

GÉOCHIMIE DE LA SURFACE. — *Signification des silicates de sodium et des cherts néoformés dans les variations hydrologiques et climatiques holocènes du bassin tchadien.* Note (*) de MM. Gilbert Maglione et Michel Servant, présentée par M. Louis Glangeaud.

Magadiite $[\text{NaSi}_7\text{O}_{13}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}]$, Kenyaite $[\text{NaSi}_{11}\text{O}_{20,5}(\text{OH})_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}]$ et chert ont été mis en évidence par diffractométrie des rayons X dans des diatomites holocènes du bassin de Kafra (Niger). De récentes données thermodynamiques, jointes aux observations de terrain, permettent de considérer la magadiite comme un précipité chimique post-sédimentaire résultant de remontées capillaires à partir de la nappe phréatique peu profonde. La kenyaite représente un intermédiaire de la transformation de la magadiite en chert qui s'accomplit par lessivage de l'ion sodium par les pluies ou le battement de la nappe phréatique.

L'origine des silicifications d'Afrique, associées à des faciès évaporitiques, a suscité ces dernières années un regain d'intérêt [(¹) à (⁴)] en raison de la découverte d'une série de silicates sodiques hydratés [(²), (⁵) à (⁷)] que l'on peut considérer comme *métastables à l'échelle géologique*.

Il apparaît que ces silicates évoluent, par déshydratation et lessivage du sodium, vers une forme minéralogique de la silice moins réactive telle qu'on l'observe dans les cherts. La transformation se fait par l'intermédiaire d'espèces silicatées moins sodiques. Eugster [(²), (⁴)] a pu saisir les étapes du mécanisme au lac Magadi (Kenya). Plus récemment, Sheppard et Gude (⁸) ont mis en évidence l'altération de la magadiite en une silice hydratée cristallisée, la silhydrite, de formule $3 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; des études de laboratoire ont par ailleurs montré la *dissolution incongruente* de la kanemite $[\text{NaH}(\text{Si}_2\text{O}_4(\text{OH})_2) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}]$ en magadiite entre 25 et 60 °C (⁹).

Le propos de cette Note est double : — signaler la mise en évidence dans le bassin holocène de Kafra de deux de ces silicates néoformés, magadiite et kenyaite associés à du quartz d'origine non détritique ; — insister sur leur rôle de marqueur de faciès paléogéochimique et d'enregistreur des fluctuations hydrologiques et climatiques quaternaires.

I. LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE. — La dépression de Kafra (lat. 19°03' Nord, long. 20°20' Est) est tapissée par des sédiments lacustres holocènes (¹⁰) dont les plus élevés, situés à 25 m au-dessus des zones inférieures, comprennent deux bancs de diatomites litées séparés par une surface de ravinement ou par des dépôts remaniés. Ces derniers correspondent à un abaissement momentané du niveau de l'ancien lac à la faveur d'une phase climatique sèche reconnue et datée de 7 500 ans BP environ dans de nombreuses régions du Niger et du Tchad (¹¹). Il est probable que la cuvette de Kafra s'est alors complètement asséchée : les coupes observées dans le fond de la dépression montrent que la diatomite inférieure, visible sur 1,60 m d'épaisseur, présente un aspect fortement plissé, localement bréchiq ue et au sommet un débit

-7 DEC. 1973
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 6515 Geo 1

prismatique. Par contre la diatomite supérieure tronquée par l'érosion, épaisse de 2 m, n'a pas été perturbée et son litage demeure horizontal.

La couche plissotée ou bréchique contient de nombreux nodules, insolubles à HCl, recueillis *in situ* (éch. 4162) ou au pied des affleurements (éch. 4163).

II. ETUDE DES NODULES PAR DIFFRACTION DES RAYONS X ET PAR OBSERVATION AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE A BALAYAGE. — Les diagrammes de diffraction obtenus sur poudre brute et sur poudre non orientée de granulométrie inférieure à 2 μ ont montré les pics caractéristiques de la kenyaïte (en Å : 19,68 ; 9,92 ; 4,96 ; 3,43 ; 3,32 ; 3,20), de la magadiïte (15,41 ; 5,18 ; 3,43 ; 3,30 ; 3,14) et du quartz pour l'échantillon n° 4162. Pour l'échantillon 4163 seuls les pics de la kenyaïte et du quartz ont été décelés.

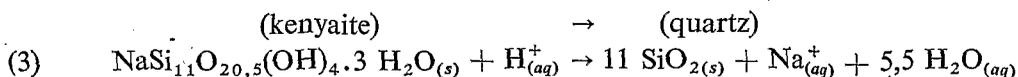
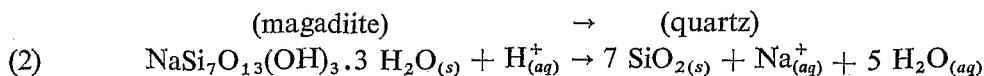
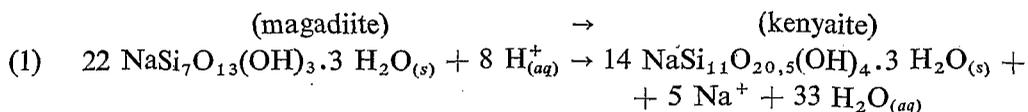
Les clichés obtenus au microscope électronique à balayage ⁽¹²⁾ attestent sans ambiguïté qu'une partie au moins du quartz n'est pas d'origine détritique et qu'elle trouve son origine dans la transformation de la kenyaïte et de la magadiïte.

III. GÉOCHIMIE DES SILICATES SODIQUES. — Eugster ⁽²⁾ a été le premier à émettre l'hypothèse d'une précipitation chimique directe de la magadiïte à partir des saumures alcalines du lac Magadi à l'Holocène. Cette hypothèse a été reprise par Hay pour divers dépôts lacustres de l'Est africain ⁽³⁾.

Dans le cas du Bassin Tchadien (Kanem), les phénomènes sont plus complexes, parce qu'encore actuels. A la précipitation chimique directe à partir des saumures lors des fluctuations hydrologiques des lacs interdunaires (induites par les variations de niveau du lac Tchad) viennent se surimposer des cristallisations à partir des solutions capillaires issues de la nappe phréatique peu profonde [(5), (7), (13)].

Des conditions comparables à celles qui règnent de nos jours au Kanem ont dû se réaliser vers 7 500 ans BP à Kafra quand le lac holocène s'est momentanément asséché. Il y a eu mise en place de la magadiïte sous *le faciès concrétionné* que nous lui connaissons dans les « natronières » de la bordure du lac Tchad ⁽⁵⁾. La transformation ultérieure d'une partie de la magadiïte pourrait être à l'origine de l'association magadiïte-kenyaïte-quartz reconnue dans l'échantillon 4162.

Les données de laboratoire obtenues par Bricker ⁽¹⁴⁾ ont permis à Eugster ⁽⁴⁾ d'étudier l'aspect thermodynamique de cette transformation qui peut être exprimée par les réactions suivantes :



Les constantes d'équilibre de ces réactions à 25 °C et 1 atm. de pression totale valent respectivement $10^{34,5}$, $10^{11,8}$ et $10^{15,8}$.

On constate que les trois transformations [réactions (1) à (3)] s'effectuent d'autant mieux que les solutions en contact avec ces minéraux subissent une baisse de leur pH, ou de leur activité en l'ion sodium, ce qui s'obtient notamment par dilution des saumures. Ces données thermodynamiques sont à la base de l'hypothèse d'Eugster (4) selon laquelle elles s'effectueraient par déshydratation et « lessivage » météorique du sodium, pour aboutir à des espèces uniquement siliceuses, quartz ou silice amorphe.

Nous avons d'ailleurs repris cette hypothèse (5), en y ajoutant la possibilité d'un « lessivage » du sodium par dilution et remontée de la nappe phréatique du Kanem, en réponse à une élévation du niveau du lac Tchad, faisant suite à une variation climatique.

Un récent article sur les isotopes de l'oxygène des cherts et de leurs précurseurs silicatés sodiques (15) semble venir en contradiction avec l'hypothèse d'un lessivage par des eaux météoriques diluées et isotopiquement légères. Les cherts de l'Est Africain étudiés par O'Neil et Hay présentent des valeurs de δ Smow comprises dans la fourchette 32,4-44,1 ‰ tandis que celles de leurs précurseurs silicatés sodiques s'échelonnent entre 32,6 et 35,7 ‰. Ces auteurs se sont appuyés sur ces données isotopiques pour suggérer une transformation au sein de saumures carbonatées sodiques enrichies en ^{18}O .

Cependant, aucune preuve n'a été apportée de la destruction des liens Si-O des tétraèdres lors de la transformation des silicates ; d'autre part rien n'est connu des coefficients de fractionnement isotopique des réactions (1) à (3).

La transformation de cherts par contact des silicates sodiques avec des eaux météoriques isotopiquement légères nécessite une température de formation plus basse que lors de la précipitation des précurseurs silicatés. Ceux-ci se sont déposés durant des périodes de forte évaporation. La transformation s'effectue toujours lors d'une ingression lacustre : les évaporites sont lessivées. En conséquence l'abaissement du rapport $a\text{Na}^+/a\text{H}^+$, c'est-à-dire une dilution, nous paraît le facteur critique dans la transformation des précurseurs silicatés sodiques en silice amorphe ou en chert.

IV. CONCLUSION. — Il est probable que les nodules, à l'origine constitués de magadiite pure, se sont transformés par « lessivage » au cours des périodes humides postérieures à 7 500 ans BP. La désertification qui s'est affirmée pendant le dernier millénaire a pu bloquer ou retarder l'évolution du phénomène dans les nodules enfouis sous des dépôts plus récents (échant. 4162). La transformation a par contre été plus complète dans les nodules dégagés par l'érosion et mieux exposés à l'action directe des pluies (échant. 4163) : la magadiite a disparu et seul subsiste un mélange de kenyaite et de quartz. Les cherts antérieurement signalés dans le Quaternaire récent d'Agadem (10) et de Bilma (11) pourraient représenter le stade ultime de cette transformation.

En résumé, l'intérêt des observations faites à Kafra est de montrer que certaines silicifications sédimentaires sont liées à la fois aux conditions initiales de mise en place des précurseurs silicatés sodiques et à l'évolution postérieure des conditions paléogéographiques et paléoclimatiques.

(*) Séance du 8 octobre 1973.

- (1) G. MILLOT, Masson et Cie, 1964, 499 pages.
- (2) H. P. EUGSTER, *Science*, 157, 1967, p. 1177-1180.
- (3) R. L. HAY, *Contrib. Mineral. Petrology*, 17, 1968, p. 255-274.
- (4) H. P. EUGSTER, *Contrib. Mineral. Petrology*, 22, 1969, p. 1-31.
- (5) G. MAGLIONE, *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 23, 4, 1970, p. 177-189.
- (6) R. A. SHEPPARD, A. J. GUDE et R. L. HAY, *Amer. Mineral.*, 55, 1970, p. 358-366.
- (7) Z. JOHAN et G. MAGLIONE, *Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr.*, 95, 1972, p. 371-382.
- (8) R. A. SHEPPARD et A. J. GUDE, *Amer. Mineral.*, 57, 1972, p. 1053-1085.
- (9) G. MAGLIONE et M. H. MAGLIONE, *Sc. Geol.* (sous presse).
- (10) H. FAURE, *Thèse*, Paris, 1962.
- (11) M. SERVANT, *Thèse*, Paris-VI, 1973.
- (12) L'étude au microscope électronique a été effectuée au Laboratoire de Géologie structurale de l'Université de Nice, dirigé par M. le Professeur Dars.
- (13) G. MAGLIONE, *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 24, 4, 1971, p. 255-268.
- (14) O. P. BRICKER, *Amer. Mineral.*, 54, 1969, p. 1026-1033.
- (15) J. R. O'NEIL et R. L. HAY, *Earth and Plan. Sc. Letters*, 19, 1973, p. 257-266.

*Section Géologie,
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer,
24, rue Bayard, 75008 Paris.*