F., LECLERC J., et MILLOT G. (1979).- Epigénies manganésifères successives dans le Gisement de Moanda (Gabon). *Bull. Soc. géol. de Strasbourg*, 32, 4, p. 147-164.

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
1 - Carte de l'Afrique.....	4
2 - Carte de situation.....	5
3 - Esquisse du réseau hydrographique.....	9
4 - Esquisse Géologique de la région du Congo occidental.....	20
5 - Schéma de la position tectonique de l'anticlinorium de la Loukouni	26
6 - Etat initial de la zone Gabon-Congo-Brésil à la fin du Jurassique.	27
7 - Schéma montrant l'extension des chaînes panafricaines en Afrique et NE Brésil.....	30
8 - Principaux accidents de l'avant-pays.....	31
9 - Coupes d'ensemble du gisement de Mindouli.....	41
10 - Quelques sondages effectués à Mindouli.....	42
11 - Schéma de la position des deux galeries.....	52
12 - Coupe lithostratigraphique du synclinal du Niari et position des principaux gisements.....	62
13 - Schéma synthétique de l'histoire de formation des gisements du Niari.....	84

LISTE DES TABLEAUX



Pages

1 - Récapitulation des travaux des géologues de l'Angola de la République Populaire du Congo et du Zaïre.....	13
2 - Echelle stratigraphique du système du Congo occidental.....	21
3 - Différentes orogénèses et formations affectées.....	28
4 - Corrélacion Congo-Shaba.....	32
5 - Corrélacion des régions d'Afrique Centrale.....	33
6 - Corrélacion Shaba-Niari-Nyanga.....	34
7 - Principaux gîtes du Niari.....	43-44
8 - Répartition des minéraux dans le gisement de Mindouli d'après les types de minerais.....	47
9 - Espèces minérales reconnues au Niari.....	75-76-77

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
- SOMMAIRE	
- INTRODUCTION	
PREMIERE PARTIE : GENERALITES.....	2
I - PRESENTATION DE LA REGION ETUDIEE.....	3
1) DOMAINE D'ETUDE.....	3
2) ETENDUE DE LA MINERALISATION.....	3
3) CLIMAT ET VEGETATION.....	3
A - Climat.....	3
B - Végétation.....	6
4) FAUNE.....	6
5) TOPOGRAPHIE.....	6
6) HYDROGRAPHIE.....	7
7) VOIES DE COMMUNICATIONS.....	8
8) POPULATION.....	8
II - HISTORIQUE.....	10
1) TRAVAUX ANTERIEURS.....	10
2) CADRE GEOLOGIQUE.....	11
3) TECTONIQUE.....	25
4) CORRELATION AVEC LES REGIONS VOISINES.....	32
5) RESTES D'ORGANISMES.....	35

	<u>Pages</u>
DEUXIEME PARTIE : MINERALISATION TYPES TERRES NOIRES.....	36
DEFINITION DU MINERAI TYPES TERRES NOIRES.....	37
1) LOCALISATION.....	37
2) FORMATION DES TERRES NOIRES.....	38
3) COMPOSITION DU MINERAI TERRES NOIRES.....	38
4) REPARTITION DE LA MINERALISATION TERRES NOIRES	38
5) EXTENSION.....	40
6) CARACTERISTIQUE DU MINERAI TERRES NOIRES.....	45
7) DESCRIPTION DES GISEMENTS A TERRES NOIRES...	45
A - Gisement de Mindouli.....	45
a) Les minéralisations.....	45
b) Stratigraphie et lithologie.....	46
B - Gîte de Renéville.....	48
C - Gîte de Pimbi.....	48
D - Gîtes de Tchikoumba.....	49
E - Occurrence comparable en Afrique Centrale.....	49
8) ECHANTILLONNAGES.....	50
A - Galerie Lagotala.....	50
a) Description macroscopique.....	51
b) Description microscopique et minéralogie.....	51
B - Galerie Mindouli.....	51
a) Aspect macroscopique.....	51
b) Aspect microscopique.....	52
CONCLUSION.....	53

	<u>Pages</u>
TROISIEME PARTIE : TRAITEMENTS GENERAUX ET APPAREILLAGES	54
I - TRAITEMENTS GENERAUX.....	55
1) ETUDE DES PROCEDES DE TRAITEMENTS DES TERRES NOIRES.....	55
A - Séchage et séparation gravimétrique..	55
B - Lixiviation sulfurique.....	55
C - Grillage oxydant.....	56
2) RESULTATS DE L'ELECTROLYSE DES TERRES NOIRES	56
II - APPAREILLAGES.....	58
1) DIFFRACTOMETRIE.....	58
2) MICROSCOPIE ELECTRONIQUE PAR TRANSMISSION...	59
3) ANALYSE THERMIQUE DIFFERENTIELLE.....	60
QUATRIEME PARTIE : LES FORMATIONS MINERALES.....	60
LES FORMATIONS MINERALES.....	61
1) LES MINERALISATIONS.....	61
2) MINERALOGIE.....	61
A - Dépouillement des diffractogrammes de poudres.....	61
B - Etude minéralogique.....	64
C - Formation des différentes espèces....	69
D - Discussion minéralogique.....	71
3) CONCLUSION.....	78

	<u>Pages</u>
CINQUIEME PARTIE : HYPOTHESES GENETIQUES.....	79
I - PROBLEMES D'ALTERATION.....	80
II - EVOLUTION DES CONCEPTIONS MINERALOGIQUES.....	81
CONCLUSION GENERALE.....	85
BIBLIOGRAPHIE.....	88
LISTE DES FIGURES.....	98
LISTE DES TABLEAUX.....	99

## ABREVIATIONS PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

B = blende

P = pyrite

G = galène

Ch = chalcocite

Cu = cuivre natif

Cv = covellite

Bn = bornite

Ce = cérusite

D = diopside

PL. V : Observation au microscope polarisant

PL. VI - PL. VII - PL. VIII : Observation au microscope métallographique.

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE I

Photo 1 :

Grès de l'Inkisi

Photo 2 :

Couverture latéritique et grès de l'Inkisi

Photo 3 :

Formations stromatolithiques

Photo 4 :

Blocs de dolomie

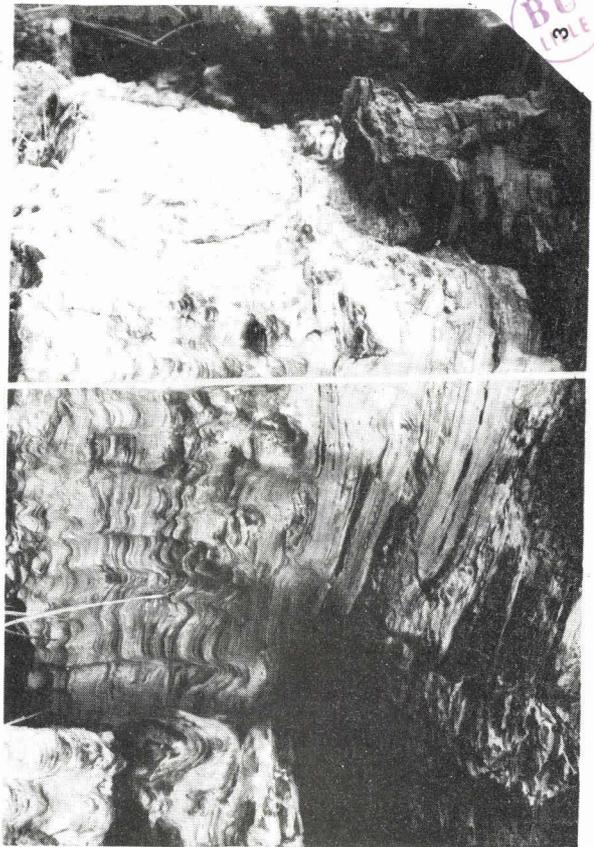
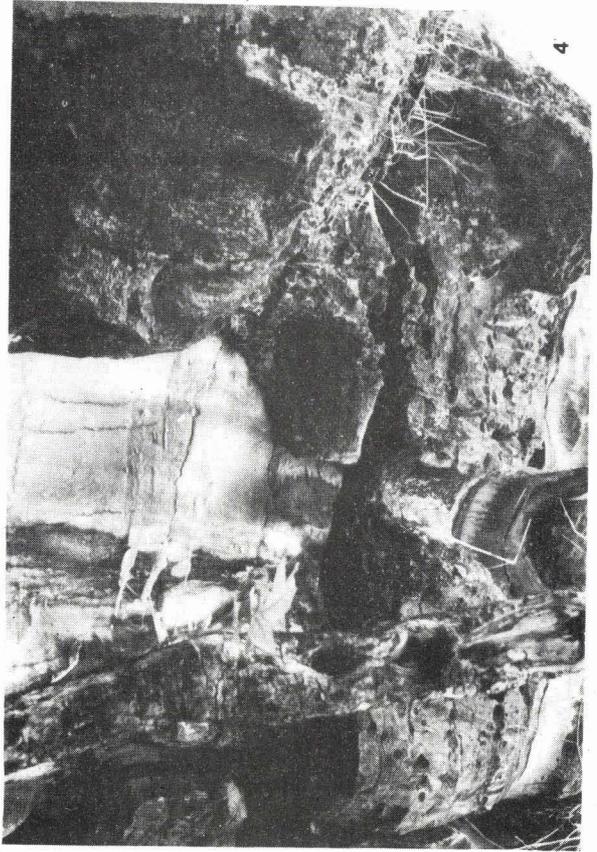
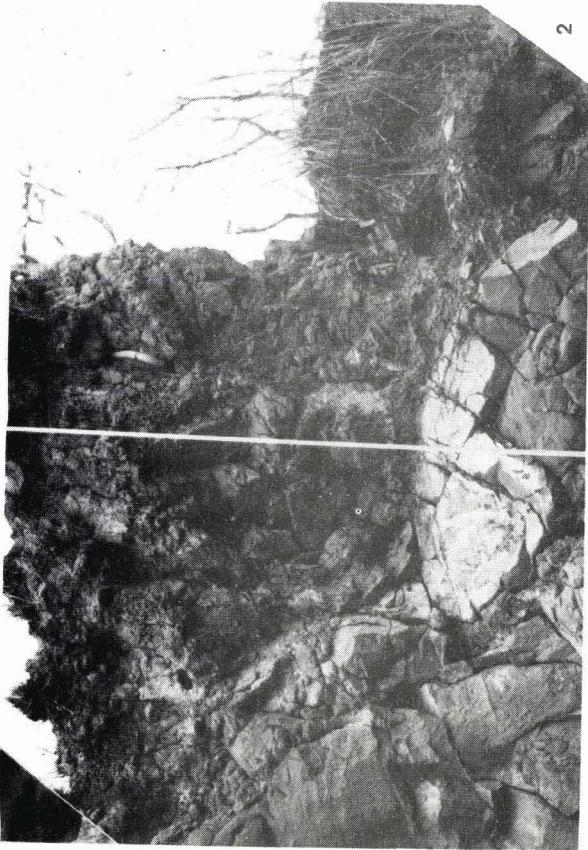


PLANCHE II

Photo 5 :

Gare de Mindouli

Photo 6 :

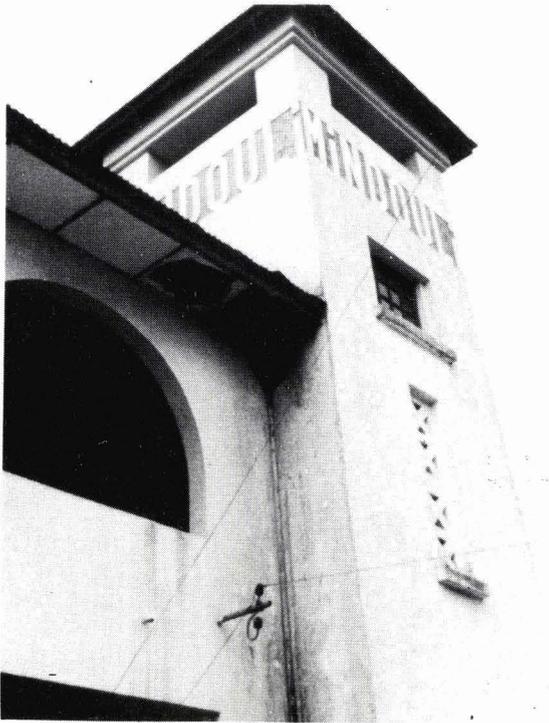
Chargement de terres noires

Photo 7 :

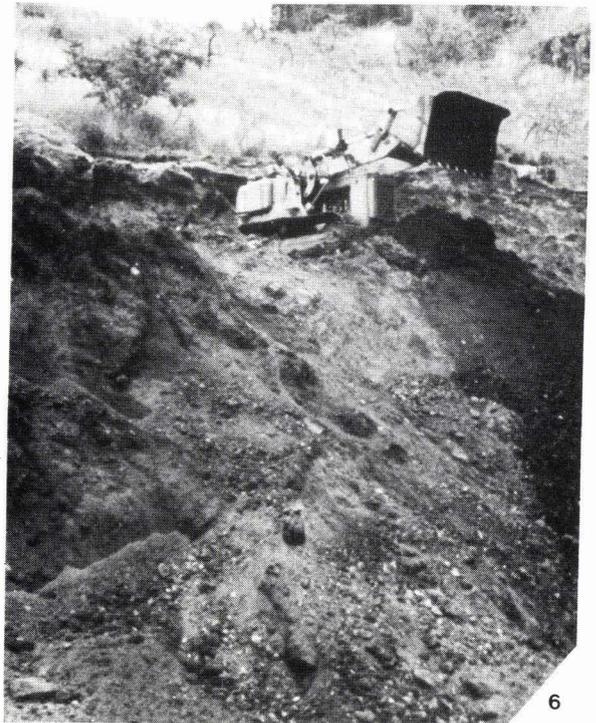
Idem

Photo 8 :

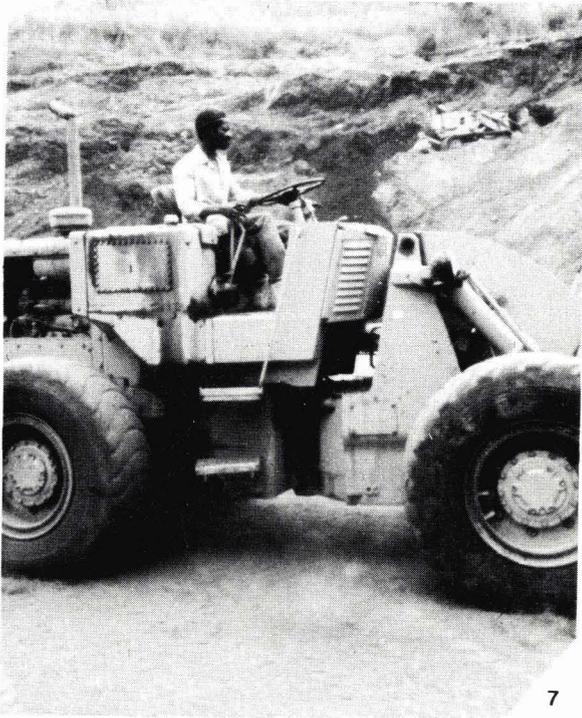
Usine de concentration du minerai terres noires



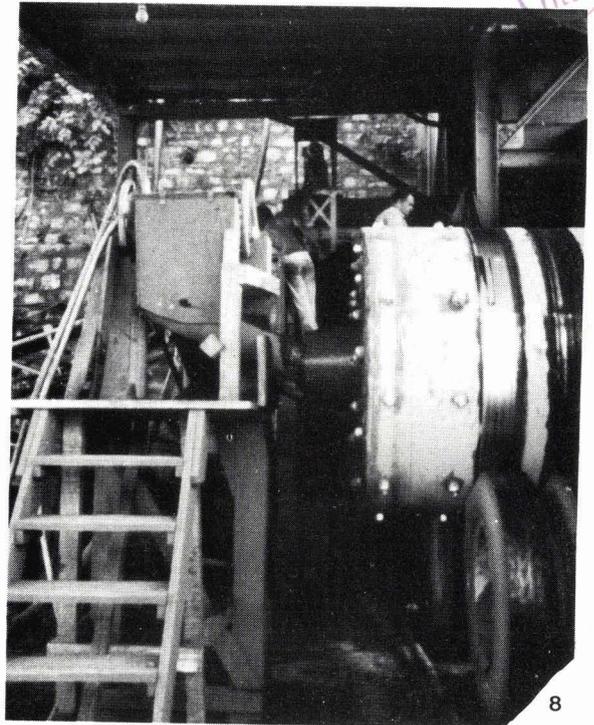
5



6



7



8

BU  
LILLE

PLANCHE III

Photos 9 et 10 :

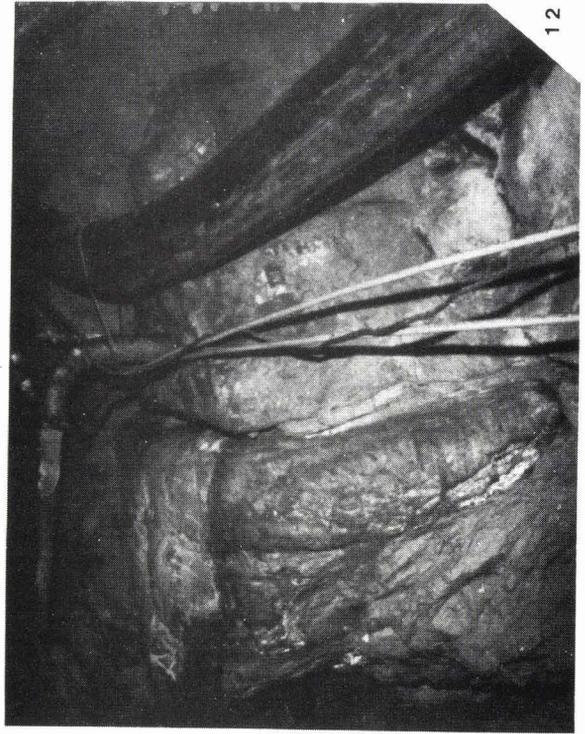
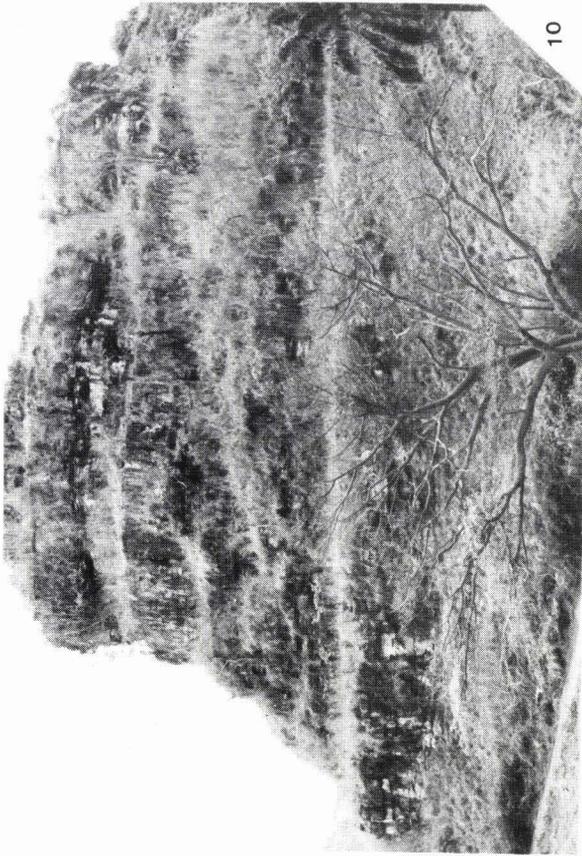
Piton dolomitique (Mindouli)

Photo 11 :

Blocs de dolomie tapissée de malachite

Photo 12 :

Entrée des travers-bancs Lagotala avec une vue des conduits d'air comprimé



BU  
LILLE

PLANCHE IV

Photo 13 :

Camion Berliet transportant le minerai terres noires

Photo 14 :

Paysage de la région

Photo 15 :

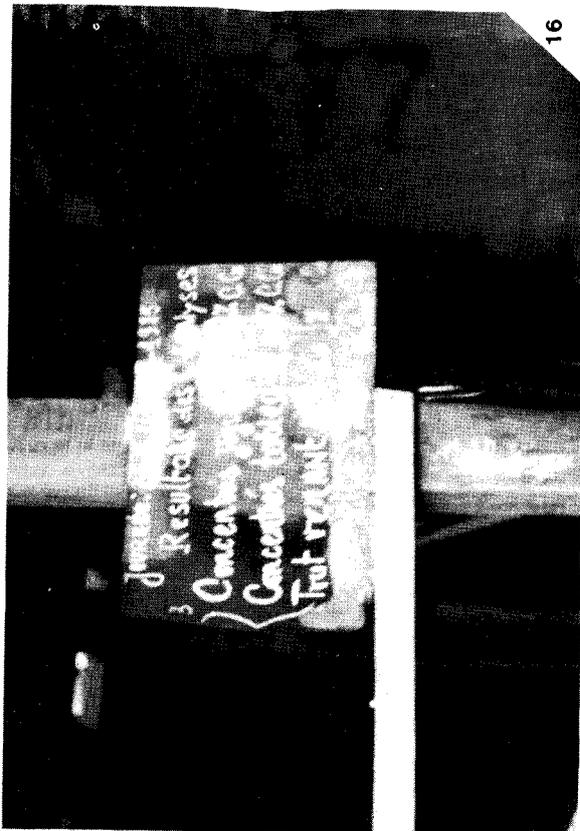
Une vue des cellules de flottation de l'usine de concentration

Photo 16 :

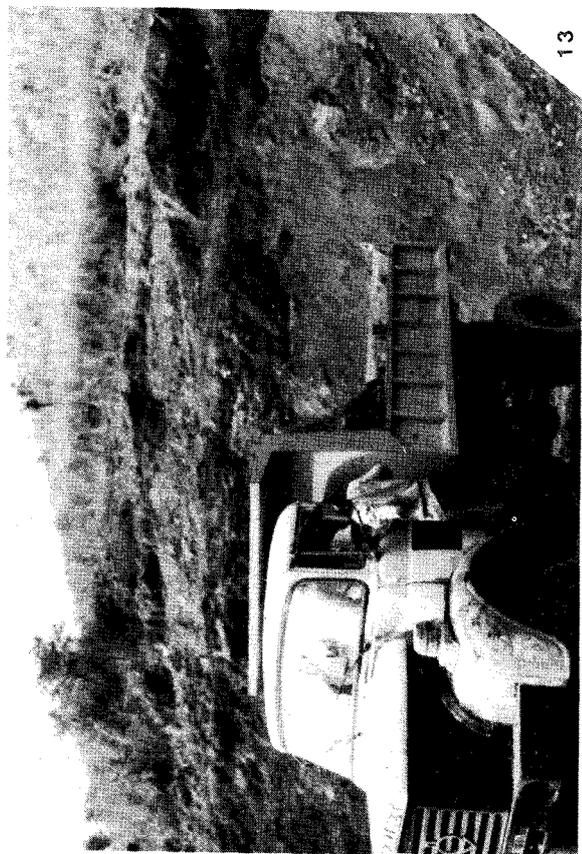
Résultats des analyses des terres noires du 4/09/85 à Mindouli



14



16



13



15



PLANCHE V

Photo 17 :

Dolomicrite (caractérisée par des petits grains) (x10)

Photo 18 :

Aspect microscopique de la dolomie en masse irrégulière (x10)

Photo 19 :

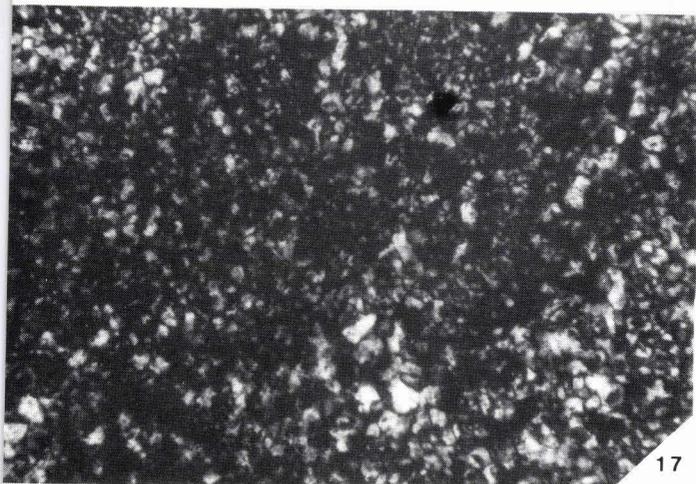
Dolomie avec des cristaux sub-automorphes de dolomite et de quartz (x10)

Photo 20 :

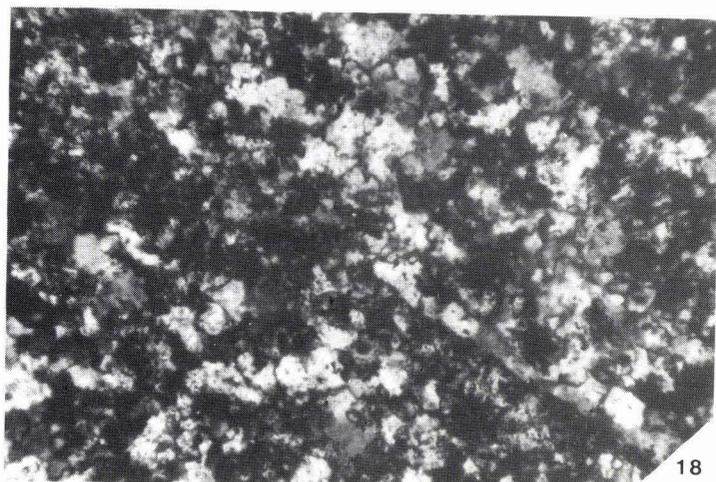
Dolomicrite et cristaux de quartz (x10)

Photos 21 et 22 :

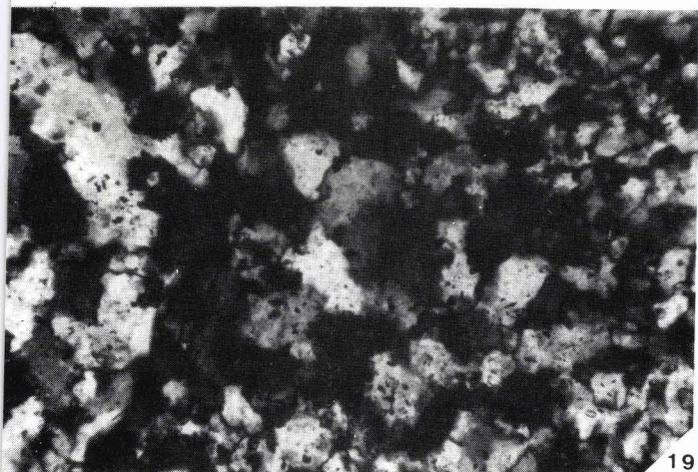
Dolomie macro-cristalline avec des cristaux sub-automorphes de quartz et de dolomite (x10)



17



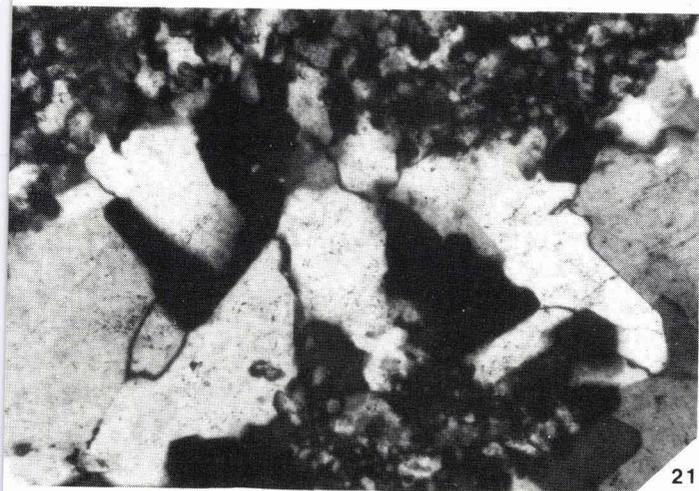
18



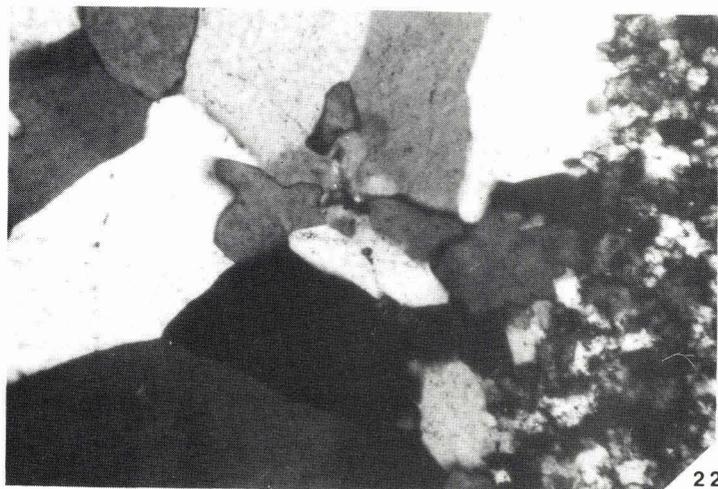
19



20



21



22

PLANCHE VI

Photo 23 :

Agrégats de galène, chalcopryrite et bornite (x80)

Photo 24 :

Agrégats irréguliers de galène, chalcopryrite et bornite (x80)

Photo 25 :

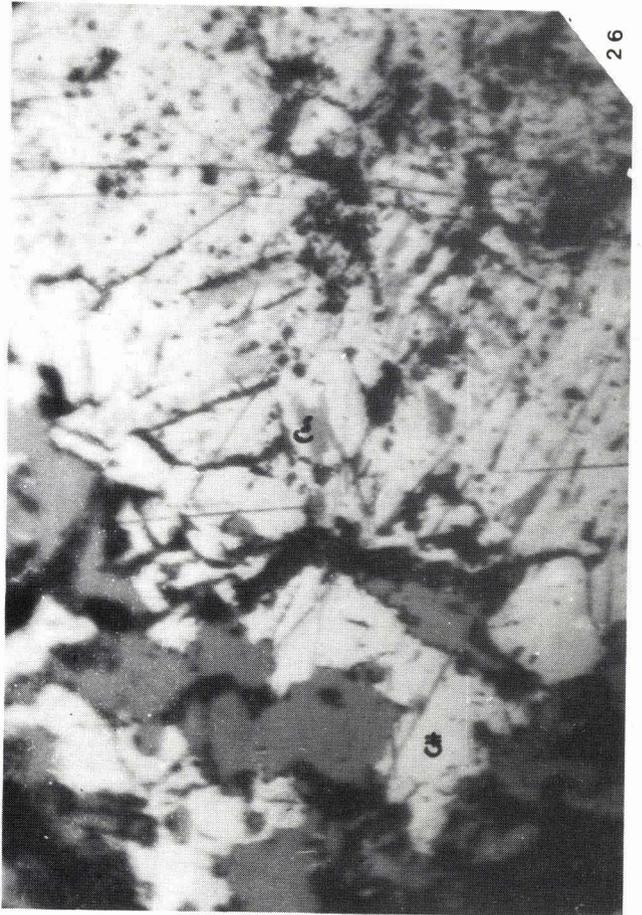
Agrégats de blende et galène dans les grès (x80)

Photo 26 :

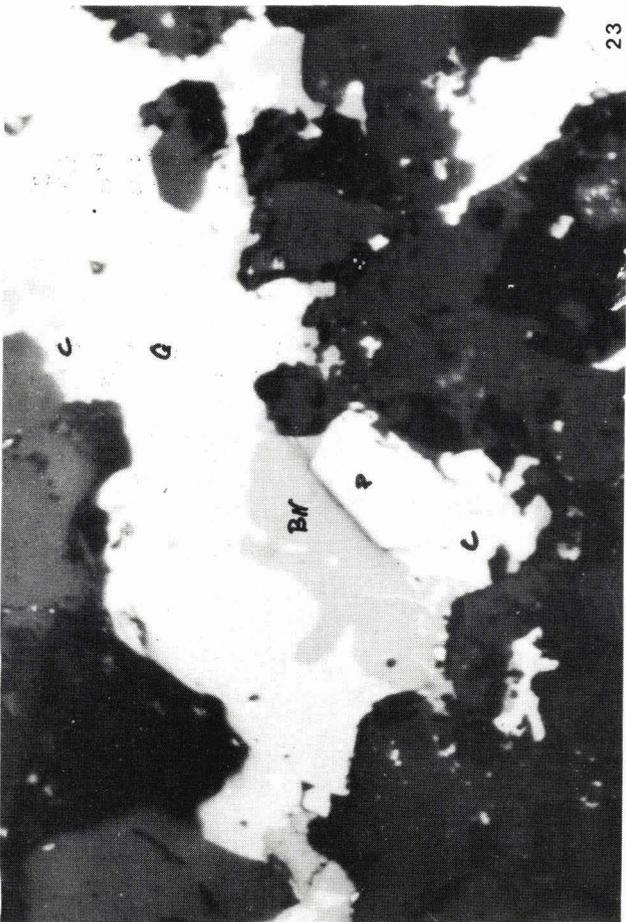
Agrégats de chalcocite (x80)



24



26



23



25



PLANCHE VII

Photo 27 :

Galène fissurée et présence de la chalcocite et cérusite dans les fissures (x80)

Photo 28 :

Idem (x90)

Photo 29 :

Agrégats irréguliers de la chalcocite partiellement substituée par la cérusite (x80)

Photo 30 :

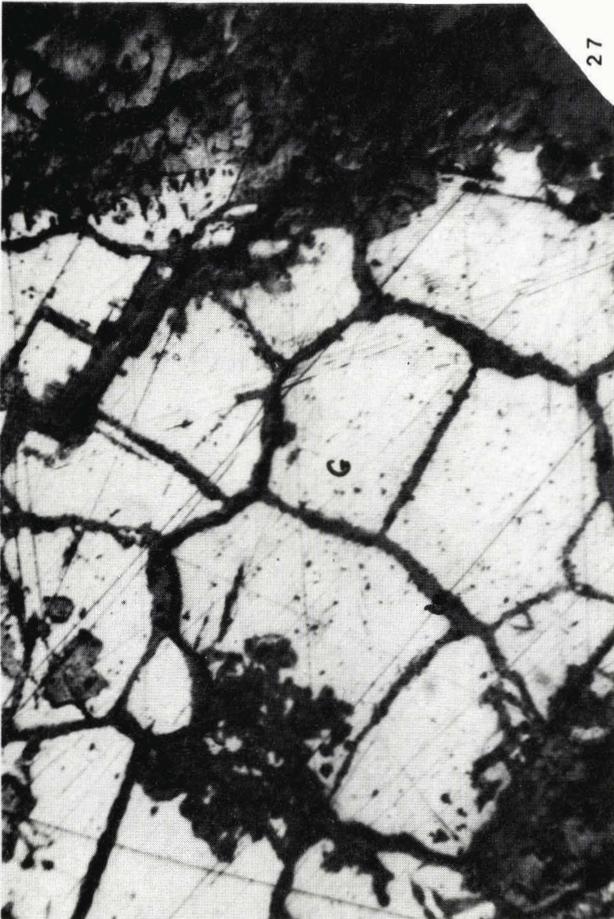
Agrégats irréguliers de la chalcocite montrant de la cérusite et de la covellite formées sur de la chalcocite (x90)



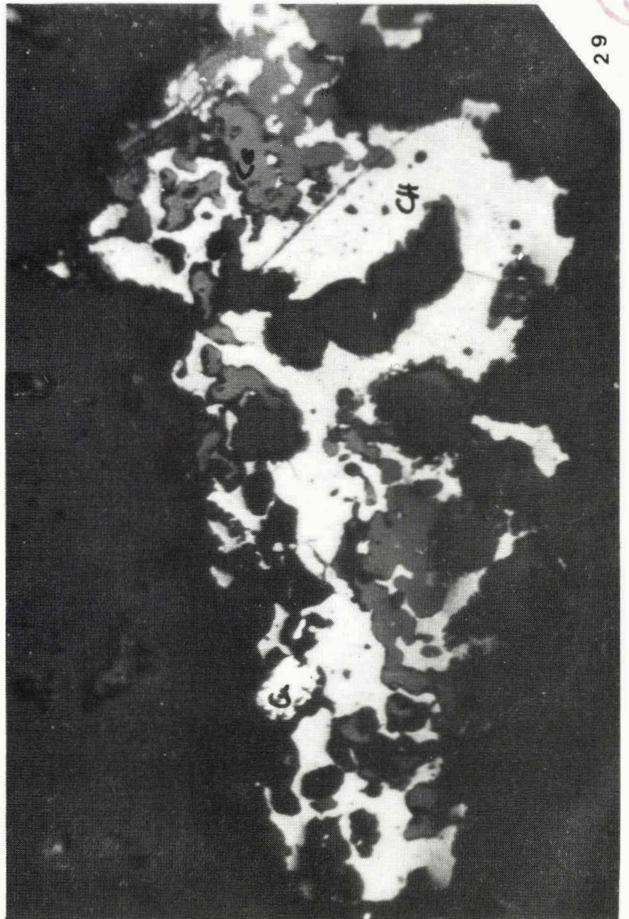
28



30



27



29

BC  
TITLE

PLANCHE VIII

Photo 31 :

Altération de la galène et de la chalcocite en cérusite (x80)

Photo 32 :

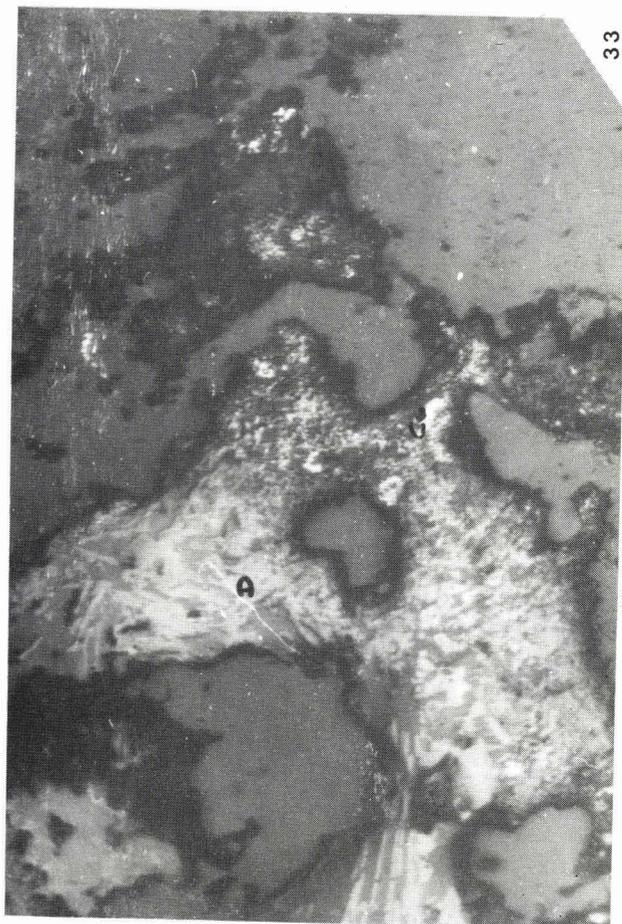
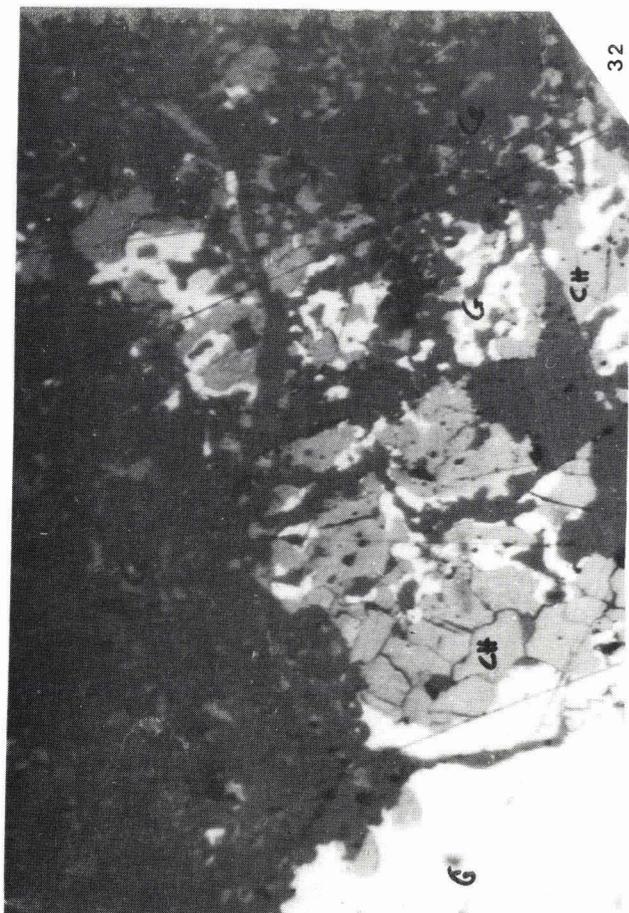
Cérusite contenant un peu de chalcocite et de galène (x90)

Photo 33 :

Dioptase avec inclusion de cuivre natif (x80)

Photo 34 :

Cuivre natif et dioptase (x80)



B.L. MILLER

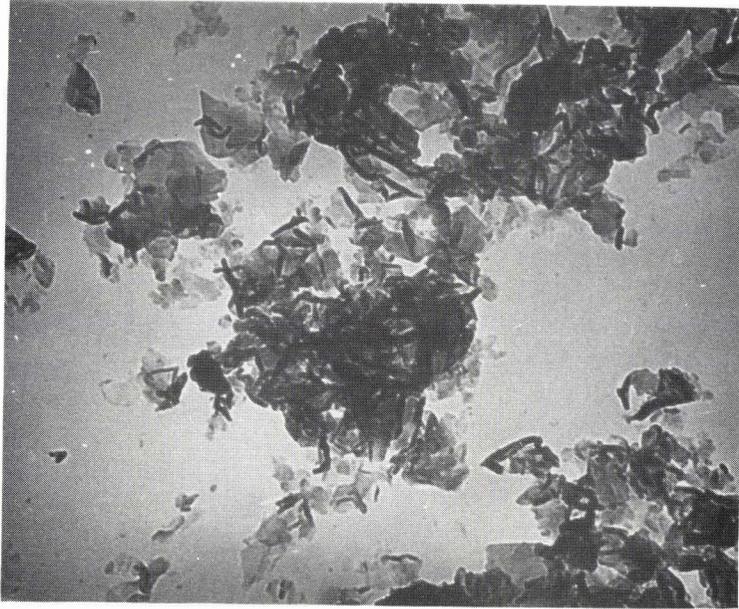
PLANCHE IX

Photos 35 et 36 :

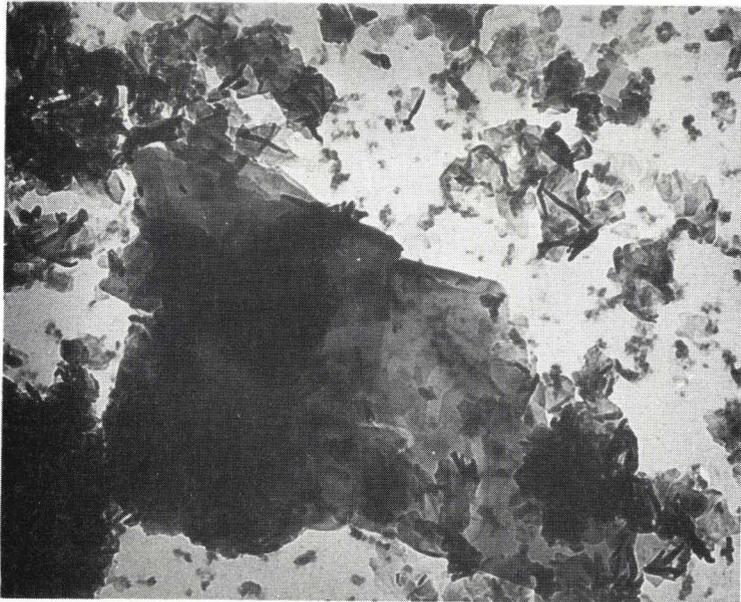
Microscopie électronique par transmission de la todorokite (x30 000)  
Observation des plaquettes extrêmement minces exposées au lessivage

Photo 37 :

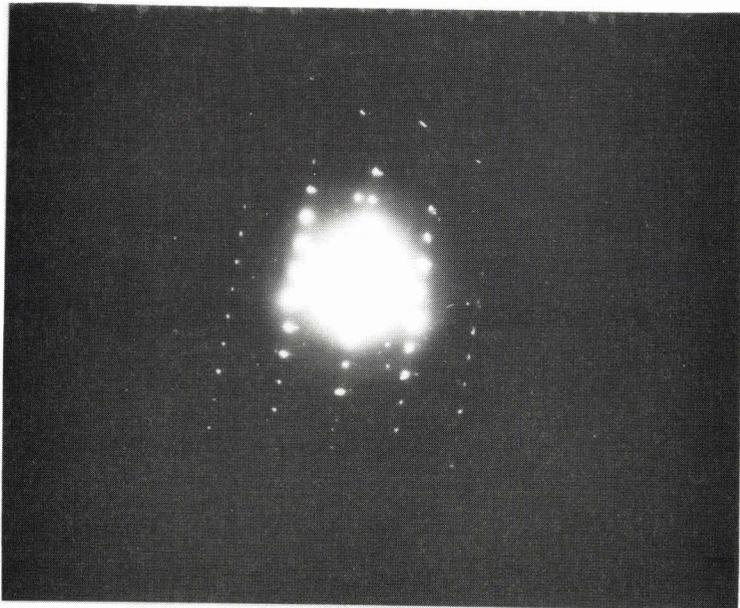
Diagramme de microdiffraction de la todorokite de Mindouli



35



36



37

## RESUME

Dans ce travail nous avons précisé nettement la minéralogie des Terres Noires du Niari et leur genèse.

Pour cela nous avons effectué de nombreuses études qui ont permis de distinguer deux paragenèses :

1) Une paragenèse prépondérante et bien précise qui est celle des minéraux oxydés : oxydes de cuivre et de manganèse.

2) Une paragenèse moins remarquable qui est celle des minéraux à Cu, As et Ge constituée principalement par la briartite et la reniérite.

Nous avons aussi montré que les Terres Noires du Niari résultent de deux phénomènes :

1) Une action supergène largement dominante.

2) Une phase téléthermale.

MOTS CLES : Téléthermal, Niari, paragenèse.