

GÉOCHIMIE DE LA SURFACE. — *Sur l'origine de la silice des silicifications climatiques et des diatomites quaternaires du Sahara.* Note (*) de MM. **Georges Millot** et **Roger Fauck**, présentée par M. Marcel Roubault.

La pédogenèse tropicale, appliquée à des roches composées presque uniquement de quartz, kaolinite et oxyde de fer, provoque une intense dissolution du quartz et libère des solutions essentiellement siliceuses. Ce sont ces dernières qui sont responsables des silicifications climatiques et des diatomites des lacs quaternaires sahariens.

1. **SILICIFICATIONS CLIMATIQUES.** — Les pays arides présentent souvent de grandes surfaces structurales qui ont été silicifiées. Les grès donnent des dalles de quartzite, les calcaires donnent des faciès de meulière ou des plates-formes sculptées en forme de crânes ou d'éponges, les argiles donnent des opales, cornalines parfois vivement colorées. Une bibliographie a été fournie par l'un de nous et le mécanisme de l'épigénie, par croissance des cristaux à partir de solutions diluées, et non à partir de gels, a été proposé [(¹), (²)].

De belles descriptions ont été faites au Kalahari, au Sahara [(³) à (⁷)], en Australie, mais aussi dans nos pays plus couverts, comme le Bassin de Paris. On sait que ces silicifications sont climatiques, car elles ne se prolongent jamais sous les buttes témoins ou les falaises qui les dominent. On a très tôt songé à l'action de climats humides : altérations et pédogenèse sous une couverture meuble aujourd'hui disparue. Mais l'inconnue sur les sols responsables subsiste.

2. **LES LACS QUATERNAIRES SAHARIENS A DIATOMITES.** — Le sud du Sahara a été occupé au Quaternaire récent par d'immenses lacs depuis la Mauritanie jusqu'au Soudan, en passant par le Mali, le Niger et le Tchad [(⁸), (⁹)]. Ces lacs ont connu des périodes de prolifération extraordinaire de diatomées, et déposé des diatomites. Faure (⁸) évoque une pédogenèse particulière capable de fournir la silice abondamment disponible et une végétation suffisante pour éviter tout déplacement de particules. De quelle pédogenèse peut-il s'agir ?

3. **NÉCESSITÉ DE SOLUTIONS RICHES EN SILICE ET PAUVRES EN AUTRES CATIONS.** — Pour provoquer l'épigénie de toutes les roches par silicification, il est évident que les solutions doivent être riches en silice. Mais elles doivent être pauvres en tout autre cation. D'abord parce que, dans le cas contraire, ce sont des argiles qui se néoformement et non des formations siliceuses. Ensuite parce que, pour silicifier une roche il faut aussi en dissoudre les composants : les solutions doivent donc être très désaturées en tout élément autre que la silice. De même, pour permettre le dépôt de diatomées pures, la silice seule est nécessaire.

Les sols les mieux connus des climats tropicaux et méditerranéens évacuent des ions multiples et ne provoquent pas de silicifications à leur base ou à leur aval. Quels sont donc ces sols qui n'exportent que la silice ou la silice dominante ?

4. **LES SOLS ROUGES FERRALLITIQUES DÉVELOPPÉS SUR ROCHES MÈRES SABLEUSES ET GRÉSEUSES.** — Des faits nouveaux surviennent. L'un de nous vient d'étudier

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°

4712

15 JUIN 1971

des sols rouges ferrallitiques développés sur les roches mères sableuses et gréseuses, si fréquentes en Afrique occidentale [(10), (11)]. Ces sols étaient négligés et considérés comme reliques. Il n'en est rien. La plupart poursuivent leur évolution actuellement. Ce sont des sols profonds dépassant 8 m d'épaisseur.

Les roches mères sont pratiquement composées de trois constituants : le quartz, la kaolinite et l'hydroxyde de fer. Il est montré que, parallèlement à la rubéfaction, la kaolinite est stable, car la gibbsite n'apparaît pas, et que le fer est mobilisé, puis fixé. Le quartz, lui, est l'objet d'une fragmentation et d'une dissolution intense. Dans les cas extrêmes, sur les roches très sableuses, cette dissolution peut atteindre 50 % du squelette quartzueux. Voici donc une pédogenèse, très répandue dans de vastes paysages, où le quartz est le seul minéral attaqué et la silice le seul élément abondamment évacué.

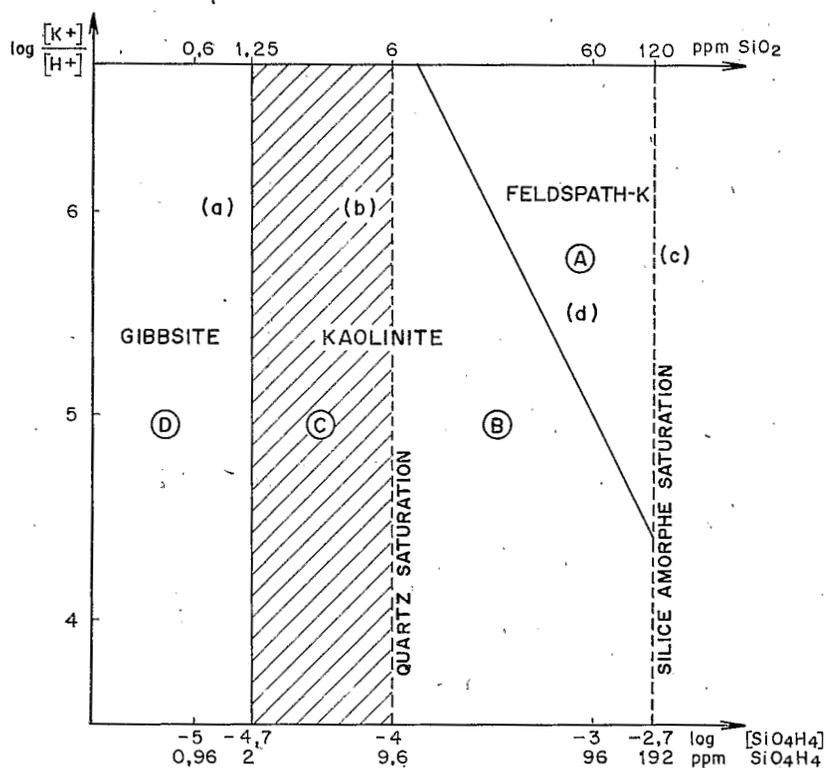


Diagramme d'équilibre gibbsite-kaolinite-quartz-feldspath-solution à 25 °C et 1 Atm

5. MÉCANISME GÉOCHIMIQUE. — Le mécanisme géochimique de cette altération a besoin d'être précisé. Ceci sera fait en fonction des mesures expérimentales récentes et des calculs thermodynamiques [(12) à (15)]. La figure représente le diagramme d'équilibre gibbsite-kaolinite-quartz-feldspath-solution, à 25 °C et 1 Atm. En abscisse sont portées les teneurs en silice dans la solution, et en ordonnée, le rapport des concentrations (K^+) : (H^+). La figure est limitée au domaine occupé par les solutions des sols ferrallitiques tropicaux.

— L'équilibre kaolinite-gibbsite est représenté par la droite (a). Il est réalisé pour une valeur fixe de la teneur en silice, environ $1 \cdot 10^{-6}$ de SiO_2 en solution vraie. En dessous de cette valeur, il y a dissolution incongruente de la kaolinite qui laisse un résidu de gibbsite et libère la silice en solution.

— L'équilibre quartz-solution est représenté par la droite (b). Il est atteint pour une valeur déterminée de $6 \cdot 10^{-6}$ de SiO_2 en solution. En dessous de cette valeur, le quartz se dissout.

— L'équilibre silice amorphe-solution est bien connu. La droite (c) représente le seuil de solubilité de $120 \cdot 10^{-6}$ de SiO_2 .

— L'équilibre feldspath K - kaolinite est représenté par la droite (d) inclinée sur l'axe des abscisses. La teneur de la silice en solution varie de 12 à $120 \cdot 10^{-6}$ selon les valeurs des concentrations en ions K^+ et H^+ .

— Ces quatre droites limitent 4 espaces : A, B, C, D. L'espace A correspond à la stabilité des feldspaths potassiques et du quartz. Ces minéraux ne sont pas altérés. C'est le domaine des climats tempérés et méditerranéens. L'espace B correspond à l'altération du feldspath potassique en kaolinite et à la stabilité du quartz ($\text{SiO}_2 > 6 \cdot 10^{-6}$). C'est le domaine de nombre d'altérations tropicales humides. L'espace C correspond à l'altération simultanée du feldspath et du quartz. Si le feldspath est présent, la cinétique de l'altération du quartz est freinée et celui-ci s'altère peu. Si le quartz est seul, la vitesse de la réaction est hâtée. C'est le cas qui nous intéresse ici. Il est réalisé pour des teneurs en silice inférieures à $6 \cdot 10^{-6}$. L'espace D correspond à l'altération de la kaolinite en gibbsite pour des teneurs inférieures à $1 \cdot 10^{-6}$ de SiO_2 . C'est une des voies de la bauxitisation.

— La leçon est simple. Dans le cas des sols rouges ferrallitiques étudiés, les feldspaths et autres silicates sont absents. La grande perméabilité des matériaux sableux permet la baisse des teneurs en silice en dessous de $6 \cdot 10^{-6}$ et le quartz se dissout. Mais l'abondance de quartz interdit de tomber en dessous de $1 \cdot 10^{-6}$ et la kaolinite est stable : la gibbsite n'apparaît pas. Le domaine où se trouvent les sols rouges est représenté par l'espace B hachuré. Quartz soluble, kaolinite pratiquement stable, aucun autre minéral présent, les solutions évacuées ne contiennent que de la silice.

6. LES PAYSAGES FOURNISSEURS DE SILICE. — Nous connaissons donc maintenant de vastes paysages où la pédogenèse rubéfiante tropicale, à 1 ou 2 m de pluviosité, s'exerce sur des roches où le seul minéral attaqué est le quartz et le seul élément exporté est la silice. Les solutions siliceuses migrent à la base des profils dans les paysages et viennent silicifier toutes roches rencontrées. Si ces nappes affleurent : les sources sont siliceuses.

Ainsi, le bel exemple décrit au Mali par Defossez (5) trouverait son explication. Dans la plaine du Gondo, un karst dolomitique précambrien est recouvert par un épais Continental terminal. Au niveau de la nappe, tous les faciès, dolomies, sables ou argiles, sont silicifiés, qu'ils appartiennent à la série dolomitique ou à la couverture sablo-argileuse. On retrouve également les interprétations d'Alimen (6).

Ces paysages devaient être encore plus fréquents au Tertiaire et au Quaternaire,

avant que les érosions n'alimentent les remplissages sédimentaires des bassins africains. D'un côté, les climats tropicaux migraient vers le Nord à chaque période humide. De l'autre côté, les formations composées seulement de quartz, de kaolinite et d'hydroxydes de fer sont légion. On citera le Continental terminal qui est un faciès sidérolitique, les grès primaires et précambriens dont les phyllites sont kaolinisées à l'affleurement, les vieux manteaux ferrallitiques quand ils n'ont pas été « démantelés », enfin les grands systèmes dunaires élaborés pendant les saisons arides.

Tous ces paysages, livrés à une pédogenèse tropicale rubéfiante vont libérer des solutions où la silice est dominante, car seul le quartz y est altérable.

CONCLUSION. — L'origine de la silice nécessaire aux silicifications climatiques est à rechercher dans des altérations et des pédogenèses tropicales. Si ces pédogenèses s'appliquent aux roches cristallines et cristallophylliennes ou sédimentaires habituelles, les ions en solution engendrent des argiles, kaolinite ou montmorillonite selon les climats, les roches mères et les lieux. Mais si ces pédogenèses s'appliquent à des roches sableuses ou gréseuses, seule la silice est mise en solution. Et ces solutions désaturées en tous les éléments sauf la silice auront le pouvoir de dissoudre ultérieurement tous les éléments, sauf la silice, et de déposer celle-ci. Les silicifications par épigénie sont ainsi expliquées, de même que la prolifération des diatomées dans les lacs sahariens du Quaternaire récent.

(*) Séance du 23 novembre 1970.

- (1) G. MILLOT, *Bull. Serv. Carte Géol. Als.-Lorr.*, 13, 4, 1960, p. 129-146.
- (2) G. MILLOT, Masson et Cie, Paris, 1964, 499 pages.
- (3) R. MÜLLER-FEUGA, *Ann. Mines et Géol.*, Tunis, 12, 1952, 354 pages.
- (4) H. RADIER, *Bull. Serv. géol. Prosp. min., A. O. F.*, 26, 1959, 356 pages.
- (5) M. DEFOSSEZ, *Mém. B. R. G. M.*, 13, 1962, 174 pages.
- (6) H. ALIMEN, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, 2, 1958, p. 77-90.
- (7) G. CONRAD, *C. R. Z. A.*, Série Géol., 10, 1969, 527 pages.
- (8) H. FAURE, *Quaternaria*, 8, 1966, p. 167-175.
- (9) M. SERVANT et S. SERVANT, *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, 12, 1970, p. 63-76.
- (10) R. FAUCK, *Comptes rendus*, 271, Série D, 1970, p. 2273.
- (11) R. FAUCK, *Thèse Sc.*, Strasbourg, 1971 (à paraître).
- (12) R. SIEVER, *Amer. Min.*, 42, 1957, p. 821-841.
- (13) R. WOLLAST, *Bull. Séances Acad. Roy. belg. Sc. O. M.*, 9, 2, 1963, p. 392-412.
- (14) R. SIEVER, *J. Geol.*, 70, 1962, p. 127-150.
- (15) R. M. GARRELS et C. L. CHRIST, Traduction R. Wollast, Gauthier-Villars, Paris, 1967, 335 pages.
- (16) R. LENEUF, *Thèse Sc.*, O. R. S. T. O. M., Paris, 1959, 210 pages.
- (17) F. LELONG, *Mém. Sc. Terre*, 14, 1969, 187 pages.
- (18) Y. TARDY, *Thèse Sc.*, Strasbourg, 1969, ronéo, 274 pages ; *Mém. Serv. Carte Géol. Als.-Lorr.* (à paraître).

(Centre de Sédimentologie et de Géochimie de la Surface,
Institut de Géologie, 1, rue Blessig, 67-Strasbourg, Bas-Rhin ;
Centre O. R. S. T. O. M. de Dakar-Hann,
B. P. n° 1386, Dakar, Sénégal.)