

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 70 (1968-1970)
Heft: 326

Artikel: Remarques sur la morphologie du plateau du Colorado
Autor: Badoux, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-276246>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Remarques sur la morphologie du plateau du Colorado

PAR

H. BADOUX

Professeur de géologie à l'Université de Lausanne

Le plateau du Colorado couvre une surface de 40 000 km² à cheval sur le N de l'Arizona, le S de l'Utah et l'angle S du Nevada. Cette haute région, taillée dans un ensemble de couches horizontales, est un saillant de la plate-forme américaine encastré dans les chaînes de l'W. A vrai dire, la continuité entre le plateau et la plate-forme a été rompue au Tertiaire par le soulèvement d'un faisceau de plis de fond méridiens — les Montagnes Rocheuses.

Un gigantesque canyon partage le plateau d'E en W. Son exploration fut l'œuvre du major POWEL. En mai 1869, il entreprit la descente de la rivière à partir de Green City dans l'Utah. Avec ses neufs compagnons, il s'embarqua à bord de quatre petits canots à rames et disparut vers le S. Trois mois plus tard, il débouchait de la terrible gorge à la jonction du Colorado et de la Virgin River, point actuellement recouvert par les eaux de la retenue de l'Hoover Dam. En 1872, POWEL fit une seconde descente du Colorado pour compléter ses observations géologiques.

Devenu par la suite le premier directeur du Geological Survey, il poussa l'exploration de cette extraordinaire région. Le deuxième volume des *Monographs*, série qui devait s'appeler par la suite les *Professional papers*, lui est consacrée. Cette œuvre admirable, due à CLARENS D. DUTTON, est un des grands classiques de la géologie américaine.

Le voyageur, qui de l'Arizona monte vers le N, s'élève insensiblement par un plateau couvert de maigres pâturages et de forêts de pins. Brusquement, à l'altitude de 2500 m, il débouche sur le vide impressionnant de l'énorme vallée, qui mesure 400 km de long, 12 à 30 km de large avec une profondeur de 1700 m.

De quelques points, il apercevra dans le fond le ruban jaunâtre de la rivière, une veine liquide de 100 m de largeur par 10 m de profondeur. Elle semble si minuscule, comparée au canyon où elle coule, que beaucoup de visiteurs ont peine à croire qu'elle soit l'agent qui l'a creusé. Ils pensent plutôt à une cause tectonique, à une déchirure de l'écorce terrestre que la rivière aurait empruntée.

Le volume excavé est d'environ 10 000 km³, soit 25 000 milliards de tonnes de roche. Le débit solide du Colorado (argiles, sables, galets) est très variable, ce qui est la règle pour les cours d'eau des pays semi-désertiques. A la station de Bright Angel, on a mesuré en un seul jour de crue un débit solide de 33 millions de tonnes. En admettant qu'il soit en moyenne de 50 millions de tonnes par an, ce qui est certainement inférieur à la réalité, on voit qu'il aurait suffi de 500 000 ans pour creuser le canyon. Or, on sait que le creusement a débuté en gros il y a 20 millions d'années, époque à laquelle le plateau commence à se soulever. La rivière aurait donc pu, au rythme actuel, éroder quarante fois le volume du canyon. Cela peut sembler un résultat curieux ; en fait il n'en est rien, car ce n'est pas l'excavation du canyon qui est la grosse affaire, mais la dénudation des plateaux qui l'encadrent. En effet, par-dessus la dalle permienne qui forme la surface du plateau du Colorado, il y avait à l'origine 1000 à 1500 m de grès et de marnes secondaires et tertiaires.

Le canyon du Colorado offre le plus merveilleux des spectacles géologiques et morphologiques. Les assises superposées présentent chacune une couleur et un profil qui lui sont propres et que l'œil peut suivre dans le dédale des promontoires et de canyons latéraux. De bas en haut, on rencontre les formations suivantes :

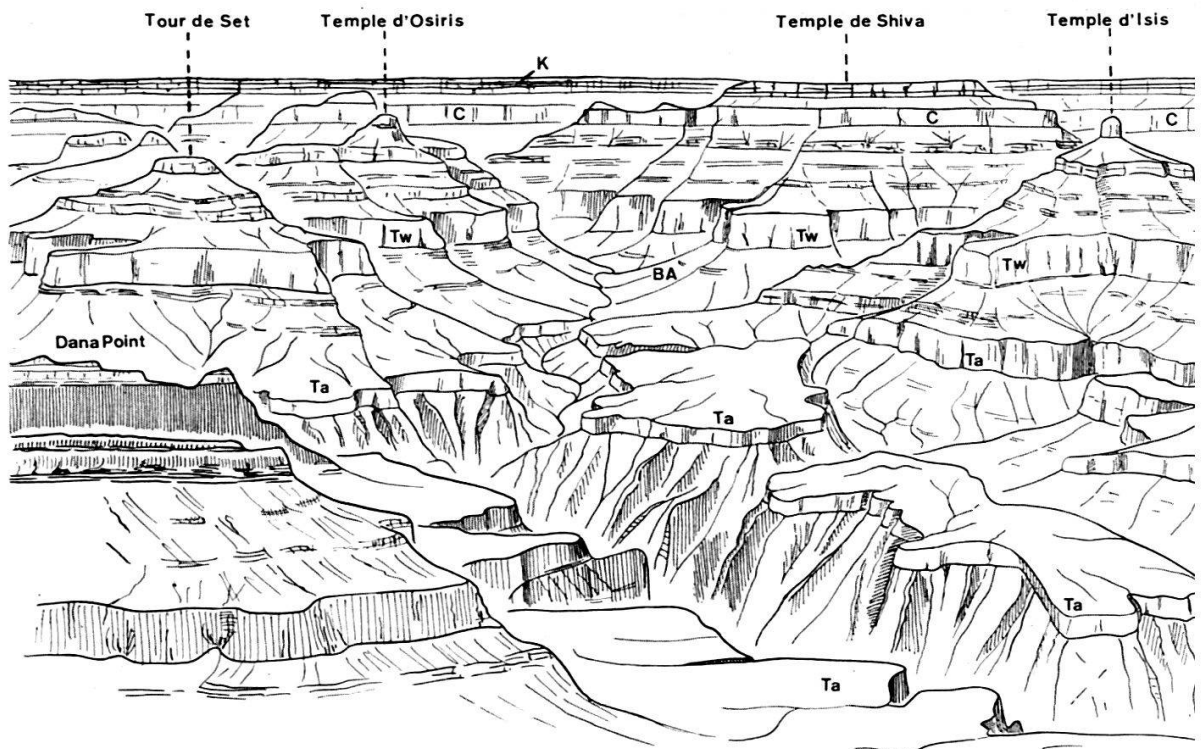


Fig. 1. — Le Canyon, vu de Yaki Point.

Le Précambrien

Vers l'W, la rivière a scié une gorge étroite dans des gneiss très redressés, recoupés par des granites intrusifs. C'est l'Archéen. Le Cambrien horizontal le recouvre en discordance (fig. 1).

Vers l'E, un groupe de 3000 m de couches variées, appartenant au Précambrien supérieur ou Algonkien s'intercale entre l'Archéen et le Cambrien. Ce groupe débute par des calcaires à stromatolithes (*Bass limestone*) qui reposent suivant une surface étonnamment plane sur l'Archéen vertical. Par-dessus viennent des marnes rouges, des grès et des niveaux volcaniques. Après son dépôt, l'Algonkien fut basculé et cassé par plusieurs systèmes de failles. Puis une nouvelle phase d'érosion prépara la surface sur laquelle va s'avancer la mer cambrienne. Mais contrairement à la précédente, c'est une surface irrégulière. On y observe, s'élevant de plus de 50 m au-dessus du niveau général, des inselbergs de granite ou de grès algonkiens que la base du Cambrien (*Tapeats sandstone*) n'a pas réussi à recouvrir (fig. 4).

La figure 2 montre ces deux discordances et une faille algonkienne.

Le Paléozoïque

Dès le Cambrien inférieur, la région du Colorado va s'enfoncer sous les eaux et recevra 1200 m de dépôts paléozoïques néritiques. En bref, la succession est la suivante (voir fig. 3).

Sur les *Grès de Tapeats* du Cambrien inférieur viennent les marnes vertes dites de *Bright Angel*. Elles donnent des pentes douces qui se relèvent vers le haut où elles sont coiffées par les grès et dolomies de la

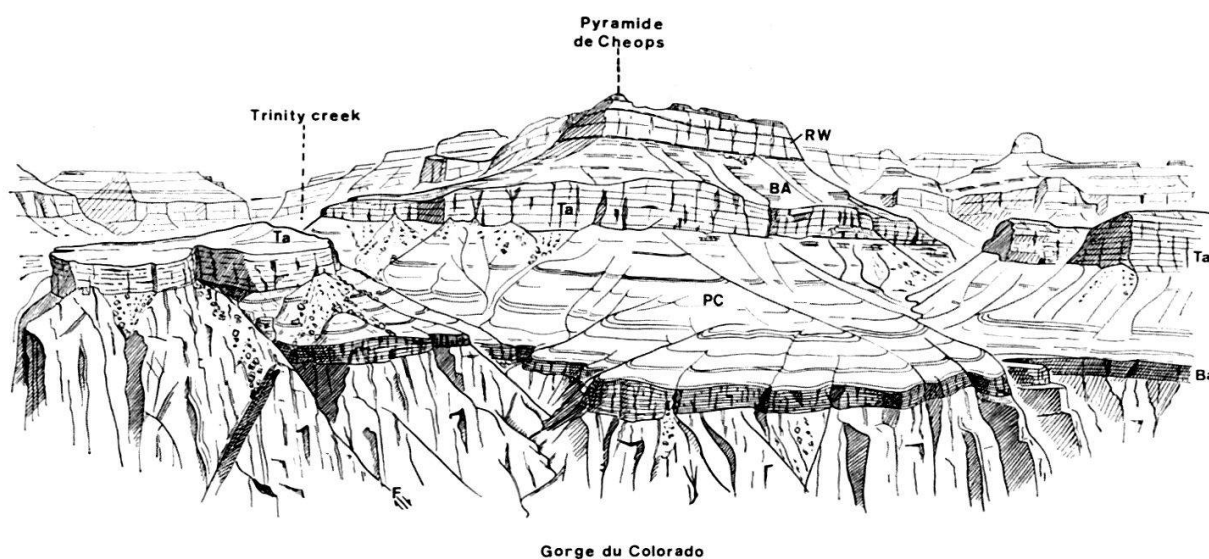


Fig. 2. — Les deux transgressions.

formation de *Muav*. Bright Angel et Muav sont datés du Cambrien moyen par leur faune de trilobites.

Dès le Cambrien moyen et jusqu'au Carbonifère inférieur, la sédimentation devient sporadique. On ne connaît en effet ni Cambrien supérieur, ni Ordovicien et Silurien dans la région. Seul un peu de calcaire dévonien s'intercale par endroits entre le Cambrien et le Carbonifère inférieur ou Mississipien.

Ce dernier, appelé *Calcaire du Red Wall*, se marque partout par des parois verticales rouges, hautes de 150 m. C'est un calcaire néritique très fossilifère qui présente un mode d'érosion curieux. La paroi est en effet sculptée de hautes niches hémicylindriques, appelées par les Américains des alcôves. Elles sont dues à des effondrements massifs résultant du sous-cavage de la paroi par les eaux de ruissellement et d'infiltration.

Au-dessus, la pente s'adoucit dans les marnes rouges de *Supai* coupées de petits ressauts dus à des bancs de grès. Au sommet, un niveau de marnes pourpres (*Hermit shales*) détermine une vire. Ces couches datent du Carbonifère supérieur et du Permien.

Une paroi blanche, verticale, de 100 m de haut, les domine, c'est le *Grès de Coconino*. Ce grès à stratification entrecroisée est peu consolidé et parcouru de diaclases verticales. Il s'éboule suivant ces surfaces et la paroi conserve donc sa verticalité. Le phénomène des « alcôves » ne s'y observe pas.



Fig. 3. — Le flanc S du Grand Canyon (Colorado).

Enfin, après un terme de passage (*Toroweap*) donnant une zone de vires, s'élève la paroi très rapide du *Calcaire de Kaibad* du Permien supérieur qui forme le rebord et la surface des plateaux de Kaibad au N et de Coconino au S du Canyon.

Sur le Permien se déposèrent par la suite 1500 m au minimum de marnes et de grès mésozoïques et tertiaires dont nous nous occuperons plus tard, car ils n'affleurent pas sur le bord, ni aux environs immédiats du Canyon.

Tectonique et morphologie du Grand Canyon

Le soulèvement de la région du Colorado a débuté probablement à la fin du Miocène, soit il y a dix millions d'années. Durant ce mouvement, le plateau s'est clivé en grands panneaux méridiens, limités les uns des autres dans l'E par des failles et dans l'W par des flexures. La plus importante de ces dernières est celle de Kaibad, séparant les plateaux de Coconino et de Marble Canyon (fig. 6).

Le Colorado, dans la zone du Parc, décrit deux grandes boucles indépendantes de tous les éléments tectoniques, à l'exception de la flexure de Kaibad. La rivière existait donc avant le soulèvement du plateau et son tracé actuel est un héritage du passé. Cette antécédence est limitée au cours principal, les canyons latéraux, en revanche, suivent souvent les zones de failles qui recoupent le Paléozoïque.

Le soulèvement a été accompagné d'un léger mouvement de bascule. Le calcaire permien dit de Kaibad qui forme les plateaux est incliné

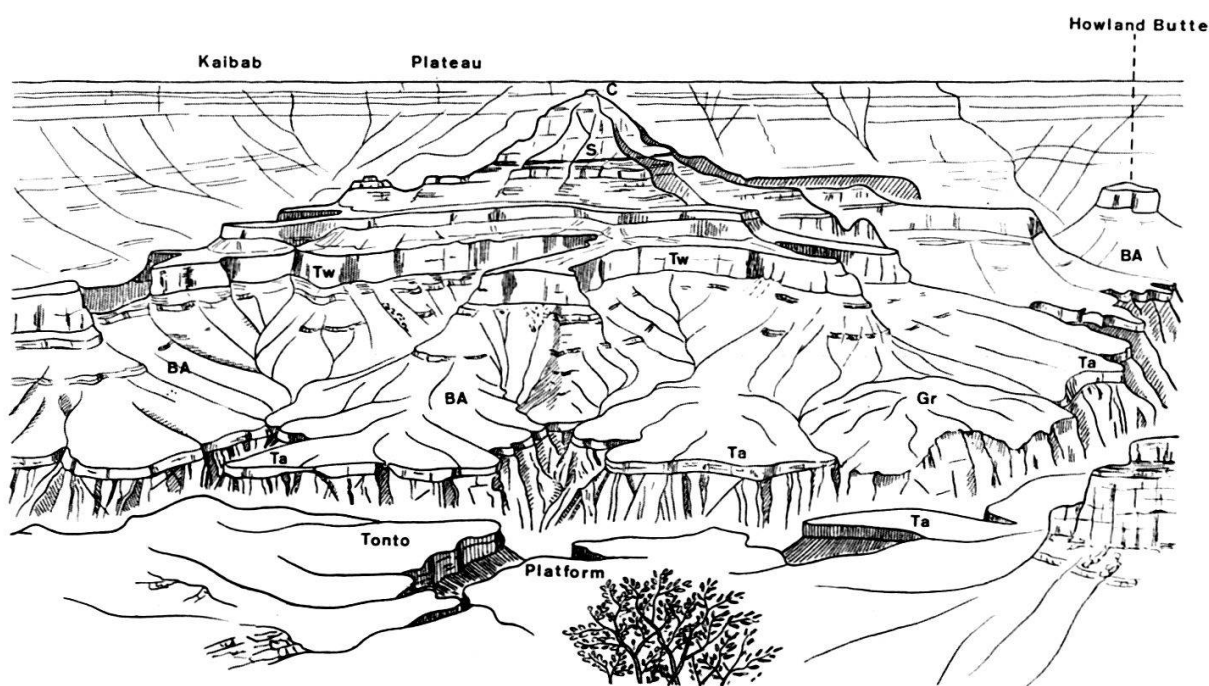


Fig. 4. — Le Temple de Zoroastre.

vers le S de 1 à 2°. Il en résulte que le bassin versant N du Canyon, soit le plateau de Kaibad, est beaucoup plus étendu que celui situé au S du Canyon, qui ne couvre qu'une étroite bande à la bordure N du plateau de Coconino. De ce fait le développement des canyons latéraux de la rive droite, qui drainent davantage l'eau, est plus rapide. Ils sont en moyenne deux à trois fois plus longs que ceux de la rive gauche.

Ainsi graduellement un réseau complexe a disséqué le plateau, y sculptant des promontoires, des pitons isolés souvent symétriques et dont la silhouette rappelle celle de temples orientaux, d'où les noms qui leur furent donnés.

Quand on examine les profils que l'érosion a taillés dans les 1200 m de couches primaires horizontales, on constate qu'ils sont partout identiques, quelle que soit leur distance à la rivière principale. Ils sont donc en équilibre. Cela signifie qu'en chaque point du profil l'érosion progresse à la même vitesse. Il va donc lentement s'éloigner du cours d'eau le plus proche tout en demeurant tout à fait parallèle à lui-même. C'est ce que schématise la figure n° 5. Le recul du profil est le fait de l'érosion régressive, sa constance est commandée par le toit résistant de *Kaibad limestone*. Deux groupes d'observations permettent de le démontrer.

a) La constance du profil résulte donc, pour nous, du fait que tous les horizons jusqu'aux grès géorgiens de Tapeats sont plus faciles à éroder que le calcaire permien de Kaibad. Le grès de Tapeats est plus résistant, surtout là où il est collé sur les gneiss et granites archéens. Son recul sera donc beaucoup plus lent que celui du reste de la falaise primaire. Les profils de la gorge interne (*Archeen-Tapeats*) et du Primaire s'éloignant l'un de l'autre, ainsi prend naissance la plate-forme de dénudation dite de Tonto.

b) Lorsqu'un « temple » a perdu sa protection de calcaire de Kaibad, c'est le cas par exemple de Zoroastre (fig. 4), sa topographie se modifie rapidement. L'horizon le plus résistant du profil devient le Calcaire mississippien du Red Wall. Les pentes taillées dans les formations de Supai, de l'Hermite et de Coconino reculent rapidement et une plate-forme de dénudation commence à se marquer sur les promontoires du Red Wall limestone. Sur la même figure, on observe un cas plus avancé de ce phénomène, celui de Howland Butte, où toutes traces de Supai ont disparu.

Naissance d'un canyon

Le bord oriental du plateau de Coconino est déterminé par une flexure méridienne. La dalle calcaire qui forme le plateau s'infléchit brusquement vers l'E, puis reprend son horizontalité — c'est le plateau de Marble où la Little Colorado River a tranché un canyon profond et

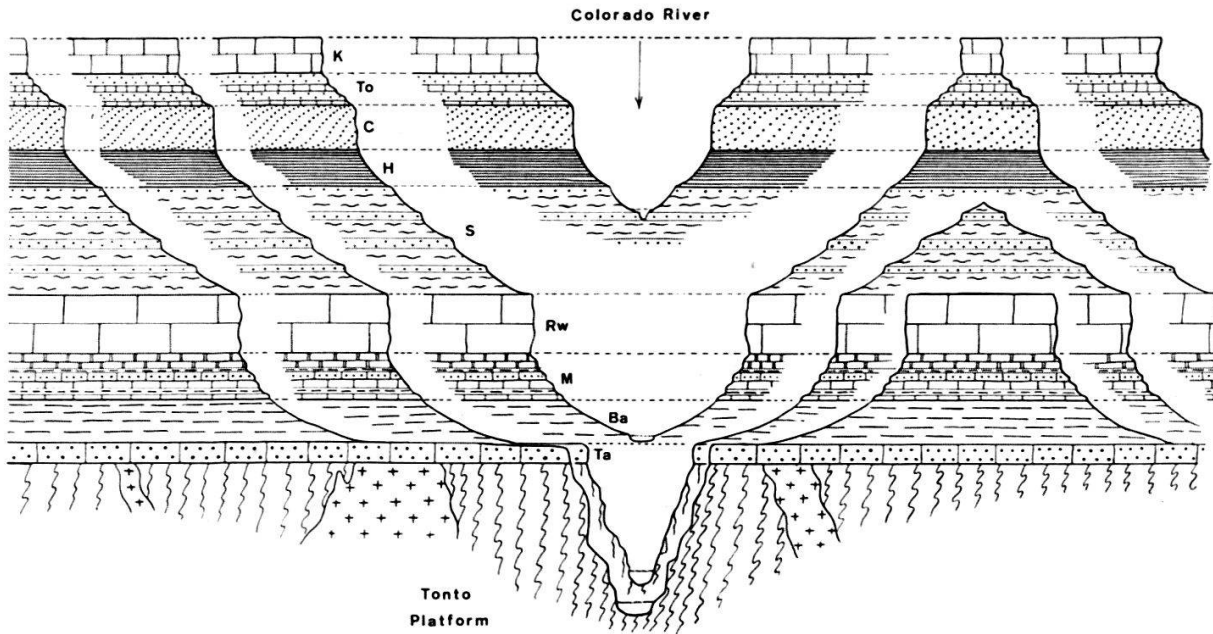


Fig. 5. — Evolution du Canyon du Colorado.



Fig. 6. — Le Canyon de la Little Colorado River.

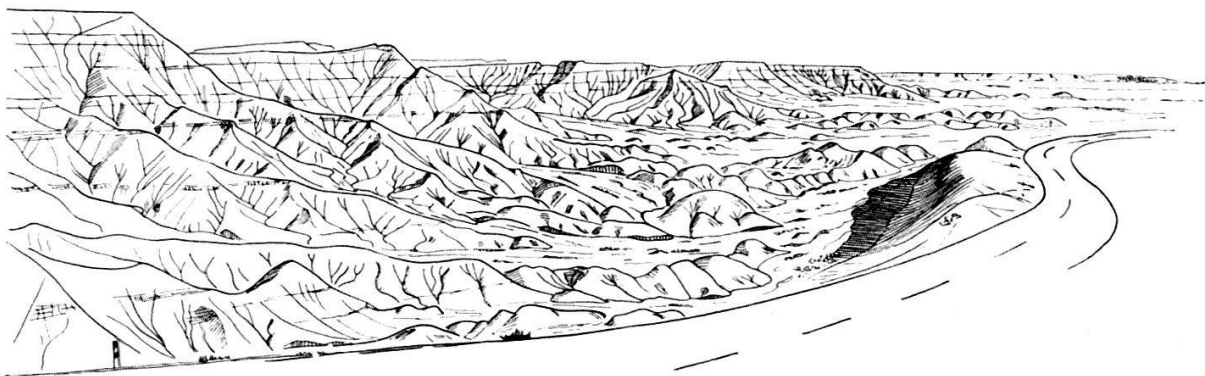


Fig. 7. — La falaise de Moenkopi, vue de la route de Tuba City.

étroit. Au loin, plus à l'E, se distinguent les falaises rouges et blanches du Mésozoïque. Tel est le spectacle (fig. 6) qui s'offre au voyageur se rendant par la route du Parc à Cameron.

L'étude du canyon et de ses bras latéraux montre clairement que l'attaque de la dalle calcaire, débarrassée de sa couverture, a été strictement contrôlée par la tectonique, non par d'importants accidents, mais par le réseau des diaclases. Le cours résultant est fait de segments rectilignes avec de brusques volte-faces lorsqu'il passe d'une diaclase à l'autre. Cela se voit très bien aux têtes des canyons ; mais, même où ils sont plus larges, ils gardent un tracé anguleux caractéristique.

Il n'y a pas d'antécédence dans ce cas, le canyon du Petit Colorado s'est donc creusé après la dénudation de la plate-forme de Marble.

Les falaises mésozoïques et tertiaires

Le Plateau a été presque intégralement débarrassé de sa couverture mésozoïque et tertiaire. Pour la retrouver, il faut parcourir vers l'E ou le N, 80 à 150 km depuis le centre de la région. Là, elle détermine trois falaises étagées qui sont les contremarches d'un gigantesque escalier dont les marches mesurent plusieurs kilomètres de large.

La première, appelée la « falaise vermillon », intéresse les terrains triasiques et la base du Jurassique. En fait cette falaise rouge est coupée en deux par un palier intermédiaire dû à la présence d'un grès conglomératique à bois silicifiés. C'est ce niveau appelé *Shinarump* qui contient la plupart des gisements d'uranium de la région.

Sous ce conglomérat, la pente est taillée dans les marnes gypseuses et les grès tendres de la formation de *Moenkopi* (Trias inférieur).

Par-dessus, viennent les marnes et grès rouges de la formation de *Chinle* (Trias supérieur), que coiffent les *Grès blancs de Wingate*, base du Jurassique et rebord de la falaise.

La seconde falaise est blanche, c'est la *White cliff*. Elle est déterminée par les grès éoliens, mal cimentés, de *Navajo*, qui datent du Jurassique.

La troisième falaise comprend le Crétacé supérieur et le Tertiaire. Elle est moins pentée que les précédentes. Sa base crétacique est sombre, son sommet fait de sables lacustres de la formation de *Wasatch* est rose, d'où le nom donné à ce troisième ressaut — la *Pink cliff*.

Notre but n'est pas de les décrire toutes, mais de tirer de l'étude de l'une d'elles quelques conclusions quant à sa formation et son évolution morphologique.

Le paysage représenté à la figure 6 est visible de la route reliant Cameron à Tuba City dans la réserve des Navajos. C'est la base de la *Vermillon cliff* : pente de marnes et sables bigarrés de *Moenkopi*, plateau sommital de grès conglomératiques du *Shinarump*. Elle montre comment l'érosion burine la face de la falaise. Vers le haut vient une première

zone peu disséquée par le ruissellement en nappe. Au-dessous les eaux se réunissent et sculptent des « bad lands ». Les petits ravins bien incisés sont séparés par des crêtes tranchantes. Plus bas, les cours encombrés de limons s'élargissent, les crêtes s'amenuisent et s'arrondissent. Finalement il ne reste que quelques monticules isolés en dômes surbaissés. Le ruissellement finit par les dissiper, et il ne reste plus que la dalle permienne, vaste plateau de dénudation qu'entaille la Little Colorado River.

Le profil de cette falaise est d'une constance remarquable, quelle que soit sa distance au canyon qui fait fonction de niveau de base. Cela signifie qu'il a atteint son équilibre. La falaise recule ainsi toujours parallèle à elle-même sans atténuation de sa pente.

La vitesse de recul d'une falaise est fonction de la résistance à l'érosion du niveau dur qui la coiffe. Dans le cas des falaises mésozoïques et tertiaires, la résistance des niveaux sommitaux décroît du bas vers le haut. Les falaises supérieures se déplacent plus vite que les inférieures et les marches qui les séparent s'élargissent avec le temps. C'est ce que représente schématiquement la figure 8. Elle suppose que le soulèvement du plateau s'est fait rapidement ou à une vitesse constante. Il est probable que cela n'est pas exact. DUTTON et DAVIES pensaient que la montée s'était faite en deux temps séparés par une période de stabilité. Mais MAXSON par exemple, dans la notice de la carte géologique du « Bright Angel quadrangle » (1961), ne mentionne qu'un soulèvement. La figure 8 ne représente donc qu'une première approximation ; mais le

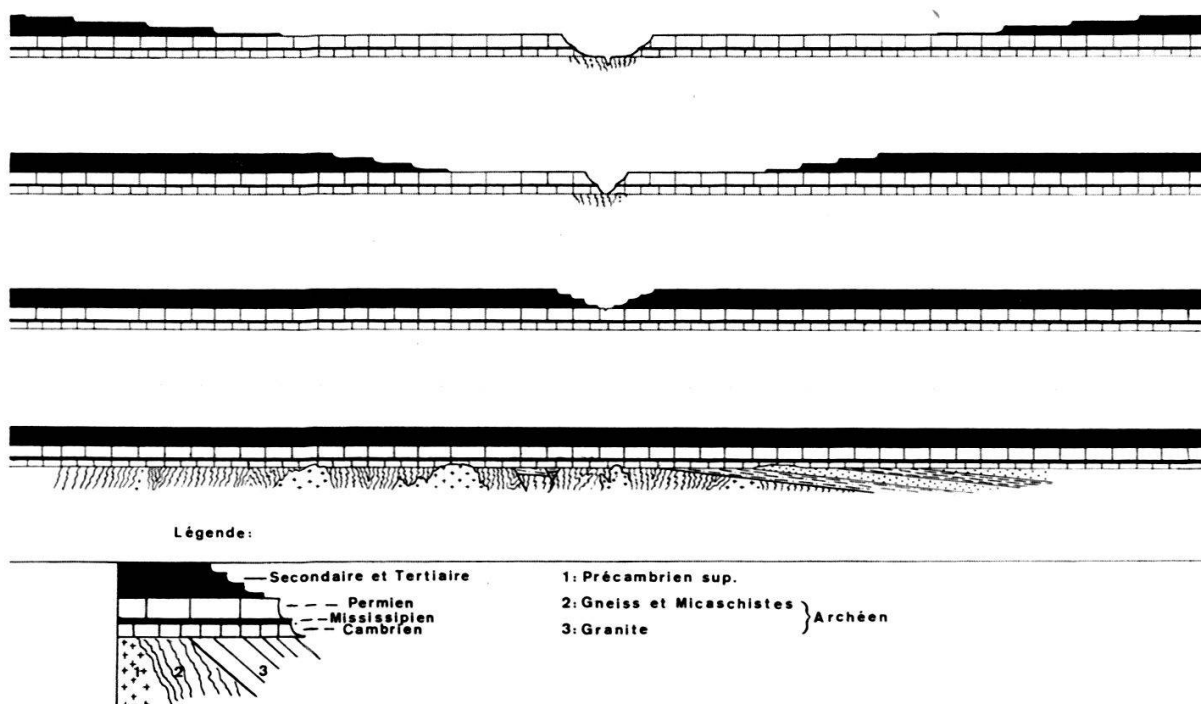


Fig. 8. — Evolution du plateau du Colorado.

principe de l'évolution morphologique qui s'en dégage est correct. Il montre qu'en pays tabulaire sous climat subdésertique, l'évolution ne se fait pas par diminution des pentes vers une pénéplaine, mais vers une plate-forme de dénudation qui est une forme des pédiplaines de L. C. KING.

OUVRAGES CITÉS

1. DARTON, N. H. 1966. — Story of the Grand Canyon of Arizona. How it was made. Fred Harvey, 37^e édition.
2. DAVIS, W. M. 1901. — An excursion to the Grand Canyon of the Colorado. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard.* 38. *Geol. ser.* 5, No. 4.
3. DUTTON, C. E. 1882. — Tertiary history of the Grand Canyon District, with Atlas. *Monogr.* II, *U. S. Geol. Surv.*
4. MAXSON, J. H. 1961. — Geologic history of the Bright Angel quadrangle with map at 1 : 48 000.
5. POWEL, J. W. 1875. — Exploration of the Colorado river of the West... Washington 1875.

Manuscrit reçu le 15 novembre 1967.