

système  $H_2O-NaCl$  à température et pression élevées ont servi à fixer les concentrations en  $NaCl$ . Pour plus de commodité il a été établi, d'après les données de ces auteurs, un diagramme (fig. 4), qui montre l'action de la concentration en  $NaCl$  sur les températures critiques et les pressions des solutions.

#### ACTION DE SOLUTIONS $NaCl$ SUR UN SILICATE RENFERMANT DU MOLYBDÈNE.

L'ampoule renfermait l'aluminosilicate finement broyé (0,5-0,07 g) et la solution (0,5 g). La concentration de celle-ci était calculée en tenant compte de la solubilisation totale à la température voulue. A  $500^\circ$  elle est égale à 12 %, 20 % à  $600^\circ$ , et 27 % à  $700^\circ$  C. L'expérience durait de 96 à 120 h.

Deux séries d'expériences ont été effectuées. Dans la première, on a réalisé une montée progressive de la température et de la pression. La seconde série fut effectuée dans des conditions isothermiques avec accroissement seul de la pression. Les résultats obtenus lors de la première série des expériences sont présentés dans le tableau I.

atteint 2,8 g de molybdène par kilogramme de solution, tandis que le rendement est de 29 %. Le molybdène se trouve en état de haute concentration. Le fait suivant mérite d'être noté : quelle que soit la portion pesée, la quantité de molybdène passée en solution reste la même, comme le démontrent maintes expériences. On peut voir, également, que le rendement augmente au fur et à mesure que la portion pesée diminue, il atteint 82 % dans l'expérience n° 20. La pression et la température, en augmentant, ne provoquent aucun accroissement important de la teneur en molybdène de la solution. La quantité 2,8 g Mo par kg de solution approche probablement la concentration de saturation.

Une granodiorite renfermant 0,001 % Mo a été utilisée en guise de substance de départ dans l'expérience n° 27. Là aussi, la transition du molybdène en solution hydrothermale a été observée, mais la quantité est relativement petite — elle n'excède pas 6,5 % de la teneur initiale.

Les expériences de la deuxième série s'effectuaient dans des conditions isothermiques. Les résultats obtenus, présentés dans le tableau II, montrent qu'avec une faible quantité d'aluminosilicate, la quantité de molybdène passant en solution devient relativement grande, et atteint, dans

TABLEAU I.

#### Résultat des expériences de la première série.

NUMÉRO DE L'EXPÉRIENCE	t (° C)	P (bars)	PORTION PESÉE DE L'ALUMINO-SILICATE (g)	MOLYBDÈNE	
				concentration (g/kg)	% rapportés à la teneur initiale
25	500	630	0,36	0,04	1,6
19	600	950	0,52	2,8	29
17	600	950	0,51	2,7	33
20	600	950	0,17	2,1	82
31	700	1 270	0,39	2,2	38
27	600	950	0,44	0,001	6,5

Dans l'expérience n° 25, réalisée à la température de  $500^\circ$  C et la pression de 630 bars la teneur du molybdène dans la solution hydrothermale est presque nulle. Elle n'excède pas 1,6 %, en donnant naissance à une solution renfermant 0,04 g Mo par kg de solution. Avec une hausse de température de  $100^\circ$  C et de pression de 300 bars le résultat change brusquement. La solubilité du molybdène devient 60 fois plus grande et

certaines expériences 96 %. Notons que la solution n'est pas saturée par rapport au molybdène.

Selon toute probabilité, la formation d'une solution hydrothermale se produit suivant un processus assez compliqué. Une hausse plutôt importante de l'acidité des solutions a été particulièrement observée : le pH des solutions est de 1,2 (les solutions initiales révèlent un pH allant de 6,5 à 7,0).

TABLEAU II. — Résultat des expériences de la deuxième série.

NUMÉRO DE L'EXPÉ- RIENCE	t (° C)	P (bars)	PORTION PESÉE DE L'ALUMINO- SILICATE (g)	MOLYBDÈNE	
				concentration (g/kg)	% rapportés à la teneur initiale
36	600	950	0,07	0,98	71
37	600	950	0,07	1,02	75
38	600	1 140	0,07	1,24	96
39	600	1 350	0,07	1,03	77

## DISCUSSION DES RÉSULTATS

Nous avons démontré qu'une solution formée à haute température sous pression possède une réactivité accusée. Une telle solution peut assimiler les constituants des roches. Pourtant, tous les travaux effectués jusqu'à présent, n'envisageaient les minéraux essentiels des roches qu'avec, seulement, les constituants intervenant avec des teneurs importantes. Les expériences réalisées montrent que ces mêmes processus sont applicables aux éléments mineurs dispersés dans les roches. La limite inférieure des températures de 500° C a été trouvée. Au-dessous, la formation d'une solution hydrothermale métallifère est difficile.

Les résidus solides après l'action de la solution de chlorure de sodium étaient examinés au microscope. L'examen des lames minces a montré qu'à 500° C débute la cristallisation d'un verre renfermant du molybdène. Ceci, comme il a été déjà dit plus haut est accompagné par une transition, d'ailleurs peu importante, du molybdène en solution hydrothermale. L'élévation de la température à 600° est accompagnée par la

cristallisation des aluminosilicates, plus particulièrement d'albite.

L'aggloméré révèle une structure d'agregat composé de cristaux très fins. Seul l'indice de réfraction moyen peut être mesuré, il est de  $1,537 \pm 0,005$  et correspond à celui d'une albite.

Au cours de la cristallisation une albite et un liquide résiduel plus acide sont formés. Ce dernier renferme probablement du molybdène et d'autres éléments lourds. A cause de leurs propriétés chalcophiliques et de leurs grands rayons ioniques, ces éléments lourds ne peuvent pas pénétrer dans le réseau de l'albite et restent dans le résidu de silicate d'où ils passent ensuite en solution hydrothermale.

Donc, la cristallisation ou la recristallisation des minéraux constituants des roches fait passer dans le liquide résiduel les constituants minéralisateurs (Mo) qui se trouvent dans les roches en faible concentration. En même temps ces éléments acquièrent le pouvoir de passer en solution hydrothermale. Le mécanisme décrit ci-dessus paraît le plus probable pour la formation des solutions hydrothermales.

Manuscrit reçu le 9 juin 1970.

## BIBLIOGRAPHIE

- BABKO, A. K. et PILIPENKO, A. T. (1951). — *Analyse colorimétrique* (en russe). Moscou, Goskhimizdat.
- FÉODOTIEV, K. M. (1962). — Rec. : *Experim. issledov. v. oblasti gloubinnykh process.* Ed. Akad. Nauk S. S. S. R., 122.
- KHITAROV, N. I. (1953). — *Trudy 4 sovetch. po experim. i tekhnich. miner. i petrogr.* Akad. Nauk S. S. S. R., II, 180.
- KHITAROV, N. I. (1958). — *Trudy 5 sovetch. po experim. i tekhnich. miner. i petrogr.* Akad. Nauk S. S. S. R., 208.
- KHITAROV, N. I. (1961). — *Trudy Lab. Vulcanol.*, S. S. S. R., 19, 34.
- MOREY, G. W. et HESSELGESSER, J. M. (1951). — *Econ. Geol. U. S. A.*, 46, n° 8, 821.
- OVTCHINNIKOV, L. N. et MASSALOVITCH, A. M. (1966). — Rec. : *Issled. prirod. i tekhnich. mineraloobrasovanya.* Ed. « Nauka », 200.
- POPOV, A. A. (1962). — Rec. : *Experim. issled. v oblasti gloubinnykh process.* Ed. Akad. Nauk S. S. S. R., 140.
- SAOUKOV, A. A. (1960). — *Trudy Inst. Geol. rudn. Mestorozhdh (IGEM). Petrogr. Mineral. Geokhim S. S. S. R.*, v. 46, 77.
- SMIRNOV, V. I. (1965). — *Géologie des minéraux utiles* (en russe). Moscou « Nedra ».
- SOUDOVIKOV, N. G. (1955). — Rec. : *Magmat. i svias s nim polesnykh iskopaemykh.* Ed. Akad. Nauk S. S. S. R., 154.
- SOURIRAJAN, S. et KENNEDY, G. C. (1962). — *Amer. J. of Sci.*, 260, n° 2, 115.
- WINKLER, H. G. F. (1957). — *Geochim. cosmochim. Acta, G. B.*, 13, n° 1, 42.