

GÉOLOGIE. PÉDOLOGIE. — *Signification de la présence de pollens de Chénopodiacées dans des croûtes et encroûtements calcaires du Quaternaire récent en Afghanistan.* Note (\*) de M. Jean Pias, transmise par M. Albert F. de Lapparent.

Des analyses polliniques effectuées sur des croûtes et encroûtements calcaires, datés par le carbone 14 de la dernière pulsation glaciaire Würm (35 000 à 10 000 ans BP), montrent la prédominance de pollens de Chénopodiacées dans ces dépôts. Celle-ci évoque la formation de ces accumulations calcaires dans des marécages temporaires diversement salés. Dans ce même milieu se seraient produites les néosynthèses d'argiles, attapulgite et (ou) sépiolite, qui leur sont associées.

SITUATION, ENVIRONNEMENT ET DATATIONS. — Les croûtes et encroûtements calcaires occupent de vastes surfaces en Afghanistan, particulièrement dans les régions montagneuses centrales de l'Hindu Kuch et de ses prolongements vers le Sud-Ouest et l'Ouest. Géographiquement, leurs avancées vers les dépressions se limitent le plus souvent au piedmont des massifs (1 800 à 2 000 m). En altitude, ces formations dépassent rarement 3 000 m, tandis que les massifs atteignent souvent 4 000 à 5 000 m. On en observe également des vestiges, plus ou moins démantelés, dans les régions orientales du Paktia et de Jelalabad.

A des altitudes moyennes pour le pays (1 800 à 2 000 m), le climat d'Afghanistan a un caractère méditerranéen encore très affirmé, avec des pluies d'hiver et de printemps arrivant de l'Ouest. Le total des précipitations est faible (300-350 mm). Celles-ci tombent surtout sous forme de neige. Mais ces précipitations augmentent très rapidement avec l'altitude, pour atteindre 1 000 mm et plus à partir de 3 000 à 3 500 m où les températures moyennes mensuelles sont en dessous de 0°, de la fin de l'automne au début du printemps. Les neiges permanentes débutent vers 4 000 m, sur les versants nord (1).

La végétation de ces régions centrales est caractérisée par une steppe à dominance d'armoïse qui remonte très haut (3 000 à 3 500 m) en exposition nord, faisant place ensuite à un étage à *Cousinia*. Vers l'Est, apparaissent des étages différents en s'élevant en altitude : à chêne (*Quercus baloot*) jusqu'à 2 250 m ; à cèdre (*Cedrus deodara*), épicéa (*Picea morinda*), pin (*Pinus excelsa*), sapin (*Abies webbiana*) ; à prairie alpine vers 3 000 à 3 500 m. Mais les formations boisées ne prennent une grande importance qu'au voisinage du Pakistan. Partout ailleurs, il s'agit au mieux d'éléments isolés dans la steppe désignée ci-dessus (2).

Les croûtes et encroûtements calcaires se développent dans deux types de sédiments : des conglomérats fluvio-glaciaires, épandus largement sur le piedmont ou plus modestement au débouché des cours d'eau dont ils forment d'anciens cônes de déjection ; des loess, épandus originellement sur l'ensemble du paysage et fréquemment colluvionnés dans les dépressions.

Dans le cas d'encroûtements sur loess, le profil pédologique, atteignant 100 à 150 cm, est de type A B<sub>Ca</sub>C à horizon B<sub>Ca</sub> massif, épais de 50 à 100 cm et très calcaire (60 à 80 %).

Lorsque l'horizon B<sub>Ca</sub> apparaît en surface, par suite de phénomènes d'érosion

- 4 JUL. 1973

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

Collection de Référence

n° B 6210 Peds.

superficielle, il s'accompagne alors dans sa partie supérieure sur quelques centimètres d'une croûte rubanée, festonnée, très finement cristallisée et très dure.

L'encroûtement sur conglomérat fluvio-glaciaire présente le plus souvent un profil de sol minéral brut <sup>(3)</sup>, dans lequel les galets de différentes dimensions sont cimentés entre eux par une fine pâte calcitique englobant elle-même les fragments de roches variées diversement grossiers. L'épaisseur de la cimentation calcaire est du même ordre que celle observée dans les lèss.

Des datations isotopiques par le carbone 14 sur les horizons B<sub>ca</sub> ou sur le ciment calcaire des conglomérats ont mis en évidence que ces croûtes et encroûtements se seraient formés en deux périodes distinctes, séparées par une phase de plus forte glaciation, lors de la dernière pulsation glaciaire Würm (35 000 à 10 000 ans BP) <sup>(4)</sup> :

- en période de préglaciation : 35 000 à 18 000 ans BP ;
- en période de déglaciation : 15 000 à 10 000 ans BP.

L'hypothèse de deux périodes distinctes de formation des encroûtements est confirmée par :

- la présence de deux conglomérats superposés dans le bassin du Logar (22 200 ± 1 050 et 15 740 ± 230 ans BP) ;
- les encroûtements de deux terrasses conglomératiques du Tarnak Rod, observées près de Qalat, au Nord de Kandahar : terrasse supérieure (27 400 ± 880 ans BP) ; seconde terrasse (15 970 ± 240 ans BP) <sup>(5)</sup> ;
- les datations de deux séries de barrages emboîtés de travertins dans la montagne de Bamyan, à 3 000 m d'altitude : série de barrages anciens (> 40 000 à 24 750 ± 700 ans BP) ; séries de barrages récents (14 230 ± 190 à 11 670 ± 165 ans BP) [<sup>(6)</sup>, <sup>(7)</sup>].

Ces importantes accumulations calcaires sous différentes formes (croûtes, encroûtements, travertins, parfois dolomies, etc.) et en différents lieux (piedmont de massifs, terrasses de fleuves, etc.) font penser à des phénomènes de « fonte » particulièrement intenses des roches sédimentaires calcaires ou des roches basiques des massifs, par suite d'une percolation prolongée de celles-ci par les eaux de fusion des neiges, avant que ne s'installent les glaciers (préglaciation) ou à la suite de la fusion de ceux-ci (déglaciation). Ces eaux de fusion pouvaient être par ailleurs très fortement enrichies en CO<sub>2</sub> <sup>(8)</sup>.

ANALYSES POLLINIQUES ET INTERPRÉTATIONS. — Des analyses polliniques ont été effectuées <sup>(9)</sup> sur différents profils à croûte et encroûtement calcaire ou profils non encroûtés. Elles permettent, dans l'état actuel d'avancement des travaux, les constatations suivantes :

- d'une façon générale, les échantillons observés sont assez pauvres en pollens et ceci d'autant plus que l'on se rapproche du maximum de la glaciation, montrant ainsi une raréfaction importante de la strate herbacée, sinon sa disparition complète pendant cette période ;

— absence ou faible importance pour la période considérée de pollens de végétation arborée, généralement inférieure à 5 %, pollens qui sont ceux de *Pinus*, *Betula*, *Alnus*, *Ephedra*, *Salix* ;

— fraction des pollens de végétation non arborée, représentée principalement par des Composées, Chénopodiacées, Ombellifères relativement abondantes. Parmi les Composées s'observe le plus fréquemment le genre *Artemisia* et en moindre quantité les genres *Cousinia* et *Vernonia* ;

— alternance très fréquente dans la dominance pour un même sondage soit de Composées, soit de Chénopodiacées ou de Chénopodiacées et d'Ombellifères. La dominance de Chénopodiacées est la plus fréquente dans les croûtes et encroûtements calcaires et il y a souvent augmentation du pourcentage de celles-ci, soit en période préglaciaire, en même temps que le nombre de pollens totaux diminue ainsi que celui des Composées, soit, en période de déglaciation.

Ces différentes observations suggèrent que la steppe à *Artemisia* primitive s'est progressivement enrichie en Chénopodiacées, en même temps que le couvert herbacé devenait plus lâche en raison du refroidissement notable du climat en préglaciation (<sup>10</sup>). La présence des espèces de cette famille en cette période laisse cependant supposer des saisons très contrastées permettant en été la fonte des neiges accumulées en hiver, sinon à haute, tout au moins à moyenne altitude, et la formation d'étendues marécageuses temporaires où se développaient ces plantes. Les saisons étaient également contrastées pendant la phase de déglaciation, en même temps que se produisait un réchauffement généralisé. Il est aussi possible d'admettre comme hypothèse, au cours de ces deux périodes pré- et postglaciaires, la coexistence de steppe à *Artemisia* sur les points surélevés du relief des piedmonts et d'étendues marécageuses où poussait une flore à prédominance de Chénopodiacées. La présence de celles-ci dans les croûtes et les encroûtements calcaires évoque un milieu hydromorphe et salin, qui serait la conséquence de phénomènes intenses de lessivage des sels provenant de l'hydrolyse des roches des massifs provoquée par la fonte des neiges. S'il est assez rarement trouvé de forte salinité résiduelle dans les croûtes et les encroûtements calcaires, ceci paraît en liaison avec :

— d'une part un changement des conditions du milieu ; disparition des étendues marécageuses, drainage et lessivage progressifs de celles-ci au cours de périodes ultérieures ;

— d'autre part, le contexte géomorphologique, qui a bien souvent totalement changé à la suite de phénomènes d'érosion amenant le démantèlement des anciennes surfaces encroûtées, ce qui a favorisé les processus de lessivage des sels solubles.

Ces observations sont intéressantes encore pour expliquer certaines néosynthèses d'argiles. Alors que les lœss sont originellement constitués d'illite, de chlorite et de montmorillonite, les croûtes et encroûtements sont à dominance d'attapulgite (<sup>11</sup>) et (ou) de sépiolite. La néoformation de ces argiles, en milieu hydromorphe et salin au cours de la pédogenèse, apparaît en accord avec les conditions de sédimentation géochimique. Suivant les cas et en fonction de la concentration

des solutions en silice, alumine, magnésium et de leur charge alcaline, on aboutirait soit à la formation de carbonates alcalino-terreux (dolomie, calcite dolomitique), soit à celle de phyllites silicatées (attapulгите et, en milieu plus magnésien, sépiolite), avec de nombreux cas intermédiaires comme cela a été le plus souvent observé dans les échantillons analysés.

(\*) Séance du 16 avril 1973.

(1) N. M. HERMAN, J. ZILLHARDT et P. LALANDE, *Gouv. Royal Afghan.*, Publ. Inst. météo., n° 2, 1971, 58 pages.

(2) P. LALANDE, *Trav. Lab. forestier Toulouse*, 5, 3, 1968, 17 pages.

(3) G. AUBERT, *Cah. ORSTOM*, série Pédol., 3, fasc. 3, 1965, p. 269-288.

(4) J. PIAS, *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.*, 1972 (sous presse).

(5) J. PIAS, *Comptes rendus*, 274, Série D, 1972, p. 1143-1146.

(6) E. BOUYX et J. PIAS, *Comptes rendus*, 273, Série D, 1971, p. 2468-2471.

(7) A. F. DE LAPPARENT, E. BOUYX et J. PIAS, *Comptes rendus*, 274, Série D, 1972, p. 2141-2144.

(8) D. RAYNAUD, R. DELMAS et R. BOTTER, *Réunion annuelle des Sciences de la Terre*, 1973, 354 pages.

(9) Ces analyses polliniques ont été effectuées par le Dr G. Thanikaimoni, à l'Institut Français de Pondichéry.

(10) Cette steppe à *Artemisia* semble avoir eu une large extension, puisqu'elle est signalée à de plus basses altitudes (1 000-1 300 m) qu'en Afghanistan, au cours de la même période (22 500-14 000 ans BP), en Iran occidental, où elle aurait été remplacée ensuite, d'abord par une savane à *Pistacia* et *Quercus*, puis par une forêt de chênes. Elle n'est plus indiquée actuellement que sur les hauts plateaux (W. VAN ZEIST, 2, 1967, p. 301-311).

(11) G. MILLOT, H. PAQUET et A. RUELLAN, *Comptes rendus*, 268, Série D, 1969, p. 2771-2774.

« Mission Géologique en Afghanistan et Etudes Connexes »,  
RCP n° 44 du CNRS,  
ORSTOM-SSC, 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy.