Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 11 (1929)

Artikel: Sur la formation des "terres noires" cuprifères dans le bassin du Niari (Congo français) [suite et fin]

Autor: Burkhardt, René

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-740982

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

SUR LA FORMATION DES
"TERRES NOIRES" CUPRIFÈRES
dans le bassin du Niari (Congo français)

PAR

René BURKHARDT

(Avec 2 planches)

(suite et fin)

VIII. Variations des terres noires.

A. *Par rapport à leur situation dans la mine.* A Mindouli, la teneur en cuivre est très variable, pouvant aller de 0 à 25 % environ. En faisant abstraction des boules, fragments et filonnets de chalcosine facilement triables à la main, nous remarquons que les sulfures sont plutôt rares dans la zone minéralisée. Un essai sur une terre à 6,46 % Cu après triage a donné comme répartition du cuivre:

Cu_2S	12,7	% du Cu
Dioptase	14,8	
Carbonates et chrysocolle	72,4	

La teneur moyenne en Cu varie de 2 à 8 %.

Le tableau suivant montre les variations de constitution des terres noires avec le niveau (Mindouli).

	I	II	III	IV	V	VI
$Si\,O_2$	29,31	39,74	58,87	51,52	67,92	66,72
Pb	0,87	2,07	0,43	0,19	0,23	0,78
Zn	néant	traces	0,01	traces	0,03	0,23
Cu	10,21	11,17	6,24	7,18	10,45	4,97
S	0,02	0,01	0,74	traces	traces	0,14
$Mn\,O_2$	34,32	29,22	12,75	12,60	6,18	5,88
$Mn_3\,O_4$	1,27	3,42	0,52	0,23	0,05	
$Fe_2\,O_3$	8,52	7,49	4,81	4,82	6,47	6,43
$Al_2\,O_3$	1,47	2,31	3,90		2,05	
Ca O	traces	traces	1,41	5,85	traces	5,08
Mg O	0,18	traces	3,18	1,74	0,72	2,83
P A F	14,22	5,72	7,42	15,31	6,47	7,91
$P_2\,O_5$	néant	0,07	néant	néant	néant	néant
$As_2\,O_3$	néant	néant	0,01	néant	néant	néant
	100,39	101,22	100,29	99,44	100,57	100,97

I. Attaque niveau 460 m. IV. Attaque niveau 428 m.
II. » » 450 m. V. » » 420 m.
III. » » 435 m. VI. » » 410 m.

A Mindouli, la quantité de plomb est toujours très faible (moins de 1 %), sauf dans la zone supérieure de l'anticlinal où l'on arrive jusqu'à 3 ou 4 %. Cette même zone montre un enrichissement notable en $Mn\,O_2$ (jusqu'à 45 %) et, souvent, une très forte diminution du résidu siliceux (15 à 25 %). Le zinc n'a été trouvé jusqu'à ce jour qu'en minimes proportions. Cependant, il est beaucoup plus fréquent au niveau inférieur. Les teneurs en cuivre comme en plomb ont tendance à s'affaiblir en descendant à flanc d'anticlinal; la silice, par contre augmente fortement. La très faible teneur en soufre est à noter, ainsi que la constance du fer. Retenons aussi l'absence totale de $P_2\,O_5$ et d'$As_2\,O_3$ dans la région inférieure.

* * *

On observe également certaines variations de *structure* dans les terres noires. Les unes apparaissent comme une masse compacte, s'enlevant à la pioche en grosses esquilles incurvées, assez semblables à du charbon et peu minéralisées quoique forte-

ment manganifères. D'autres, également compactes, ont un aspect de stratification serrée, et sont beaucoup plus minéralisées; d'autres, avec veinules de sels de cuivre, s'éboulent facilement et sont souvent très plastiques dès qu'elles contiennent un peu d'eau. Enfin, nous trouvons ces terres avec bancs de plaquettes siliceuses également très faciles à abattre.

* * *

Les variations, en passant des grès aux calcaires dans la même couche, sont consignées ci-dessous (tableau page suivante):

Si, dans les terres, la quantité de silice, manganèse, fer et alumine est presque constante, nous avons des variations assez considérables pour la chaux, la magnésie et la PAF, qui diminuent en s'approchant des grès, alors que le cuivre et le soufre augmente.

	I	II	III	IV	V
SiO_2	57,39	68,8	67,21	65,5	7,23
Pb	néant	néant	0,84	traces	traces
Zn	0,2	néant	traces	néant	néant
Cu	1,28	11,91	5,34	2,94	0,83
S	0,08	traces	0,07	0,03	traces
MnO_2	4,25	5,87	6,94	7,04	8,42
Mn_3O_4	0,18	0,23			
Fe_2O_3	11,62	6,30	6,26	5,21	1,46
Al_2O_3	19,42	1,76			
CaO	néant	traces	4,96	6,67	32,17
MgO	néant	0,72	2,66	3,24	11,12
PAF	6,36	5,17	6,7	9,15	39,42
	100,78	100,76	100,98	99,78	100,65

I. Argile de contact.
II. Terre noire au toit.
III. » » dans la couche.
IV. Terre noire au mur.
V. Calcaires du mur.

* * *

B. *Par rapport aux gîtes.* La plupart des gîtes de la région du Niari fournissent de ces terres noires, le plus souvent en très

fortes quantités formant même le plus important niveau minéralisé. Elles ont été décelées, entre autre, à Renéville, Mindouli, Moubiri, Tchicumba, M'Fouati, M'Passa, Yanga-Koubanza, etc., minéralisées ou non, et nous en étudierons ici quelques types. Toutes paraissent semblables, avec la même teinte brun-noir, le même toucher onctueux, et contenant des inclusions macroscopiques de calcaires, silex, et minerais de cuivre et plomb. Séchées, leur densité apparente a toujours été ramenée en dessous de 1. Leur aspect au microscope, après élimination des gros éléments, était à peu près semblable. On y remarque toujours une très forte prédominance des grains de quartz avec de la pyrolusite amorphe dissiminée, de la limonite, un peu d'argile et de calcaire.

Seule, la minéralisation de ces terres noires varie avec les gîtes, quoique nous retrouvions toujours le système cuivre-zinc-plomb.

A Renéville, le microscope décèle, comme minerais, d'assez fortes quantités d'hématite, de cérusite, de malachite, de chrysocolle et de dioptase. Comme toujours, la chalcosine qui s'y trouve provient fréquemment des abatages de ce minerai; rarement, on trouve un peu de calamine. Souvent finement stratifiée par de minces couches cherteuses, elle semble provenir de schistes auxquels elle passe latéralement (M. Gysin).

Tchicoumba donne surtout de la smithsonite avec de la cérusite, un peu de calamine, d'hématite, de malachite, chrysocolle, dioptase et de blende.

Moubiri, est assez riche en cérusite et malachite avec de fortes proportions de limonite. On y rencontre également de la smithsonite, des silicates de cuivre, et peu d'hématite. Quant à M'Fouati, ce gisement sur calcaire fournit presque exclusivement de la cérusite avec une assez forte proportion d'oxydes de fer et de limonite. Mindouli a été étudié plus haut.

L'échantillon du Ravin des Pyrites (Mindouli) se présente sans minéralisation, avec surtout du quartz, de la pyrolusite, de la limonite, un peu d'argile et d'oxydes hydratés de fer.

L'analyse chimique fournit les mêmes variations, comme l'indique le tableau ci-dessous:

	I	II	III	IV	V	VI	VII
$Si\,O_2$	62,12	27,30	56,71	63,25	49,10	55,5	67,12
Pb	1,74	4,21	4,1	0,32	15,71	0,25	néant
Zn	néant	traces	9,98	9,13	traces	0,19	néant
Cu	1,65	9,36	1,30	1,63	néant	11,10	néant
S	0,1	1,32	traces	0,05	traces	0,63	néant
$Mn\,O_2$	10,99	20,46	4,19	1,14	4,3	traces	15,48
$Fe_2\,O_3$	12,17	} 23,84	12,61	9,71	16,12	4,08	6,17
$Al_2\,O_3$	1,84		1,47	5,85	2,36	7,30	2,37
$Ca\,O$	0,92	néant	0,75	néant	1,15	5,19	2,14
$Mg\,O$	0,44	2,62	0,54	0,38	1,17	2,73	1,93
P A F	8,77	10,32	9,52	8,76	9,4	12,94	5,14
	100,74	99,43	101,17	100,22	99,31	99,91	100,35

I. Renéville.
II. Moubiri.
III. Tchicoumba.
IV. » analyse 1911.
V. M'Fouati.
VI. Mindouli (Campredon).
VII. Ravin des Pyrites.

Elle nous situe les divers genres de minéralisation et la valeur respective de chaque métal dans chaque gîte. A noter l'échantillon N° VII complètement dépourvu de Cu, Pb ou Zn et de même aspect qu'une terre minéralisée avec une forte analogie de composants.

En *résumé*, les variantes de composition des terres noires sont de trois sortes:

1° *Variations suivant les gisements, dues surtout au genre de minéralisation.*

2° *Variations dans la couche avec, régulièrement, une augmentation de minéralisation du mur au toit.*

3° *Variations suivant la nature plus ou moins compacte de ces terres.*

On remarque, en outre, une constance généralement remarquable de pourcentage pour la silice, le fer, et l'alumine.

N. B. — Toutes les analyses précédentes ont été faites suivant la méthode classique d'analyse des silicates par fusion au $Na_2\,CO_3$. Pour le chapitre suivant, nous avons simplifié le mode d'analyse, vu que, seuls, les composants solubles nous inté-

ressaient. Une prise était attaquée à l'eau régale; après filtration du résidu lavé lui-même à l'acétate d'NH_4 (Pb SO_4 éventuel), le plomb était précipité par H_2 SO_4. Une précipitation par NH_3 nous donna Fe, Al et une partie de Mn; le reste du Mn a été précipitée à l'ébullition en solution alcaline avec l'eau de brôme. Dans la solution, nous précipitions Cu par le sulfure de sodium; après élimination du soufre en excès par chauffage prolongé en solution acide, puis filtration, nous précipitions Ca par l'oxalate d'NH_4, puis la magnésie par le phosphate de soude. Le soufre a été dosé par la méthode classique, par attaque à l'eau régale avec $KClO_4$, puis précipitation, après filtration, par Ba Cl_2. Le Zn éventuel a été précipité comme phosphate double d'NH_4 et Zn.

IX. Des relations entre calcaires et terres noires.

La description détaillée des calcaires et terres noires nous montre en lignes générales, de très étroites relations entre les deux systèmes. Tout d'abord, on y retrouve les mêmes éléments, en quantités fort différentes, il est vrai. Si, dans les terres noires, SiO_2 et Mn O_2 prédominent de loin, on retrouve évidemment dans les calcaires surtout des carbonates de chaux et de magnésie.

Cependant, si nous faisons abstraction de ces deux derniers corps, nous retrouvons, dans les terres noires, les impuretés des calcaires en beaucoup plus grandes quantités:

	Terres noires	Calcaires
Résidu	65,5	5,74
Pb	0,42	traces
Zn	traces	néant
Cu	2,94	0,65
Mn O_2	7,00	1,93
Fe_2 O_3	5,2	2,64
Al_2 O_3	traces	traces
Ca O	6,63	32,11
Mg O	3,21	13,27
S	0,01	0,02

Ces deux échantillons ont été prélevés côte à côte dans la mine. L'analyse vérifie la remarque précédente, confirmée encore par le microscope. Revenons maintenant à quelques points que nous avons soulignés dans l'étude des terres noires:

1° *Tous les gisements connus se trouvent dans les calcaires*, aucun dans les grès.

2° Ils s'y trouvent, ou en poches très variées de forme et de dimension, dont le profil est plus ou moins semblable à celui des niveaux de calcaires dolomitiques, ou en plaquettes non altérées.

3° On retrouve, dans les terres noires, des blocs parfois importants de calcaires altérés ou non, blocs isolés du mur par la terre noire.

4° Des bancs cherteux dans les calcaires ont souvent été trouvés se prolongeant directement dans la terre de contact. Ce fait a été observé par nous de nombreuses fois, soit aux diverses attaques de la mine, soit en surface, aux affleurements. A Renéville, les schistes passent latéralement progressivement à des terres noires où l'on retrouve les bancs cherteux des schistes se prolongeant directement (M. Gysin).

5° Certains *filonnets minéralisés* en Cu_2S dans les calcaires compacts se poursuivent dans leur zone d'altération, ainsi que dans les terres noires où ils s'oxydent.

6° Nous avons décelé, au microscope, de la limonite en salbande de filonnets de Cu_2S, avec du quartz recristallisé. Selon toute probabilité, elle provient de l'altération de chalcopyrite primaire, le fer se substituant à la chaux des carbonates, aux épontes (coupe X).

7° Les amas de Cu_2S de forte dimension ne sont altérés qu'en surface, soit dans les calcaires, soit dans les grès (coupe IX).

8° *Enfin, relevons le fait qu'une terre compacte descend, desséchée, à une densité plus faible que* 1, *et présente, au microscope, un aspect poreux caractéristique.*

Ces divers points nous amènent à formuler l'*hypothèse suivante:*

Les terres noires ne sont que le résidu de la dissolution des calcaires, le plus souvent dolomitiques, parfois en plaquettes, généralement très siliceux. Ce phénomène ne s'est produit,

évidemment, que dans les régions de facile circulation des eaux d'infiltration. Elle se trouve être la zone de contact entre grès et calcaires, car les calcaires sont très faillés dans leurs parties supérieures dolomitiques. Ce phénomène est général dans le bassin du Niari où, toujours, nous avons noté une remarquable analogie de constitution entre les calcaires de contact et les terres noires dérivées. Les divers éléments des calcaires se retrouvent le plus souvent sous une forme assez différente dans les terres. Ce fait n'infirme en rien notre hypothèse, vu qu'ils ont subi des transformations parfois nombreuses dues aux eaux circulantes. Seuls restent, formant le résidu,

a) le quartz,

b) la silice amorphe,

c) les silicates complexes éventuels;

tous les autres constituants ont été modifiés.

1° *Les calcaires* ne restent qu'en très petites quantités; souvent ils sont recristallisés dans les diaclases du mur.

2° *Les dolomies* ne subsistent qu'en traces. La plus grande partie de la magnésie se retrouve, comme silicate, sous forme de talc.

3° *Le fer*, presque toujours à l'état de limonite dans les calcaires, se retrouve, dans les terres noires, sous forme de ses divers oxydes hydratés, voire d'oligiste en lentilles, et un peu de limonite reprécipitée disséminée dans la masse.

4° *L'alumine* ne se trouve qu'en très petite quantité dans la partie soluble des calcaires. Elle reste surtout comme résidu dans le silicate. On n'en retrouve que des traces dans les terres.

5° *Le manganèse*, lui, est presque exclusivement sous forme de dialogite dans les calcaires. Par contre, dans les terres, il ne se retrouve pratiquement que comme pyrolusite. Ce fait s'explique facilement par dissolution, puis reprécipitation en particules amorphes disséminées dans la masse des grains de quartz.

6° *Le cuivre* qui, dans les calcaires, se trouve sous forme de chalcosine, est généralement oxydé comme chrysocolle ou malachite. Nous y avons d'ailleurs déjà insisté au chapitre « Minéralisation » (p. 11).

7° Quant au *plomb* et au *zinc*, il se retrouvent dans les deux systèmes comme calamine ou smithsonite.

A côté de ces transformations, nous avons également des amenées de quartz précipité des eaux superficielles. Cette dissolution de la silice est à retenir spécialement. Nous avons déjà cité la formation du talc aux dépens de la magnésie. Nous avons également retrouvé des *quartzites* plaquées d'argent contenant des veinules de chalcosine et de silicates de cuivre. Au microscope, leur aspect concordait exactement avec la structure des calcaires minéralisés en stockwerk, où la calcite est remplacée par le quartz (voir coupe VII).

Cette formation des quartzites ternaires, par reprécipitations de silice dissoute, peut être rapprochée, comme le pense le Professeur Duparc, de la formation de la birbirite aux dépens de la dunite [1].

Qu'est devenu le soufre ? L'oxydation décelée sur les composés du cuivre, plomb, fer et manganèse des calcaires, nous permet de généraliser ce phénomène au soufre, lequel se serait transformé en acide sulfurique éliminé par solubilisation du sulfate de fer formé. Notons que MM. Lagotala et Gysin ont retrouvé dans les calcaires des quantités notables de gypse, et MM. Duparc, Molly et Graz, une énorme couche de limonite sous la région minéralisée à Yanga-Koubanza, couche enrobant des pitons calcaires.

* * *

Les phénomènes de transformation des éléments des calcaires ne donnant que des carbonates et des silicates, nous amènent à une *deuxième hypothèse :*

Les composants des calcaires ont été transformés par l'action des eaux superficielles chargées principalement d'acide carbonique et d'un peu d'acide silicique.

Quelques-uns, solubilisés, ont disparu comme les bicarbonates de Ca et Mg et le sulfate de fer, d'autres ont été reprécipités, soit comme carbonates ou silicates (Fe, Zn, Pb, Cu), soit comme oxydes (Si, Mn, Fe). Une objection sera soulevée pour les fortes teneurs de certains composants par rapport à leurs valeurs dans

[1] Duparc, Molly et Borloz, Sur la Birbirite, roche nouvelle d'Abyssinie, *Archives* (5), 9, suppl. p. 137 (1927).

les calcaires. Or, dans ces derniers, la silice se trouve toujours en quantité relativement forte (jusqu'à 15 %). Elle est insoluble sous la forme où elle se rencontre ordinairement (quartz). De plus, nous observons aussi une précipitation secondaire de quartz des eaux dissolvantes. Pour le manganèse, certaines analyses en donnent jusqu'à 14 % dans les calcaires. Une petite quantité peut aussi provenir des grès supérieurs. Ce fait a surtout été constaté dans les argiles de contact. La pyrolusite reprécipitée est difficilement soluble.

Les autres corps se trouvent en beaucoup moins grande quantité dans les terres noires, et le rapport de leurs concentrations dans les terres noires et les calcaires est plus faible que pour les deux composés ci-dessus. Cependant, on remarque encore une assez forte concentration. Pour le cuivre, une partie est lixivée et reprécipitée sur les calcaires sous-jacents (plaquages). Le fer a été en partie éliminé comme sulfate, la chaux et la magnésie presque complètement comme bicarbonate; cependant, une partie de Mg se retrouve sous forme de talc.

* * *

Si nous faisons le rapport des éléments des terres noires à ceux des calcaires, sur les échantillons cités p. 168, nous aurons d'une part:

Première série:

$$\text{Cu} \quad \frac{2{,}94}{0{,}65} = 4{,}53 \,,$$

$$\text{Pb} \quad \frac{0{,}42}{\text{traces}} = > 1 \,,$$

$$\text{Zn} \quad \frac{\text{traces}}{\text{néant}} = > 1 \,,$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad \frac{5{,}2}{2{,}64} = 2{,}0 \,,$$

$$\text{Mn O}_2 \quad \frac{7{,}0}{1{,}93} = 3{,}63 \,,$$

$$\textit{Résidu} \quad \frac{65{,}5}{5{,}74} = 11{,}4 \,.$$

Deuxième série:

$$\text{Ca O} \quad \frac{6{,}63}{32{,}11} = 0{,}21 \,,$$

$$\text{Mg O} \quad \frac{3{,}21}{13{,}27} = 0{,}24 \,,$$

$$\text{S} \quad \frac{0{,}01}{0{,}02} = 0{,}5 \,.$$

D'autre part, notre étude de densité donnait:

ϑ de départ: 1,3.
ϑ séché à 110°: 0,405.
ϑ séché, pulvérisé: 3,58.

Le rapport de l'eau (variation de poids avant et après séchage) au poids du résidu après séchage donne 7,75.

Nous supposerons que l'espace rempli par l'eau est précisément celui qui était occupé par les corps disparus, ce qui représenterait *une dissolution de* 77,5 % *sur les calcaires primitifs, alors que les calcaires solubilisés représentent un peu plus de* 80 %.

Cette concordance remarquable assure notre hypothèse de formation des terres noires.

Dans le tableau des rapports, la très forte valeur pour le quartz appuie nos dires quant à une venue secondaire de ce minerai.

* * *

Un fait important à noter est le passage des divers calcaires aux terres noires. Suivant leur nature, ces calcaires donnent naissance:

1° s'ils sont compacts, à grain très fin et très peu fissurés: à des terres compactes, au toucher onctueux, peu minéralisées, assez semblables à des bancs de charbon;

2° s'ils présentent un aspect rubanné avec cherts siliceux: à ces terres d'allure stratifiée, passablement minéralisées;

3° s'ils sont à grain grossier: à un résidu au toucher légèrement sablonneux, avec veinules de sels de cuivre provenant de l'altération de chalcosine, vu que ce type de calcaires est assez fissuré;

4° si, enfin, les calcaires présentent des bancs intercalés de produits très siliceux, on obtient les terres à minces assises de plaquettes siliceuses.

Ce bref aperçu nous indique la formation des principales terres noires rencontrées dans la mine, et l'on observe parfois ce phénomène d'altération progressive en étudiant, soit les fronts de taille, soit les affleurements.

* * *

Partant de ces deux hypothèses, nous avons étudié en détail une zone d'altération contenant les divers composés étudiés plus haut. Une attaque de la région de Mindouli se prêtait particulièrement bien à cet effet, celle dite de « la VIII ». Nous avons arrêté notre choix sur elle, quoiqu'elle fût située à flanc de coteau, en surface, donc sujette aux lixivations qui poussaient encore plus loin les phénomènes de dissolution. Le profil N° VI permet de suivre les divers niveaux avec renvois aux numéros d'analyse.

L'attaque VIII est située à la rencontre d'un petit anticlinal N-S et du grand anticlinal E-O de bordure du plateau, à peu de distance du croisement de deux failles: la première est celle qui limite l'affaissement de la plaine, l'autre est en relation avec un effondrement d'une centaine de mètres, légèrement à l'ouest (voir coupe II). L'anticlinal N-S est lui-même rompu à son faîte par un petite faille parallèle à son axe, faille qui a produit un léger affaissement du dôme et permis une coupe superficielle de la série schisto-calcaire. Le dôme est de pendage assez prononcé. Entre grès et calcaires se trouve une bande assez mince de terres noires, et l'on a rencontré, au contact, de petites lentilles de chalcosine.

A. *Les grès.*

En surface, ils présentent un pendage moyen 20° E qui s'accentue encore en profondeur. Nous avons:

1° une épaisse couche de *grès rouges* à grain fin, assez argileux, formant falaise. Elle contient de petites bandes de silice blanchâtre et des paillettes de muscovite et passe

2° aux *grès jaunes* beaucoup plus friables, mouchetés ou intercalés de grès rouges dans leur partie supérieure. Ils ont un grain plus grossier que l'assise supérieure. Une couche de grès orangés leur succède, suivie de grès jaunes de plus en plus pâles pour arriver à

3° des *grès blanchâtres* à rares fissures remplies d'argile rouge, puis à des grès rubannés jaunes et blancs toujours de texture grossière qui surmontent

4° une bande assez étroite de *grès verts* contenant de rares mouchetures de malachite et qui s'épaissit en profondeur.

5° un banc de 10 cm d'*argiles rouges* lui succède, brouillé d'argiles blanches et passant à gauche à des grès. Le contact proprement dit est formé

6° d'une mince couche d'*argile blanche très marneuse* à miroirs de frottement, qui pénètre plus ou moins dans les calcaires décalcifiés du mur. Toute cette série gréseuse est stérile et très peu manganifère, sauf dans les grès verts et les argiles.

B. *Les calcaires décomposés.*

Ils sont discordants sous les grès et de pendage moyen, en surface, 30° E. Ils s'inclinent encore plus en profondeur.

7° Une étroite assise de *quartzites ternaires*, dures, à cassure conchoïdale, légèrement ruiniformes et presque compactes forme la zone supérieure d'une couche de 60 cm de

8° *calcaires gris décalcifiés* auxquels elles passent progressivement. Ces derniers sont beaucoup moins durs, presque exclusivement siliceux, et se transforment plus bas en minces plaquettes noirâtres litées, interstratifiées tout d'abord d'argile, puis de *terre noire sablonneuse.* Ces plaquettes disparaissent pour faire place, soit latéralement, soit en profondeur, à

9° des *terres noires* sablonneuses contenant des bandes de cherts et de petits nodules de silex noirâtre, terres qui devient rouge au mur, très sablonneuse. Cette couche d'environ 60 cm passe à

10° des *calcaires gris-noirs* lités en plaquettes, assez durs et partiellement métamorphosés en quartzite, qui nous amènent à

11° une couche compacte de 10 cm de terre noire au toucher onctueux, en contact net avec les calcaires inaltérés du mur.

C. *Calcaires compacts.*

Tout à fait concordants.

12° Ils débutent par une large assise de deux mètres de *calcaires rubannés* présentant alternativement de très minces couches foncées, très manganifères, et claires, fortement siliceuses. Ces calcaires rubannés sont intercalés de quelques bancs d'environ 20 cm de puissance formés de *calcaires gris-clair* à

grain excessivement fin, durs, de cassure conchoïdale, à très forte teneur en silice et manganèse, dont un horizon surmonte

13° des *calcaires gris*, à grain fin, assez fortement minéralisés de chalcosine tout à fait fraîche en veinules et mouchetures avec du quartz hyalin, assise descendant jusqu'au sol.

Cette série de calcaires compacts est peu fissurée, tapissée de chrysocolle et malachite, avec de la dioptase en très petits cristaux. Macroscopiquement, les veinules de minéralisation sont le plus souvent parallèles ou perpendiculaires aux couches.

* * *

Les analyses microscopiques et chimiques de cette coupe nous ont fourni les résultats suivants:

A. *Les grès et argiles;* nous ne nous y arrêterons que brièvement:

1. *Grès rouges* (N° 14) présentent, en fort grossissement, un amas de grains de quartz, de la silice amorphe, un peu de muscovite, et une quantité notable d'argile rouge. (Pour les analyses chimiques, nous renvoyons au tableau général récapitulatif; les numéros des échantillons se retrouvent soit dans les coupes géologiques, soit dans les tableaux d'analyses.)

2. *Grès jaunes mouchetés de rouge* (N° 13): aspect sensiblement le même sous l'objectif. Les mouchetures rouges sont disséminées irrégulièrement dans la masse.

3. Les *grès jaunes* (échantillons N°s 1 et 53) ont l'aspect du type 2, avec des grains de quartz un peu plus grossiers et une augmentation de muscovite. Les argiles sont jaunâtres.

4. *Grès jaunes et blancs* (N° 12): la quantité de limonite semble diminuée; traces de pyrolusite en dendrites plaquées dans les fissures. Légèrement plus de muscovite et moins d'argiles. On décèle un peu de *willémite*.

5. *Grès verts* (N° 67): quartz plus fin et un peu plus de pyrolusite dendritique. Augmentation notable d'argile rouge et blanche.

6. *Argiles rouges de contact* (type N° 38): contiennent du quartz en beaucoup moins grande quantité, tandis que la limo-

nite augmente sérieusement, et, surtout, les argiles. Un peu d'oxyde de Mn.

7. *Argiles blanches* dans fissures des quartzites de contact (échantillons N° 7). On ne trouve que très peu de grains de quartz. Presque toute la masse est formée d'argile avec un peu de limonite et très peu de muscovite.

Toute cette série gréseuse, donne, à l'analyse, les résultats suivants:

	Grès rouges	Grès jaunes				Grès verts	Argiles	
N^os^ .	14	13	1	53	12	67	37	7
Résidu	96,1	93,5	93,9	94,12	95,02	89,92	87,43	73,12
Pb	néant	néant	néant	néant	néant	énant	néant	néant
Zn	néant	néant	néant	néant	traces	traces	traces	0,22
Cu	néant	néant	néant	néant	néant	traces	traces	1,28
S	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	0,08
$Mn\ O_2$	0,1	néant	néant	traces	traces	1,26	0,75	4,25
$Fe_2\ O_3$	2,27	3,62	3,74	3,81	2,44	1,79	2,80	9,62
$Al_2\ O_3$	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
Ca O	traces	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
Mg O	0,03	traces	néant	néant	néant	néant	néant	néant
P A F	1,4	2,73	2,31	1,98	2,93	7,62	9,36	11,30
	99,90	99,85	99,95	99,91	100,39	100,59	100,34	99,87

L'analyse nous prouve que la coloration des grès verts n'est nullement due à des sels de cuivre, mais bien plutôt à des sels de fer réduits. Une constance remarquable de produits solubles dans les divers grès est à noter, ainsi que l'apparition de zinc et de cuivre près du contact. Quant aux argiles, elles se rencontrent au contact; elles sont un peu imprégnées de cuivre, et, encore moins, de zinc. Remarquons une concentration assez forte de limonite. (Rappelons que l'attaque a été faite par l'eau régale; les faibles traces de zinc ont été décelées par la méthode dite des « touches » de M. GUTZEIT [1].)

[1] *Archives*, (5), 10, suppl., p. 64 (1928).

B. *Calcaires décomposés.*

Ce niveau, comme nous l'avons vu plus haut, est formé soit par des quartzites, soit par des terres noires ou rouges, soit encore par des calcaires décalcifiés.

1. *Les quartzites*, formant la partie supérieure de la première couche des calcaires décalcifiés, présentent, en coupe mince, des plages de quartz substitué aux calcaires, phénomène que l'on suit très bien au microscope en faisant glisser la coupe; les plages de quartz en assez gros éléments passent progressivement aux calcaires à grain beaucoup plus fin, contenant de très petits agrégats de quartz primaire. Dans la zone de transformation, on remarque de nombreux vides dus à la dissolution des calcaires non encore remplacés par du quartz, vides parfois bordés de chalcosine. Les veinules de chalcosine, avec salbande de quartz secondaire, passent sans altération des calcaires au quartz ternaire des quartzites (coupe N° VII, échantillon 16). L'analyse de la quartzite ne donne que des traces de chaux et très peu de manganèse. Cette zone calcaro-quartziteuse passe tout de suite à des calcaires décalcifiés gris-foncé.

2. *Les terres noires et rouges* sablonneuses (N° 51) se présentent, au microscope, presque exclusivement formées de quartz en petits grains où l'on trouve disséminés de la pyrolusite, un peu de limonite et du chrysocolle.

3. Quant aux *calcaires noirs en plaquettes* qui leur succèdent, le microscope y décèle principalement de la silice en petits grains formant une masse poreuse imprégnée d'un peu de pyrolusite et de limonite. Le cuivre s'y trouve surtout sous forme de chalcosine en filonnets qui s'altèrent, dans la zone plus décomposée, en malachite et chrysocolle.

4. *La zone d'altération de ces calcaires avec les terres noires sous-jacentes* (échantillon n° 54, coupe X) nous montre particulièrement bien la transformation des calcaires en terres noires avec concentration beaucoup plus intense de manganèse et de fer due surtout à une variation de calcaires primitifs. On retrouve l'ossature filonnienne des calcaires (veinules de chalcosine, de quartz secondaire) dans une masse formée de petits éléments de quartz primaire, de pyrolusite amorphe, de limonite

et d'oxydes hydratés de fer avec des sels de cuivre. Souvent, le long des veinules de chalcosine, nous retrouvons de la limonite concentrée en salbande.

5. La zone inférieure d'altération est formée par une couche de *terres noires compactes* (N° 54*a*) dans lesquelles le microscope décèle la même structure que pour 4), mais avec altération des filonnets de chalcosine qui se retrouvent sous forme de veinules de malachite ou chrysocolle.

Au point de vue analytique, le tableau ci-dessous résume nos recherches:

	Quartzite N° 4	Terre noire N° 51	Calc. déc. N° 94	Terre noire N° 54	Terre noire N° 54 *a*	Calc. rose N° 21
Résidu	96,25	93,35	91,20	69,52	75,11	13,50
Pb	néant	traces	traces	néant	0,4	néant
Zn	traces	traces	traces	traces	néant	néant
Cu	0,7	1,15	1,76	7,04	2,7	0,3
S	0,1	0,12	0,3	0,42	traces	0,09
MnO_2	0,55	1,97	2,81	8,10	6,57	5,40
Fe_2O_3	1,16	1,88	1,33	2,18	1,40	2,80
CaO	0,48	0,35	traces	0,51	0,62	24,51
MgO	0,24	traces	0,73	0,27	traces	13,83
PAF	1,42	2,18	1,41	11,82	12,72	40,20
	100,90	101,00	99,54	99,86	99,52	100,63

On remarque surtout la concentration en manganèse dans les terres noires. Ces terres proviennent vraisemblablement: la première (n° 51) de calcaires peu manganifères fortement siliceux, peut être de schisto-calcaires, la deuxième couche, de calcaires gris-clair très siliceux et manganifères que nous retrouverons plus bas. Nous citons en regard les calcaires compacts de contact que nous allons étudier ci-dessous.

C. *Calcaires compacts.*

Cette zone contient trois types de calcaires:

1. *Calcaires roses rubannés.* Deux échantillons ont été analysés (N°s 21 et 28), dont le deuxième en coupe mince. Ce dernier s'est trouvé assez fissuré, avec stockwerk de chalcosine à peine altérée, et veinules de quartz secondaire. La pâte était surtout

formée de petits grains de calcite avec du carbonate de manganèse plus foncé dissiminé, peu de limonite, et des oxhydrates de fer. Nous avons également relevé de la limonite en salbande de veinules de chalcosine avec du quartz.

2. Les *calcaires gris-clair* (Nos 20 et 50) même en très fort grossissement, ne peuvent être étudiés, le grain étant beaucoup trop fin. La deuxième coupe mince (No 50) décèle une fine veinule de chalcosine remplissant une fissure, qui se continue en quartz. L'analyse chimique donne de très fortes quantités de silice (13 %) et de carbonate de manganèse (14 % en $Mn\,O_2$) disséminés dans une *dolomie* caractéristique.

3. Quant aux *calcaires minéralisés* (No 57), ils présentent une pâte calcaire, à grain assez fin, assez fissurée, contenant de nombreuses veinules de chalcosine avec quartz en salbande. De nombreuses plages de quartz à contour géométrique interpénétrées, ont été cimentées par de la chalcosine qui se trouve également dans les fissures (coupe XI).

Un autre échantillon (No 6) donne une moucheture assez grande (2 cm) de chalcosine tout à fait fraîche, qui se prolonge dans les minces fissures. Au sommet de la moucheture, une grosse plage de quartz secondaire a remplacé le calcaire dissout avec de la calcite secondaire (coupe VIII).

L'analyse de ces calcaires nous les montre comme assez peu dolomitiques, le cuivre n'étant pratiquement que sous forme de chalcosine. Voir tableau ci-dessous:

	Calc. rubannés		Calc. gris clair		Calc. minér.
	No 21	No 28	No 20	No 50	No 57
Résidu	13,50	2,77	13,60	10,45	29,13
Pb	néant	néant	néant	néant	néant
Zn	néant	néant	nèant	néant	néant
Cu	0,3	1,60	traces	traces	5,92
S	0,09	0,35	néant	néant	1,19
$Mn\,O_2$	5,40	6,55	13,83	12,23	2,31
$Fe_2\,O_3$	2,80	3,52	6,25	5,32	1,39
Ca O	24,50	24,03	15,55	17,85	14,33
Mg O	13,83	17,61	10,99	11,83	15,93
P A F	40,20	44,30	40,50	41,80	30,42
	100,62	100,73	100,72	99,48	100,62

* * *

Si nous suivons maintenant l'*altération dans chaque couche*, en partant des calcaires non altérés étudiés plus haut, nous remarquons les phénomènes suivants.

Géologiquement, un affaissement de près de deux mètres des grès sur les terres noires qui surmontent des calcaires compacts.

Pétrographiquement: 1° Les calcaires rubannés (Nos 21 et 28, 20 et 50) se transforment latéralement en bancs de plaquettes noyées dans de la terre noire. *Les plaquettes, blanchâtres, un peu poreuses, parfois noircies en surface et altérées en quartzite, proviennent selon toutes probabilités des bandes claires des calcaires rubannés, alors que les strates foncées, manganifères ont donné la terre noire.*

Nous pouvons, d'ailleurs, suivre chimiquement cette décomposition (Echantillons 21 et 28, puis, s'altérant de plus en plus, 77, 2*a* et 81) dans le tableau ci-dessous:

	Calc. rubannés foncés	Calc. rubannés clairs	Calc. décomposés en plaquettes		Terres noires
	N° 21	N° 20	N° 77	N° 2*a*	N° 81
Résidu	13,50	13,60	90,30	96,70	87,50
Pb	néant	néant	traces	néant	0,12
Zn	néant	néant	néant	néant	néant
Cu	0,3	traces	traces	0,1	2,04
S	0,09	néant	néant	néant	néant
MnO_2	5,40	13,83	1,83	1,58	4,52
Fe_2O_3	2,80	6,25	0,90	0,45	0,83
CaO	24,50	15,55	2,01	0,12	0,22
MgO	13,83	10,99	1,41	néant	traces
PAF	40,20	40,50	4,10	1,50	5,10
	100,62	100,72	100,55	100,45	100,33

Le type 2*a* représente nettement le genre quartzite. *Nous aurions ici une formation de calcaires à bancs cherteux à toucher sablonneux.*

2° Quant à l'horizon des calcaires dolomitiques gris-clair, il représente la zone d'altération la plus rapide et le résidu forme les *terres noires compactes* (N° 50 s'altérant en 80). Une coupe mince de ces terres nous a montré le quartz habituel ainsi que la pyrolusite amorphe. Le microscope décèle la présence de limonite ainsi que des mouchetures de malachite et chrysocolle et de petits cristaux de dioptase.

3° A leur tour, les calcaires minéralisés (N° 57) donnent des terres noires avec de minces bancs d'argile, des veinules de sels de cuivre et une assez forte précipitation de pyrolusite (N° 36). *C'est le type qui se rapproche le plus comme aspect physique et comme constitution de la majorité des terres extraites de la mine.*

4° Les *calcaires non dolomitiques* (N° 40) et peu manganifères se trouvant sous cet horizon s'altèrent difficilement.

	Calc. gris clair N° 50	Terre noire compacte N° 80	Calcaire minér. N° 57	Terre noire minér. N° 36	Calcaire N° 40
Résidu	10,45	58,45	29,13	83,90	61,52
Pb	néant	néant	néant	néant	néant
Zn	néant	néant	néant	néant	néant
Cu	traces	4,72	5,92	3,85	7,64
S	néant	néant	1,19	néant	1,63
$Mn\ O_2$	12,23	20,82	2,31	6,45	1,15
$Fe_2\ O_3$	5,32	2,56	1,39	0,57	0,41
Ca O	17,85	traces	14,33	néant	13,95
Mg O	11,83	4,38	15,93	néant	0,24
P A F	41,80	9,30	30,42	4,40	13,10
	99,48	100,23	100,62	99,17	99,64

Nous tenons évidemment compte du fait que la dissolution a encore été plus poussée sur des terres de surface qu'en profondeur.

Cette étude détaillée d'une zone d'altération nous démontre de façon péremptoire la formation des terres noires aux dépens des calcaires dolomitiques.

X. Conclusion.

Nous pouvons résumer les points importants de notre travail de la façon suivante:

1° Les *terres noires* ne sont pas un minerai de cuivre déterminé mais bien plutôt une zone de concentration naturelle de divers sels de ce métal (sulfures, oxydes, carbonates, silicates).

2° Elles se rencontrent sur des anticlinaux, à proximité de failles.

3° Elles proviennent de calcaires dissous dont elles ne sont que le résidu plus ou moins transformé. Les calcaires qui leur donnent naissance sont toujours siliceux, fortement manganifères et très souvent dolomitiques.

4° On ne les trouve qu'au voisinage du contact grès-calcaire, jamais dans les grès.

5° Le minerai de cuivre primaire est la chalcopyrite altérée pratiquement en chalcosine secondaire qui, elle-même, a été oxydée et transformée, surtout en silicates et carbonates.

6° Les métaux accessoires, plomb et zinc, s'ils se rencontrent en minime proportion dans certaines mines, prédominent dans d'autres gisements.

7° Les remarques ci-dessus s'appliquent à tous les gisements du Bassin Cuprifère du Niari, tous du type *gîte épigénétique de substitution.*