

## La notion de pénéplaine à la lumière d'une stratigraphie paléoclimatique du Quaternaire intertropical africain et des cuirasses latéritiques\*

por G. SERET - Université de Louvain

Institut géologique - B-1348 LOUVAIN-la-NEUVE. Belgique.

### LA NOTION CLASSIQUE DE PÉNÉPLAINE

La notion de pénéplaine, introduite par Davis à la fin du siècle dernier, définit l'étape ultime d'un cycle complet d'érosion. Elle désigne un aplanissement de très grande étendue, généralisé au point d'estomper dans le relief l'influence des différences lithologiques du substratum. Quelques rares reliefs résiduels peuvent néanmoins persister. Ce sont les «monadnocks», de dimensions souvent modestes, qui correspondent soit aux restes d'anciens interfluvés incomplètement aplanis — monadnocks d'éloignement du réseau hydrographique —, soit à des formations lithologiques particulièrement résistantes, de telle sorte que leur aplanissement n'a pu s'opérer — monadnock de résistance.

L'altitude des pénéplaines est contrôlée par la position du «niveau de base», en général le niveau de la mer, et par la pente longitudinale très faible des cours d'eau qui ont atteint leur «profil d'équilibre». Atteindre ce stade ultime d'un cycle d'érosion, ce «stade de sénilité», nécessite une très longue période de stabilité du niveau de base. L'absence de pénéplaine récente s'expliquerait d'ailleurs par les modifications pléistocènes incessantes du niveau de la mer, d'origine glacio-eustatique.

En Europe, les vestiges des pénéplaines les plus vastes sont rattachés au Permo-Carbonifère. C'est la pénéplaine dite «post-hercynienne».

### L'ASSOCIATION PÉNÉPLAINE - CUIRASSE LATÉRIQUE

En Afrique centrale, des surfaces d'aplanissement affectent de vastes étendues, nivelant assez indifféremment des massifs de lithologie variée. Le sud-Shaba en constitue un bon exemple: une surface d'érosion mollement ondulée nivèle de façon à peu près uniforme roches dures et roches tendres telles que granites, pegmatites, quartzites, schistes, calcaires. Son altitude moyenne est d'environ 1500 m; elle se situe donc très au-dessus du niveau de base marin. Néanmoins, elle présente tous les caractères d'une pénéplaine. Son relief

peut être qualifié de «sénile». Les pentes sont douces, de l'ordre du degré. Elles aboutissent à des dépressions amples, de quelques 5 à 10 m. de profondeur, en général mal drainées en saison des pluies.

Cette pénéplaine du Sud-Shaba est certainement d'âge assez récent, comme l'indique la discrétion des retouches postérieures à son élaboration. Les rivières qui l'incisent présentent un encaissement modéré qui semble se poursuivre de nos jours.

L'étude des cuirasses latéritiques associées à cette pénéplaine aide à préciser l'âge et les processus de l'aplanissement généralisé. Les cuirasses y occupent les dépressions amples, souvent mal drainées, entourées de versants en pente douce. Leur présence coïncide en général avec des extensions herbeuses pratiquement dépourvues d'essences arborescentes. Le sol qui recouvre les cuirasses est trop mince pour l'implantation d'une forêt.

L'examen sédimentologique de ce type de cuirasse latéritique indique qu'il s'agit d'un conglomérat dont l'élément graveleux est surtout constitué de grenailles ferriques légèrement arrondies, qui montrent en coupe des auréoles concentriques de concrétionnement partiellement érodées. Dans une moindre mesure s'observent aussi quelques galets de quartz et quelques débris d'une roche silicifiée, assez énigmatique, appelée dans la région «grès polymorphe». Le ciment du conglomérat est une argile limoneuse modérément indurée par l'oxyde de fer.

En coupe, les cuirasses latéritiques montrent une disposition lenticulaire entrecroisée, avec alternance de séquences plus fines et de séquences plus graveleuses. Leur épaisseur est de quelques mètres au centre des dépressions, et s'atténue si l'on se rapproche des versants, où les cuirasses font place à un matériel graveleux non induré, peu épais — quelques centimètres — appelé «stone line», de même composition qu'au sein du conglomérat: grenailles ferriques, quelques galets de quartz et de grès polymorphe.

Une telle disposition des éléments détritiques indique une sédimentation par le ruissellement aréolaire, processus efficace en milieu subdésertique à couvert végétal discontinu et précipitations rares mais brutales. L'eau ruissellait en de nombreux chenaux anastomosés, au tracé provisoire et instable, légèrement érosifs, de telle sorte que les versants

\* Conferencia inaugural de la IV Reunión del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario. Banyoles, septiembre de 1979.

étaient affectés petit à petit sur toute leur largeur. La tendance de ce ruissellement aréolaire est l'aplanissement généralisé. Les éléments les plus gros, surtout les grenailles ferriques, sont pris en charge et concentrés dans les chenaux anastomosés, où ils édifient un dallage qui s'étale sur tout le versant. Dans les fonds mal drainés, l'accumulation des grenailles s'opère progressivement, surtout si les rivières ne peuvent assurer la prise en charge de l'apport des versants.

Le ruissellement aréolaire de climat semi-désertique est l'agent de la mise en place d'une stone line sur les versants en pente douce de la pénélaine, dans les dépressions de laquelle quelques mètres de grenailles se sont accumulés.

#### APLANISSEMENT APRÈS ALTÉRATION DU SUBSTRATUM

Au Sud-Shaba, la base de la stone line montre une succession de petits chenaux concaves entrecroisés, sculptés dans le substratum. Le contact érosif est net. Le substratum n'a guère offert de résistance mécanique à cette érosion car une altération chimique préalable a fait perdre aux roches leur cohésion. Les structures sédimentaires principales, comme les joints de stratification, restent identifiables, de même que le réseau des diaclases et les traces du clivage schisteux. Mais toutes les roches sont ameublées et transformées en argile limoneuse. L'épaisseur du manteau d'altération atteint souvent plus de 10 mètres, voire parfois 50 mètres. Cette altération météorique de la roche s'est accompagnée du lessivage d'une part importante de cations tels que *K*, *Na*, *Ca*, *Mg*. Même *Si* a subi une mobilisation partielle. Le fer ferrique et l'alumine ont mieux résisté. L'intensité de cette agression chimique des roches, sur de telles épaisseurs, résulte d'une période à climat chaud et humide favorable à l'établissement d'une forêt ombrophile subéquatoriale, seule susceptible de libérer dans le sol les acides humiques nécessaires à l'altération.

La pénélaine du Sud-Shaba s'est donc établie dans une région qui a connu des alternances climatiques assez extrêmes, puisqu'à un épisode chaud et humide avec forêt équatoriale a fait suite une phase sub-désertique avec ruissellement aréolaire.

#### INDURATION DES GRENAILLES FERRIQUES ET ENCUIRASSEMENT

Sous le climat actuel de savane à forêt claire, les cours d'eau montrent une tendance générale à l'encaissement. Cette incision du réseau hydrographique provoque un rabattement progressif des nappes aquifères superficielles. La partie supérieure des horizons pédologiques rouges, d'illuviation, de type *B<sub>Fe</sub>*, échappe progressivement à l'oscillation saisonnière des nappes aquifères et se transforme ainsi en horizon d'éluviation de type *A<sub>2</sub>*. Par lessivage, la coloration rouge fait place à une teinte claire, jaunâtre, parsemée de taches de couleur rouille correspondant à des plages de concrétionnement ferrique. La zone affectée par le rabattement de la nappe aquifère se transforme ainsi en «horizon bariolé» par migration lente du fer ferrique. Les concrétions ferriques se consolident pendant la saison sèche, par élimination capillaire et évaporation d'une partie des eaux liées aux complexes adsorbants argilo-humiques intervenant dans la mobilisation du fer. L'horizon bariolé présente finalement les

caractères d'une roche meuble, claire, dans laquelle se sont établis des rognons centimétriques de concrétions ferriques très consolidés, de teinte rouge noirâtre.

Sous climat de savane, on assiste donc à la formation dans le sol de concrétions ferriques. Une teneur suffisante en acides humiques divers permet une certaine mobilisation du fer. Toutefois, une saison sèche annuelle de plusieurs mois freine cette migration du fer, le précipitant en limonite, qui va devenir d'autant plus stable qu'elle subira progressivement une déshydratation de plus en plus poussée. Pendant la saison des pluies, les eaux d'infiltration oblique convergent vers les dépressions mal drainées et y concentrent les éléments solubilisés et les colloïdes mobilisés. Lors de la saison sèche, ces matières transportées précipitent dans les pores des formations superficielles des zones marécageuses, leur conférant ainsi une cohésion qui transforme notamment les grenailles latéritiques en cuirasses.

#### LES CONDITIONS PALÉOCLIMATIQUES DE L'ENCUIRASSEMENT LATÉRIQUE

Une récapitulation schématique des conditions de l'élaboration d'une cuirasse latéritique implique la succession de quatre milieux paléoclimatiques bien distincts:

- 1.° Période à climat chaud et humide toute l'année, propice à une forêt de type équatorial, nécessaire à l'altération chimique intense et profonde du substratum. Ce dernier, sur plusieurs mètres, voire dizaines de mètres, est transformé en argile limoneuse.
- 2.° Climat de savane, avec alternance de saisons sèches et humides, responsable d'un encaissement des cours d'eau, d'un rabattement des nappes aquifères superficielles, et de l'établissement d'horizons pédologiques de type *A<sub>2</sub>*, dits «bariolés», à concrétions ferriques.
- 3.° Phase à climat subdésertique, avec dégradation du couvert végétal, ainsi devenu très discontinu. Les précipitations rares mais brutales déclenchent un ruissellement aréolaire érosif. L'effet de «splash» sur sol dénudé et sec accentue la prise en charge. Transformé antérieurement en argile limoneuse, le substratum est facilement érodé par ce ruissellement. Les concrétions ferriques sont délogées par l'érosion, prises en charge et modérément arrondies. Sur les versants, elles amorcent un dallage mince, la stone line, mais leur accumulation en lentilles entrecroisées peut atteindre quelques mètres dans les dépressions.
- 4.° A nouveau période à climat de savane, avec notamment dans les fonds, induration de l'accumulation de grenailles ferriques, ainsi transformées en cuirasses latéritiques.

#### LES CONDITIONS PALÉOCLIMATIQUES DE LA PÉNÉPLANATION

La phase de pénéplanation a trouvé sa place dans cette même succession paléoclimatique. Le ruissellement aréolaire subdésertique a été l'agent de l'aplanissement. L'extension spatiale considérable de cette érosion est à l'échelle de la dimension des régions qui ont connu l'alternance forêt équatoriale/semidésert. En effet, l'altération chimique de climat chaud et humide, qui a transformé le substratum en argile limoneuse, a préparé la pénéplanation. La phase érosive pu se déclencher ensuite, avec la désertification et la mise en oeuvre du ruissellement aréolaire.

On sait que la perfection de l'aplanissement dû à ce type de ruissellement est déterminée par la granulométrie des éléments transportés. L'argile limoneuse d'altération du Sud-Shaba a permis une pénéplation très poussée, aboutissant à des pentes très douces et à une surface d'ensemble mollement ondulée, nivelant indifféremment toutes les lithologies.

Si l'on se rapproche des régions plus tropicales, notamment de la Rhodésie du Sud, du Sud de l'Angola, de la Namibie et du Kalahari, on peut déceler une imperfection croissante de la pénéplation. La pente des surfaces aplanies s'accroît et leur extension respective diminue, pour petit à petit se limiter aux affleurements de roches mécaniquement tendres, comme les marnes et les schistes. La différenciation lithologique apparaît de plus en plus. On passe progressivement de la pénéplaine du Sud-Shaba aux pédiments des régions tropicales, trop éloignées de l'équateur pour avoir connu jadis l'emprise de la forêt ombrophile.

Les monadnocks de la pénéplaine du Sud-Shaba sont de deux types:

— *Monadnock de position*: il s'agit de collines correspondant à des secteurs épargnés par la phase d'altération chimique et que le ruissellement aréolaire n'a pu éroder.

On les observe surtout à proximité des cours d'eau principaux. Il semble, en effet, que cette proximité des cours d'eau ait protégé le substratum d'une altération trop intense lors de l'épisode climatique chaud et humide. Les exemples sont nombreux. Cette position des monadnocks au voisinage des rivières est contraire aux schémas classiques de Davis pour qui les monadnocks de position correspondaient aux vestiges des crêtes d'interfluve.

— *Monadnock de résistance*: Certaines roches sont particulièrement résistantes à l'altération chimique intertropicale. Ce sont notamment les roches composées essentiellement de silice, comme le quartz, les cherts, les silex, et de fer ferrique, comme l'hématite ou la goéthite.

A ce type de monadnocks appartiennent des replats sub-horizontaux perchés au-dessus de la pénéplaine, et constitués de cuirasses latéritiques anciennes. Ces cuirasses perchées sont en inversion de relief. Elles correspondent en effet à d'anciennes dépressions propices à l'accumulation des grenailles, par ruissellement aréolaire, sous climat subdésertique.

## CONCLUSION

La pénéplaine du Sud-Shaba résulte d'alternances climatiques survenues dans un ordre précis, responsables de la mise en oeuvre de processus morphogénétiques successifs. La même succession paléoclimatique est aussi responsable de la formation concomitante des cuirasses latéritiques.

Une première phase d'altération chimique intense ameublait le substratum sur une épaisseur de plusieurs mètres à plusieurs dizaines de mètres, le transformant en argile limoneuse. Le paysage est alors la forêt ombrophile de type équatorial.

Une deuxième phase est marquée par le passage à un climat de savane, avec alternance de saisons sèche et humide. Le rabattement des nappes aquifères superficielles et leur oscillation saisonnière favorisent la formation de concrétions ferriques dans le sol.

Une troisième phase à climat subdésertique, avec précipitations rares mais brutales, permet un aplanissement systématique des roches préalablement ameublées. Le processus responsable est le ruissellement aréolaire, dont la mise en oeuvre concentre en surface les concrétions ferriques du sol. Un dallage s'opère ainsi sur les pentes, c'est la «stone line», et les grenailles s'accumulent dans les fonds.

Le quatrième épisode est un retour aux conditions climatiques de la savane. L'alternance des saisons sèches et humides favorise une migration discrète du fer et, dans les fonds mal drainés, provoque l'encuirassement ferrique des grenailles accumulées.

Parmi les monadnocks, s'observent des cuirasses latéritiques perchées, donc portées en inversion de relief, qui révèlent que cette succession climatique s'est plusieurs fois reproduite antérieurement.

Au Sud-Shaba, l'âge de cette évolution est encore mal précisé. La phase d'altération couvre probablement une large portion de la seconde moitié du Cénozoïque. Les surfaces d'érosion les plus récentes sont vraisemblablement pléistocènes. En bref, l'aplanissement de la pénéplaine du Sud-Shaba s'est opéré en période de modifications fréquentes du climat, et de changements incessants du niveau de la mer par glacio-eustatisme.

En Europe, la pénéplaine post-hercynienne, Permo-Carbonifère, semble s'être édifiée elle aussi dans des conditions de crise climatique. D'amples glaciations circum-polaires caractérisaient l'Hémisphère Sud à cette époque. Le niveau général des océans a donc dû fluctuer en permanence par glacio-eustatisme. Or, les reconstitutions paléogéographiques situent l'Europe Permo-Carbonifère dans la zone intertropicale.

En bref, la pénéplaine subactuelle du Sud-Shaba serait avant tout le résultat des modifications paléoclimatiques de la fin du Cénozoïque. Les vestiges des pénéplaines post-hercyniennes d'Europe pourraient aussi résulter de modifications climatiques comparables au Permo-Carbonifère. De profondes racines d'altération très comparables caractérisent d'ailleurs les deux générations de pénéplaine.

## REMERCIEMENTS

Un subside du FNRS a contribué aux frais de nos missions en Afrique Intertropicale.

Notre collègue J. Alexandre nous a consacré de très nombreuses journées de terrain au Shaba, durant lesquelles il nous a fait part de ses travaux sur les cuirasses latéritiques, et dont les résultats sont brièvement repris dans cette note.

Recibido, 2 octubre, 1979