

GÉOCHIMIE. — *Corrélations géochimiques entre les cuirasses ferrugineuses et les roches du socle cristallin au Sénégal et en Haute-Volta. Lithodépendance et héritage géochimique.*  
 Note (\*) de **Alain Blot, Jean-Claude Leprun et Jean-Claude Pion**, présentée par M. Georges Millot.

Les compositions chimiques de 60 couples d'échantillons de roches et de cuirasses prélevés verticalement par puits sont comparées selon une méthode statistique. Certains éléments majeurs et traces des roches mères sont corrélés positivement avec ceux des cuirasses. L'analyse chimique des cuirasses permet grâce à ces éléments, de faciliter la reconnaissance des roches du socle sous-jacent.

*The chemical compositions of 60 couples of rock and ferricrust samples, which were vertically collected along pits are compared according to a statistical method. Some major and trace elements of the parent rocks are positively correlated with those of ferricrusts. Due to these elements, the chemical analysis of ferricrusts permits an easier identification of the rocks of the underlying basement.*

Les études sur les altérations météoriques du socle précambrien, dans les régions du Sénégal et de la Haute-Volta soumises actuellement au climat intertropical à longue saison sèche, ont fait l'objet ces dernières années de plusieurs mises au point géochimiques [(<sup>1</sup>) à (<sup>4</sup>)].

Dans la première de ces publications (<sup>1</sup>), il a été montré, à l'aide des coefficients de corrélation de rang, qu'il existe une dépendance étroite des altérations et des sols vis-à-vis du substratum. Pour 134 puits étudiés, nous avons conclu qu'il existait une corrélation surface-roche qui est très forte pour Fe, Ti, K, Ni, Co, moyenne à forte pour Si, Mg, Mn, Ca, Cu, Ba, Zr, Pb, V, Sr, et faible pour Na et Li. On obtient une « image » du socle dans les horizons superficiels situés à sa verticale. Cette « image » rend compte de la stabilité relative de nombreux éléments, qui sont libérés sur place, tout au long de l'altération.

Cependant, nous avons exclu de cette étude les puits creusés dans les cuirasses ferrugineuses et les alluvions, qui représentent des surfaces importantes et caractéristiques des régions soudaniennes et sahéliennes.

Déjà, sur plusieurs cas, nous avons pu montrer le caractère autochtone du cuirassement par rapport au matériel d'altération où il prend naissance [(<sup>4</sup>), (<sup>5</sup>)]. C'est pourquoi nous a paru indispensable, l'étude statistique des corrélations géochimiques entre les roches extraites de puits profonds et les cuirasses qui les surmontent. Le but du travail est d'examiner si certaines particularités géochimiques des roches mères persistent dans les cuirasses. La nature des roches mères pourrait ainsi se déduire de l'analyse chimique des cuirasses ferrugineuses.

I. CHOIX DES ÉCHANTILLONS ET MÉTHODE D'ANALYSE. — 53 puits creusés à la main ont traversé des profils d'altération cuirassés du socle précambrien de Haute-Volta et du Sénégal, entre les latitudes 12°00 et 14°00 Nord. Les roches mères cristallines forment un large éventail pétrographique, dont les termes extrêmes sont les granites alcalins de Kondokho et les péridotites serpentinisées de Koussane [(<sup>3</sup>), (<sup>4</sup>)].

Les échantillons de roche ont été prélevés dans les puits, mais il n'est pas rare que l'épaisseur des altérations dépasse les possibilités du creusement à la main qui sont de 20 à 30 m. Est alors prélevée au fond, la roche mère si elle est atteinte, ou l'échantillon le moins altéré du profil. Nous avons éliminé de cette étude les buttes cuirassées les plus élevées du paysage, car leurs altérations dépassent souvent la centaine de mètres.

30 JUIN 1978

O. R. S. I. O. M. G. L.

Collection de Référence

n° 9289 G. O. M.

Nous avons constitué ainsi des couples « roche-cuirasse ». Si la cuirasse présente des faciès très différents, nous avons formé plusieurs couples entre une seule roche mère et les différents faciès de cuirasse. Ainsi nous obtenons 60 couples « roche-cuirasse ».

Pour comparer la composition des roches et des cuirasses, sont calculées les corrélations entre les teneurs en oxydes des éléments majeurs des roches et celles des cuirasses (7). Par la même méthode sont calculées les corrélations entre les teneurs en éléments traces des roches et celles des cuirasses. Par commodité, on raisonnera sur les éléments chimiques.

II. RÉSULTATS. CORRÉLATIONS ROCHE-CUIRASSE. — Les résultats sont exprimés dans les tableaux I, II, III.

Le tableau I donne la composition moyenne des roches et des cuirasses. La perte au feu élevée (4,65 %) indique que quelques échantillons représentent des roches altérées et non des roches saines. La dispersion est très importante pour les roches et reflète l'éventail pétrographique choisi. La dispersion est encore plus forte pour les cuirasses, ce qui implique des variations de composition très grande entre les différentes cuirasses. La moyenne de nos cuirasses est tout à fait comparable à la moyenne des cuirasses obtenue par Grandin pour les paysages de glaciers des zones tropicales humides de Côte-d'Ivoire (8).

Les tableaux II et III regroupent les coefficients de corrélation pour les éléments majeurs et les éléments traces entre la roche et la cuirasse correspondante.

Tableau I — Composition moyenne

N = 60	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Perte au feu
moyenne roches	60,92	15,77	2,45	2,47	7,67	0,09	0,74	2,17	2,09	4,65
écart-type roches	11,83	4,83	4,05	3,04	6,13	0,10	0,57	1,76	1,80	4,11
moyenne cuirasses	34,75	16,60	0,27	0,13	36,10	0,31	1,03	0,08	0,31	9,90
écart-type cuirasses	18,43	8,42	0,70	0,18	12,40	0,61	1,00	0,09	0,26	3,17
moyenne cuirasses(8) N = 48	34,00	15,75	0,33	0,15	36,07	3,09	0,71	0,15	0,43	9,52

Tableau II — Corrélation roche - cuirasse des éléments majeurs

N = 60	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PF	Limite probabilité 0,01
r total	0,53	0,25	0,83	0,18	0,60	0,08	0,45	0,01	0,60	0,34	0,3248
r après élimination (+ ou -) 2σ	0,52	0,08	0,31	-0,01	0,53	0,06	0,63	0,02	0,54	0,41	0,3248

Tableau III — Corrélation roche - cuirasse des éléments traces

N = 50	Sr	Ba	V	Ni	Co	Cr	B	Zn	Ga	Cu	Pb	Limite probabilité 0,01
r total	0,04	0,07	0,44	0,27	0,27	0,22	0,08	0,04	0,04	0,21	-0,02	0,3541
r après élimination (+ ou -) 2σ	-0,15	0,00	0,49	0,16	-0,02	0,20	-	0,19	0,10	0,48	-0,12	0,3541

III. INTERPRÉTATION ET DISCUSSION. — L'interprétation des corrélations entre des compositions chimiques qui bouclent à 100 % est toujours délicate. Certains composants sont largement dominants et masquent une part des variations significatives des autres composants [(9), (10)].

L'examen des corrélations calculées dans les tableaux II et III montre un comportement différent pour les divers éléments chimiques :

- un premier groupe d'éléments montre une corrélation positive entre les roches et les cuirasses. Il comprend Si, Fe, Ti, K,  $H_2O^+$ , Mg, auxquels s'associent V et Cu;
- un deuxième groupe ne présente pas de corrélation entre les roches et les cuirasses. Ce sont Al, Ca, Mn, Na, auxquels s'associent Sr, Ba, Ni, Co, Cr, B, Zn, Ga, Pb.

Cette séparation des éléments en deux groupes différents, traduit d'abord la plus ou moins grande mobilité des éléments au cours de l'altération météorique qui conduit au cuirassement. Les éléments du premier groupe corrélés positivement précisent en outre les caractéristiques chimiques des cuirasses ferrugineuses.

Le bilan géochimique du cuirassement est connu depuis Lacroix <sup>(1)</sup>; le calcul de ce bilan grâce au raisonnement isovolumétrique a pu être établi <sup>(12)</sup>. Il consiste en une évacuation importante de la silice et quasi complète des alcalins et alcalino-terreux, tandis que Fe, Al et Ti sont l'objet d'un enrichissement relatif.

Dans la présente étude, qui porte sur toute la gamme des familles pétrographiques, le phénomène général précédent est illustré pour quelques éléments. En effet, la corrélation positive apparaît pour Fe et Ti, tandis qu'on observe une absence de corrélation pour Ca et Na. En revanche, d'autres éléments majeurs divergent, en particulier Si, K et Mg. Cette divergence tient au fait que ces éléments sont très abondants dans les roches mères et bien qu'exportés fortement au cours de l'altération, ils restent corrélés positivement.

Ceci nous indique que ce sont les éléments qui n'obéissent pas dans nos calculs à la règle générale de Lacroix qui traduisent le mieux la nature de la roche mère.

Par exemple, le magnésium dépend de la famille des roches ultrabasiqes. Dans le tableau II, nous voyons qu'il existe une corrélation positive, lorsque tous les couples roche-cuirasse interviennent. Mais il suffit de retirer les couples correspondant aux roches ultrabasiqes pour voir cette corrélation disparaître. Il est donc nécessaire que la roche initiale soit très riche en magnésium pour que cet élément subsiste dans la cuirasse. La silice et le potassium représentent les roches acides, granites et migmatites; leur teneur dans les roches mères est élevée et, malgré une exportation importante de ces éléments, leur teneur est encore forte dans les cuirasses. Les roches basiques ou neutres sont plus riches en fer et titane que les autres roches; cette tendance est conservée et même accentuée dans les cuirasses. Le vanadium et le cuivre accompagnent le fer et le titane, ils sont enrichis préférentiellement dans les cuirasses.

*En résumé*, seuls les éléments qui sont corrélés positivement dans le couple roche-cuirasse reflètent la roche mère et peuvent servir à distinguer les grands ensembles pétrographiques. Au contraire, les éléments qui ne présentent pas de corrélation positive ne reflètent plus la roche mère dont ils sont issus. En fait, les phénomènes d'altération intense et de cuirassement ont entraîné pour ces éléments des teneurs aléatoires qui ne peuvent plus servir à la détermination du substratum.

IV. CONCLUSION. — Dans les régions d'Afrique de l'Ouest où les cuirasses affleurent sur de vastes surfaces, le calcul des corrélations géochimiques entre les roches mères et les cuirasses nous fournit les renseignements suivants :

(1) la géochimie des cuirasses donne une « image » de la roche saine sous-jacente. Cette « image » est déformée contrairement à celle qu'avait fourni la comparaison « roche-sol » dans les mêmes zones dépourvues de cuirasses. Par l'observation des teneurs en certains éléments, elle nous permet, dans la plupart des cas, d'identifier les ensembles pétrographiques auxquels appartiennent les roches masquées par le cuirassement;

(2) ce « reflet géochimique » des roches mères dans les cuirasses qui les surmontent est une nouvelle preuve de leur origine autochtone. Les évolutions supergènes qui accompagnent le cuirassement sont surtout verticales et lithodépendantes;

(3) les enseignements de cette étude pourraient être étendus aux paysages cuirassés des zones tropicales plus méridionales, afin d'apprécier le caractère plus ou moins autochtone ou allochtone des cuirassements de ces régions.

(\*) Séance du 20 mars 1978.

(<sup>1</sup>) A. BLOT, J. C. PION et J. M. WACKERMANN, *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Géol., V, 1973, p. 25-34.

(<sup>2</sup>) J. M. WACKERMANN, *Thèse*, Strasbourg, 1975, 373 p.

(<sup>3</sup>) A. BLOT, M. CARN, J. C. LEPRUN et J. C. PION, *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Géol., VIII, 1976, p. 113-146.

(<sup>4</sup>) A. BLOT, J. C. LEPRUN et J. C. PION, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 18, (7), 1976, p. 51-54.

(<sup>5</sup>) J. C. LEPRUN, *Comptes rendus*, 275, série D, 1972, p. 1207.

(<sup>6</sup>) A. BLOT, J. C. LEPRUN et J. C. PION, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 18, (7), 1976, p. 45-49.

(<sup>7</sup>) Y. BESNUS et A. DIEMER, *Notes techn. Inst. Géol. Strasbourg*, 6, 1976, 29 p.

(<sup>8</sup>) G. GRANDIN, *Thèse*, Strasbourg, 1973, 410 p.

(<sup>9</sup>) G. MICHARD et M. TREUIL, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 11, (7), 1969, p. 595-598.

(<sup>10</sup>) Y. BESNUS, *Thèse*, Strasbourg, 1975, 197 p.

(<sup>11</sup>) A. LACROIX, *Nouv. Arch. Muséum*, 5, 1913, p. 255-356.

(<sup>12</sup>) G. MILLOT et M. BONIFAS, *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 8, 1955, p. 3-10.

A. B. : I.N.R.A., Laboratoire des Sols, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles;

J. C. L. et J. C. P. : Institut de Géologie, 1, rue Blessig, 67084 Strasbourg Cedex.