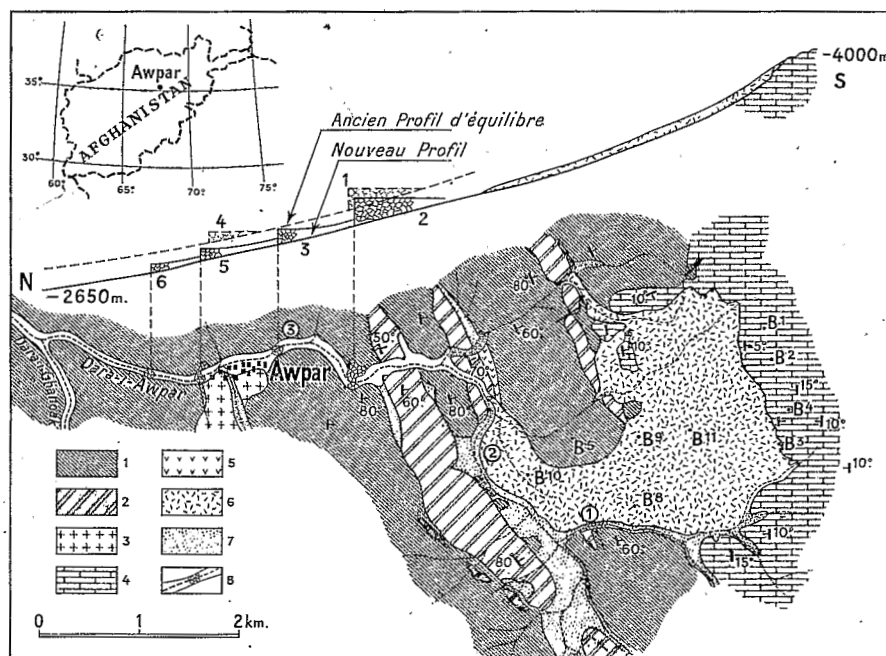


GÉOLOGIE. PÉDOLOGIE. — *Signification géologique, pédologique et paléoclimatique des travertins d'Awpar (vallée de Ghandak, Afghanistan central). Note (*)*
de MM. Emmanuel Bouyx et Jean Pias, transmise par M. Albert F. de Lapparent.

La datation par le carbone 14 de deux séries de barrages de travertins, découverts dans la vallée d'Awpar, permet de placer leur formation en période de préglaciation Würm pour la première (> 40 000 à $24\,750 \pm 700$ ans BP), en phase de déglaciation pour la seconde ($14\,230 \pm 190$ à $11\,670 \pm 165$ ans BP). Leur dépôt résulterait de la « fonte » des marnes et calcaires crétacés du haut bassin de la rivière.

En Afghanistan central, où de nombreuses formations de travertins ont déjà été signalées ⁽¹⁾, les barrages récemment découverts dans la vallée d'Awpar présentent un intérêt particulier. La rivière d'Awpar prend naissance vers 4 000-4 200 m dans un massif situé entre les vallées de Bamyan et de Ghandak (Hindou Kouch occidental). Cette région est constituée ⁽²⁾ par des formations anciennes très redressées, recouvertes en discordance par le Crétacé supérieur dont les couches subhorizontales forment de puissantes falaises sur les sommets. Le climat de cette région continentale est de type méditerranéen avec des pluies d'hiver et de printemps,



Les travertins d'Awpar et leur contexte géologique : 1. Formations anciennes ; 2. Calcaires anté-crétacés compris dans ces formations ; 3. Granite d'Awpar ; 4. Crétacé supérieur ; 5. Rhyolite ; 6. Produits de colluvionnement du Crétacé ; 7. Eboulis ; 8. La rivière d'Awpar, ses alluvions et les barrages de travertins ; B I..., profils pédologiques ; ①....., points de prélèvements d'eau.

tombant en altitude sous forme de neige ⁽³⁾. La végétation est représentée par une strate herbacée très clairsemée, de 10 à 20 cm de hauteur, composée de *Cousinia* associé à quelques graminées qui forment des tapis ras près des sources.

Nous distinguerons successivement le haut bassin et les cours moyen et inférieur.

18 FEV. 1972
O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
n° 5237 Pado

LE HAUT BASSIN. — Il est situé dans les marnes, calcaires marneux et calcaires massifs du Crétacé, ainsi que dans les formations anciennes (schistes, grès, quartzites, etc.), en partie masquées par des produits de colluvionnement du Crétacé qui encombrant une surface non négligeable du bassin de réception.

Ces différentes roches ont donné naissance, par évolution pédogénétique, à toute une série de sols de la classe calcomagnésique [(⁴), (⁵)]. Au pied de l'aplomb formant la ligne de crête, dans une niche de nivation en exposition Nord, où demeurent encore collés à la paroi en juillet des blocs de glace, s'observent des sols bruns calciques (pH 6,7 à 8,2), riches en carbone en surface (11,3 %), présentant relativement peu de CaCO₃ total (0,5 à 6 %, profil B 3). Ces sols font place, en contrebas, à des sols bruns calcaires modaux, riches en CaCO₃ à accumulation diffuse (13,4 à 16,3 %, profil B 11), ou à encroûtement calcaire à horizon B_{Ca} épais de 30 à 40 cm (CaCO₃ : 85,7 à 69 %, profils B 8-B 9) qui reposent sur des marnes hydromorphes ou sur des colluvions diversement caillouteuses de celles-ci. Ces sols sont situés sur pente plus ou moins accusée (10 à 30-40 %). Les sols en bordure des sources sont hydromorphes organiques, tourbeux sur 30 à 40 cm (carbone : 20,8 %, profil B 10), argileux à pseudo-gley en profondeur. Dans l'ensemble des profils, il y a relativement peu d'éléments supérieurs à 2 mm. Il s'agit toujours de calcaire blanc, tendre, subanguleux à arrondi. En d'autres points ont également été observés, mais plus rarement, des sols peu évolués à permagel (cryosols à petits réseaux polygonaux ou réticulés sur pente, de 10 à 20 cm de diamètre, marqués par des fentes de 5 cm de profondeur). Ils sont recouverts d'un abondant cailloutis calcaire de 1 à 2 cm, qui souligne parfois les fentes de retrait du réseau où il est alors le plus abondant. Ils ont été vus surtout sur la ligne de crête (profils B 1-B 2-B 4). Sur des affleurements de schistes verdâtres limitant le haut bassin vers l'Est, se développent des sols bruns acides (profil B 5) de la classe des sols brunifiés.

LES COURS MOYEN ET INFÉRIEUR. — Vers l'altitude de 3 200 m, la rivière pénètre dans un étroit défilé qui la conduit en 3 à 4 km, par un cours torrentueux, dans la vallée de Ghandak, à une altitude de 2 500 m. En amont, la rivière recoupe des barres calcaires anté-crétacées à fort pendage sud, tandis qu'au village d'Awpar, elle coupe à l'Est un petit massif granitique. Une succession de barrages en travertin s'observe dans l'étroite vallée entre 3 000 et 2 600 m.

Deux séries de barrages se sont édifiées dans le temps. Les plus anciens, qui correspondent à un ancien profil d'équilibre, ont été démantelés lors d'un recreusement postérieur de la vallée. Une deuxième série de barrages s'est édifiée sur le nouveau profil d'équilibre établi. Certains sont encore partiellement fonctionnels, bien que plus ou moins fracturés dans leur partie supérieure. Les eaux s'infiltrent alors dans la masse du barrage par des chenaux pour ressortir en cascades en contrebas. Nous distinguerons les barrages de l'ancien, puis ceux du nouveau profil d'équilibre.

Ancien profil d'équilibre. — Barrage 1 : Situé à l'entrée des gorges, on l'observe en lambeaux sur le versant oriental, sur une hauteur d'une centaine de mètres.

Barrage 4 : Ses vestiges font une trentaine de mètres de haut. Il surplombe le cours actuel de 40 m. Sa base est marquée par des galets roulés de l'ancien lit, au-dessus desquels s'observent des sables beiges ou gris noirs cimentés par le calcaire, eux-mêmes recouverts par plusieurs strates de calcite rubannée, précédant le travertin classique qui occupe la plus grande épaisseur.

Nouveau profil d'équilibre. — *Barrage 2* : Accolé au barrage 1 qui le domine de 20 à 25 m, il atteint, comme celui-ci, une centaine de mètres. C'est le plus important de tous les nouveaux barrages.

— *Barrage 3* : S'élève à une soixantaine de mètres au-dessus du lit actuel.

— *Barrage 5* : Situé presque à l'aplomb du quatrième barrage, il a une hauteur de 20 à 25 m.

— *Barrage 6* : Sa hauteur est équivalente à celle du précédent.

On remarque en outre, à quelques centaines de mètres de la vallée de Ghandak, les restes d'un septième barrage accolés à la paroi du ravin.

Les travertins sont essentiellement constitués de calcite (CaCO_3 : 85 à 95 % ; fraction colloïdale : illite dominante, chlorite et kaolinite moindres, montmorillonite en plus faible quantité). Ils sont friables, légers, caverneux, de couleur claire, brun très pâle (10 YR 8/3 « Munsell soil color charts »). De très nombreuses empreintes de feuilles correspondant en grande majorité à des feuillages de Salicacées voisins de ceux des espèces qui poussent actuellement en bordure du cours d'eau, sont visibles, ainsi que des empreintes de mousses. Ces travertins sont perforés de canaux de différents calibres, tapissés de recristallisations de calcite.

Entre chacun des barrages, le torrent cascade sur un lit caillouteux parsemé de gros blocs rocheux. Il court dans des travertins épais de 3 à 4 m. Dans les endroits où la vallée s'élargit, une terrasse en sol peu évolué alluvial ou colluvial se superpose au travertin et porte les cultures. Sur les bords du cours d'eau, en eaux calmes, se déposent actuellement des boues calcaires (CaCO_3 : 71,7 % ; fraction colloïdale : illite dominante, chlorite et kaolinite moindres).

La quantité de gaz carbonique contenue dans ces eaux est faible et entièrement engagée à l'état de bicarbonates (environ 2 me/l). La charge alcaline de ces eaux est quasi saturée (pH 8,2). Il suffit donc, dans le cas présent, d'une faible perte de CO_2 pour provoquer la précipitation des carbonates de chaux, que nous retrouvons sous forme de boues citées précédemment.

DATATIONS ET INTERPRÉTATIONS. — Des datations isotopiques au carbone 14 sur les travertins de trois de ces barrages ont donné les résultats suivants ⁽⁶⁾ :

— 4^e barrage (ancien profil d'équilibre) : base > 40 000 ans BP ; sommet 24 750 ± 700 ans BP.

— 5^e barrage (nouveau profil d'équilibre) : base 14 230 ± 190 ans BP ; sommet 11 670 ± 165 ans BP.

— 3^e barrage (nouveau profil d'équilibre) : sommet : 11 840 ± 170 ans BP.

Ces datations, qui rappellent celles obtenues pour divers encroûtements et croûtes calcaires dans les sols d'autres régions d'Afghanistan [(7), (8)], indiquent que le dépôt de ces travertins se serait effectué au cours de la dernière glaciation Würm, en prenant la chronologie alpine pour référence. Si l'on s'en tient à la théorie eustatique de l'abaissement du niveau des océans, qui place le maximum de cette dernière pulsation glaciaire vers 18 000 ans BP, ces dépôts de travertins se seraient faits en période de préglaciation pour la première série de barrages, lors de la déglaciation pour ceux de la seconde série. Il est permis de penser que la rupture totale

des barrages les plus anciens et le creusement de la vallée sont sans doute en liaison avec l'avancée d'une langue glaciaire dans la vallée elle-même. L'origine du carbonate de calcium du travertin est à rattacher aux formations géologiques du haut bassin, où dominent des marnes et calcaires marneux tendres qui ont subi un véritable phénomène de « fonte » lors de ces périodes marquées sans doute, pour la première, par de fortes précipitations sous forme de neige, pour la seconde par la fusion des neiges et des glaces accumulées au maximum de la glaciation. Si les sols que nous avons décrits ne paraissent pas tous contemporains de cette période, mais plus récents, du fait de phénomènes postérieurs d'érosion ou de coulées de solifluxion en phase de déglaciation, l'exemple du profil B 3 (sol brun calcique dans une niche de nivation) donne une idée de l'ampleur qu'a pu avoir cette « fonte » des calcaires, lors de la déglaciation notamment.

Le processus de « fonte » des calcaires, de transport et de dépôt des travertins semble d'ordre physico-chimique. Il est lié à la plus grande dissolution des carbonates au contact d'eaux très froides de fusion des glaces et des neiges très chargées en gaz carbonique, à l'inverse des eaux actuelles. L'agitation des eaux et leur réchauffement progressif lors de leur descente dans la vallée sont autant de facteurs favorables à la décharge en ce gaz, conduisant au dépôt des travertins.

Ceci n'exclut pas l'intervention complémentaire d'autres processus ⁽⁹⁾, comme celui de la fixation du gaz carbonique des eaux par des organismes végétaux (mousses, algues, etc.), entraînant la transformation et la précipitation des carbonates. Un tel phénomène semble bien se produire actuellement, notamment en bordure des rives du cours d'eau, où ces végétaux existent. Son rôle apparaît relativement réduit dans le dépôt des travertins, développés durant les périodes pré et postglaciaires au cours desquelles se sont édifiés les grands barrages.

(*) Séance du 29 novembre 1971.

(1) A. F. DE LAPPARENT, *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, 7, fasc. 5, 1966, p. 351.

(2) P. BORDET, E. BOUYX et A. F. DE LAPPARENT, *Comptes rendus*, 272, Série D, 1971, p. 783.

(3) La station météorologique la plus proche (Salang Nord) fournit les données suivantes : altitude 3 350 m ; pluviométrie 1 250,8 mm dont 931,1 mm de février à mai ; température moyenne mensuelle inférieure à 0° de novembre à avril avec minimums en décembre (— 8°2) et janvier (— 9°3), maximums en juin (6°7), juillet (8°9), août (7°8). P. LALANDE, *Travaux Labor. forestier Toulouse*, 5, 3, 1968, 17 pages.

(4) G. AUBERT, *Cahiers ORSTOM*, série Pédologie, 3, fasc. 3, 1965, p. 269.

(5) Travaux CPCS 1963-1967, Classification des sols, 1967, 87 pages.

(6) Datations effectuées par Teledyne Isotopes, New Jersey, USA.

(7) J. PIAS, *Comptes rendus*, 272, Série D, 1971, p. 1602.

(8) J. LANG et J. PIAS, *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, 1971 (sous presse).

(9) J. LANG et C. LUCAS, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 12, 1970 (sous presse).

« Mission Géologique en Afghanistan et Etudes Connexes »,
RCP n° 44 du CNRS ;
E. B., Laboratoire de Géologie Historique,
Université Scientifique Paris-VI, 9, quai Saint-Bernard, 75-Paris, 5° ;
J. P., ORSTOM-SSC, 70-74, route d'Aulnay,
93-Bondy, Seine-Saint-Denis.