

10^e congrès international de la science
du sol. Moscou. 1974

GENESE DE CROUTES ET ENCROûTEMENTS CALCAIRES EN AFGHANISTAN AU
QUATERNAIRE RECENT

J. Pias

Office de la Recherche Scientifique et Technique
d'Outre-Mer, France

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 SO et l'O. Géographiquement, leurs avancées vers les dépressions se limitent le plus souvent au piedmont des massifs, à des altitudes de 1800 à 2000 m, tandis que les massifs eux-mêmes élèvent leurs sommets jusqu'à 7000 m dans le Pamir et que des altitudes moyennes de 4000 à 5000 m sont relativement courantes. En altitude, croûtes et encroûtements dépassent rarement 3000 m. On en observe également des vestiges, plus ou moins démantelés et recouverts par des sédiments plus jeunes dans les régions orientales du Paktia et de Jélalabad mais les plaines où on les rencontre, bien qu'à des altitudes relativement basses (600 à 1200 m), sont entourées de hauts massifs montagneux. (Fig. 1).

A des altitudes moyennes pour le pays (1800 à 2000 m), le climat d'Afghanistan a un caractère méditerranéen encore très affirmé avec des pluies d'hiver et de printemps arrivant de l'O. Le total des précipitations est faible (300-350 mm) et celles-ci tombent surtout sous forme de neige. Mais ces précipitations augmentent très rapidement avec l'altitude pour atteindre 1000 mm et plus à partir de 3000 à 3500 m où les températures moyennes mensuelles sont en-dessous de 0° de la fin de l'automne au début du printemps. Des neiges permanentes s'observent à partir de 4000 m, principalement sur les faces N. (Herman, Zillhardt, Lalande, 1971).

La végétation de ces régions centrales est caractérisée par une steppe à dominance d'armoïse qui remonte très haut (3000 à 3500 m)

en exposition N, faisant place ensuite à un étage à Cousinia. Vers l'E apparaissent des étages différents en s'élevant en altitude: à Quercus baloot jusqu'à 2250 m; à cèdre (Cedrus deodara); à épicéa (Picea morinda); à pin (Pinus excelsa); à sapin (Abies webbiana); à prairie alpine vers 3000 à 3500 m. Mais ces formations boisées ne prennent une grande importance qu'au voisinage du Pakistan. Partout ailleurs, dans les régions étudiées, il s'agira au mieux d'éléments isolés dans la steppe désignée ci-dessus. (Lalande, 1968).

Observations morphologiques

Les croûtes et encroûtements calcaires se sont développés principalement dans 2 types de sédiments:

- des conglomérats fluvioglaciaux épanchés largement sur le piedmont ou plus modestement au débouché des cours d'eau dont ils forment d'anciens cônes de déjection;

- des loess épanchés originellement sur l'ensemble du paysage et fréquemment colluvionnés dans les dépressions.

Si dans le premier cas, croûtes et encroûtement couvrent de vastes étendues, dans le second, ils s'observent en pointements résiduels découpés par l'érosion et en voie de démantèlement.

Dans le cas d'encroûtement sur loess, le profil pédologique, atteignant 100 à 150 cm, est de type A B_{Ca} C :

- A Brun-beige. Structure massive à tendance polyédrique. Cohésion et compacité faibles. Fort enracinement. Epaisseur 3 à 8 cm. Calcaire diffus.
- B_{1Ca} Blanc-beige. Structure polyédrique moyenne très développée avec cohésion assez forte des éléments structuraux. Compact. Quelques racines. Epaisseur 10 à 30 cm. Calcaire diffus et par taches ou en petites masses.
- B_{2Ca} Blanc à blanc-beige. Structure massive à débit polyédrique. Forte cohésion. Compact. Pas ou peu de racines. Très calcaire (60 à 80%). Epaisseur variable 50 à 100 cm.
- B_{3Ca} Blanc panaché de beige ou à poches limoneuses brun-beige bien marquées en couleur. Peu compact. Cohésion faible. Calcaire diffus avec quelques éléments granulaires plus durcis. Fait le passage au limon brun-beige à structure fondue, à cohésion et compacité faibles.

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

Collection de Référence

n° 8607

Pédo 395

- 5 AVR. 1977

Lorsque l'horizon B_{2Ca} apparaît en surface, cas très fréquent à la suite de phénomènes d'érosion superficielle, il s'accompagne alors dans sa partie supérieure sur quelques cm d'une croûte rubannée, festonnée, très finement cristallisée et très dure.

L'encroûtement sur conglomérat fluvio-glaciaire présente le plus souvent un profil de sol minéral brut (Aubert, 1965) dans lequel les galets de différentes dimensions sont cimentés entre eux par une fine pâte calcitique englobant elle-même des fragments de roches variées diversement grossiers. L'épaisseur de la cimentation calcaire est du même ordre que celle observée dans les loess.

Datations

Des datations isotopiques par le carbone 14 sur les horizons B_{Ca} ou sur le ciment calcaire des conglomérats ont mis en évidence que ces croûtes et encroûtements se seraient formés en 2 périodes distinctes lors de la dernière pulsation glaciaire Wurm (35000 à 10000 ans BP) (Pias, 1972):

- en période de préglaciation: 29.040±1150 (Logar), 25.850±830 (Logar), 22.200±1050 (Logar), 21.700±420 (Logar), 20.490±400 (Nouristan), 18.900±420 (Moqour) ans BP*;
- en période de déglaciation: 15.740±230 (Logar), 15.350±230 (Bamyan), 12.750±190 (Logar) ans BP.

L'étalement dans le temps de la période de formation des croûtes et encroûtements lors de la préglaciation peut fort bien s'expliquer par les différences altitudinales existant entre les différents échantillons prélevés. La formation des encroûtements devait se faire à une altitude de moins en moins élevée au fur et à mesure que la glaciation s'accusait. Elle devait d'autre part être variable d'une région à une autre (Logar, Nouristan, Bamyan, Moqour) en fonction de diverses influences climatiques secondaires.

L'hypothèse de 2 périodes distinctes de formation des encroûtements est confirmée par:

- la présence de 2 conglomérats superposés dans le bassin du Logar (22.200±1050 et 15.740±230 ans BP).

* Echantillons n° 811 croûte rubannée superficielle 25.850±8300.
n° 812 encroûtement de profondeur du même profil 29.040±1150.
n° 731 croûte rubannée superficielle d'un autre profil 21.700±420 an BP.

- les encroûtements de 2 terrasses conglomératiques du Tarnak Rod observées près de Qalat au N Kandahar. La terrasse supérieure (27.400±880 ans BP) surplombe le lit actuel du fleuve de 120 à 150 m tandis que la seconde terrasse (15.970±240 ans BP) le domine d'environ 30 m (Pias, 1972);
- les datations de 2 séries de barrages emboîtés de travertin dans la montagne de Bamyan à 3000 m d'altitude. Série de barrages anciens (< 40.000 à 24.750±700 ans BP). Série de barrages récents (14.230±190 à 11.670±165 ans BP) (Bouyx, Pias, 1971; de Lapparent, Bouyx, Pias, 1972).

Ces importantes accumulations calcaires sous différentes formes (croûtes, encroûtements, travertins, parfois dolomies ...), en différents lieux (piedmont de massifs, terrasses de fleuves ...) 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 phénomènes de "fonte" des roches sont confirmés par l'observation des sols d'actuelles niches de nivation sur le versant N de la montagne de Bamyan, vers 4000-4200 m, où furent trouvés les barrages de travertin. Là des calcaires marneux donnent naissance à des sols bruns calciques presque entièrement décarbonatés. Ils sont uniquement localisés à ces niches alors que, légèrement en contre bas de celles-ci, dominant des sols bruns calcaires pouvant présenter occasionnellement un horizon B_{Ca} encroûté. Dans les parties très ventées de cette même montagne de Bamyan ces sols coexistent avec des sols périglaciaires (sols polygonaux, sols réticulés, sols striés).

Analyses polliniques* et interprétations

Des analyses polliniques en cours sur différents profils à croûte et encroûtements calcaire ou profils non encroûtés, dans l'état actuel d'avancement des travaux, permettent les constatations suivantes:

* Ces analyses polliniques ont pu être effectuées grâce à l'obligeance de P. Legris, Directeur de l'Institut Français de Pondichéry (Inde). Elles ont été faites par le Docteur G. Thakaimoni.

- d'une façon générale, les échantillons observés sont assez pauvres en pollen 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, Aulus, Ephedra, Salix. La présence des 3 premiers pouvant fort bien s'expliquer par une dissémination d'origine lointaine sous l'action des vents;
- fraction des pollens de végétation non arborée, représentée principalement par des composées, Chénopodiacées, Ombellifères relativement abondantes et déposés in situ car retrouvés fréquemment groupés en masse. 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 échantillon soit de Composées, soit de Chénopodiacées ou de Chénopodiacée 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*. 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 ou se développaient ces plantes. Les saisons étaient également contrastées pendant la phase de déglaciation en même temps que se produisait

* Cette steppe à Artemisia semble avoir été très répandue puisqu'elle est signalée à de plus basses altitudes (1000-1300 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 signalée actuellement que sur les hauts plateaux (W. Van Zeist, 1967).

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 poussaient 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 n'est pas ou assez rarement trouvé de 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.

Alors que les loess ont une fraction argileuse originellement constituée par de l'illite, de la chlorite et de la montmorillonite, celle des croûtes et encroûtements est à dominance d'attapulgitite (Millot, Paquet, Ruellan, 1969) et (ou) de sépiolite. La néoformation au cours de la pédogenèse, de ces argiles, en milieu hydromorphe et salin serait alors 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 phyllite silicatées (attapulgitite et en milieu plus magnésien sépiolite), associées à de la calcite.

B i b l i o g r a p h i e

- Aubert G. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., v. 3, fasc. 3, 269-288, 1965.
 Bouyx E., Pias J., C.R. Acad. Sc. Paris, 273, 2468-2471, 1971.
 Herman N.M., Zillhardt J. et Lalande P. Gouv. Royal Afghan., Publ. inst. météo., 2, 58, 1971.
 Lalande P. Trav. Lab. forestier de Toulouse, 5, 3, 17, 1968.
 Lapparent A.F. de, Bouyx E. et Pias J. C.R. Acad. Sc. Paris, v. 274, 2141-2144, 1972.

Millot G., Paquet H. et Ruellan A. C.R. Acad. Sc., v.268, 2771-2774, 1969.

Pias J. C.R. Acad. Sc., 274, 1143-1146, 1972.

Pias J. Sols d'Afghanistan pédogénèses anciennes et actuelles Rev. Geogr. Phys. Geol. Dynam. En cours de parution, 1972.

Zeist W. Van Rev. Palaeobotan. Palynol., 2, 301-311, 1967.

Résumé

Les croûtes et encroûtements observés se sont formés au cours de la dernière pulsation glaciaire Wurm (35000 à 10000 ans), à son début et lors de la déglaciation. Ils sont dus aux apports liés à la percolation des eaux de fusion des neiges qui a provoqué la "fonte" intense des roches calcaires ou basiques des massifs. Les carbonates en reprécipitant sur les piedmonts ont donné naissance à des travertins, des dolomies, des conglomérats et loess encroûtés. Des analyses polliniques montrent la prédominance des Chenopodiacees dans ces croûtes et encroûtements calcaires paraissant bien indiquer que leur formation se serait effectuée en des étendues marécageuses diversement salées. Dans ce milieu se seraient produites les néosynthèses d'attapulgite et de sépiolite.

Summary

The calcareous crusts studied were formed during the last Wurm glacial upheaval (35000-10000 years) including the glacial and interglacial periods when mountain ranges formed by limestones and basic rocks were subjected to an intensive leaching action of increased amounts of thawing waters. Afterwards carbonates were reprecipitated on the foothills, and the formation of travertines, dolomites, cemented conglomerates and loess resulted.

Pollen analyses indicate the predominance of Chenopodiaceae in the calcareous crusts which would seem to indicate that their formation took place in variously salted marshy stretches. In this environment the neosynthesis of attapulgite and sepiolite probably proceeded.

Zusammenfassung

Die untersuchten Kalkkrusten wurden im Laufe des letzten Würm-Eiszeitalters (vor 35.000 bis 10.000 Jahren) in Glazial- und Inter-glazialzeiten gebildet, als die Schneefällen eine intensive "Auf-

lösung" der ungeschichteten basischen Gesteine und Kalksteine beeinflusste.

Die Karbonaten wurden an Bergsohlen niedergeschlagen. Infolgedessen wurden Travertin, Dolomit, Konglomerat und Löss gebildet. Pollenanalysen zeigten eine vorherrschende Menge an Chenopodiaceae in den Krusten. Es wird angenommen, dass die Kalkkrusten auf den versumpften und versalzten Flächen gebildet wurden. Es ist möglich, dass unter diesen Bedingungen die Neosynthese von Attapulgit und Sepiolit vorhanden sein könnte.

Резюме

Наученные карбонатные коры образовались в течение последней вюрмской ледниковой пульсации (от 35000 до 10000 лет т.н.), в ледниковый и межледниковый периоды. Они формировались в результате просачивания талых ледниковых вод, что привело к интенсивному "растворению" известняков или основных пород горных массивов. Карбонаты, переотлагаясь на предгорьях, образовали травертины, доломиты, цементировали конгломераты и лессы. Пыльцевые анализы в этих корах и других карбонатных образованиях показывают на преобладание маревых, что, по-видимому, означает, что они произрастали на заболоченных участках с различной степенью засоления. Возможно, что в этой среде происходил неосинтез аттапулгита и сепиолита.

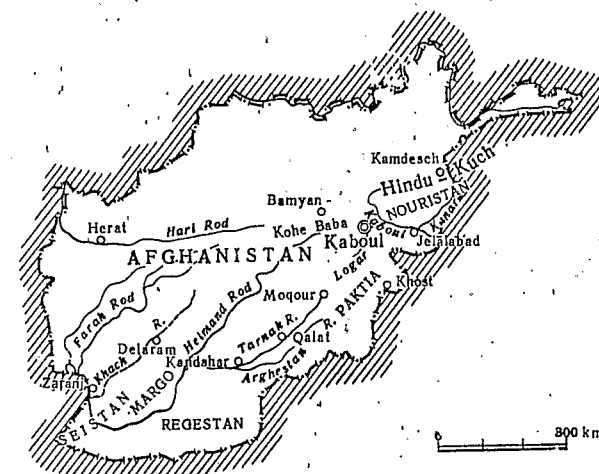


Fig. 1. Carte générale de situation