

La surface de piémont de Namibie *The Namibian piedmont surface*

Yannick Lageat*

Résumé

Sur la façade occidentale de l'Afrique australe, le Grand Escarpement, dont l'origine est incontestablement érosive, domine vigoureusement une vaste surface de piémont qui, sous une apparente uniformité, juxtapose deux unités morphologiques distinctes. La "Namib Unconformity Surface" est taillée dans des roches précambriennes et surmontée en discordance par une formation gréseuse, la "Tsondab Sandstone Formation", tandis que la "Tsondab Planation Surface" s'inscrit à la fois dans le socle et dans les arénites en fonction des irrégularités de la topographie qu'elles ont fossilisée. L'ultime réalisation de l'aplanissement de piémont est postérieure à cette formation gréseuse présumée azoïque à laquelle des sites fossilifères assignent désormais un âge compris entre 15 et 10 Ma. Depuis sa mise en place, le morcellement de l'escarpement par de profonds embayments, où s'enracinent d'épais cônes alluviaux, suggère un retrait minimal de 150 mm/ka dans un contexte de persistante aridité.

Mots clés : aplanissements, backwearing, vitesse de dénudation, Afrique australe, Namibie.

Abstract

The west-facing Great Escarpment of southern Africa is entirely denudational. It is preceded by a wide piedmont which, in spite of its apparent topographic uniformity, is composed of two distinct geomorphological units. The "Namib Unconformity Surface" is cut in Precambrian rocks and covered by the clastic "Tsondab Sandstone Formation", while the "Tsondab Planation Surface" cuts both the basement and the arenites depending on the unevenness of the topography that these clastic deposits have buried. The piedmont surface was generated after the clastic beds were laid down. Although initially believed to be azoic, recently discovered fossil-bearing sites have established that the formation is middle Miocene (10-15 Ma). Since this deposit was laid down, the development of embayments exhibiting thick alluvial fans suggest mean scarp recession rates of 150 mm/ka in a context of sustained aridity.

Key words: planation surfaces, backwearing, denudation rates, Southern Africa, Namibia.

Introduction

Le bouclier sud-africain se termine au-dessus des océans Indien et Atlantique par un escarpement liminaire de première grandeur, long de 3 500 km du Mozambique à l'Angola, qui ne concède aux bas-pays périphériques qu'une largeur moyenne de 240 km à l'est, 170 km au sud et 130 km à l'ouest. S'il compte parmi les plus beaux exemples mondiaux de bourrelets marginaux, ainsi que le reconnut O. Jessen (1943) dans la magistrale synthèse qu'il consacra aux *Randschwellen*, il s'en faut de beaucoup que le fonctionnement du "Grand Escarpement" ait été homogène. Le schéma très simplificateur, proposé par C.D. Ollier et M.E. Marker (1985), de la juxtaposition d'une *palaeoplain* culminante et d'une *coastal plain* périphérique, ne saurait s'appliquer qu'à sa section occidentale où, en Namibie centrale, à la hauteur du Tropique du Capricorne, la surface de piémont (selon une graphie préconisée par H. Baulig), apporte, grâce à la

simplicité de sa géométrie et à la datation des dépôts qui lui sont associés, l'exceptionnelle opportunité d'analyser les conditions morphotectoniques et paléoclimatiques qui ont concouru à son élaboration depuis la mise en place du bourrelet marginal.

La part des héritages anciens dans l'organisation générale du relief

Alors qu'à l'est de l'Afrique méridionale, la vigueur de la dénivellation est atténuée par un remarquable étagement de gradins, le Grand Escarpement occidental, quoique moins élevé, sépare vigoureusement les Hautes terres intérieures et les "bas-pays" occidentaux (fig. 1). Ces trois unités morphologiques s'ordonnent selon un tracé NNW-SSE, parallèle à la côte et recoupant les ensembles litho-stratigraphiques (van Zyl, 1992), et, de fait, aucun contrôle structural ne s'exerce sur l'abrupt d'érosion qu'est l'escarpement, comme

* Université de Bretagne Occidentale, UMR 6554-CNRS "Géolittomer-Brest", Institut Universitaire Européen de la Mer, Technopôle de Brest-Iroise, 29280 Plouzané. E-mail : yannick.lageat@univ-brest.fr

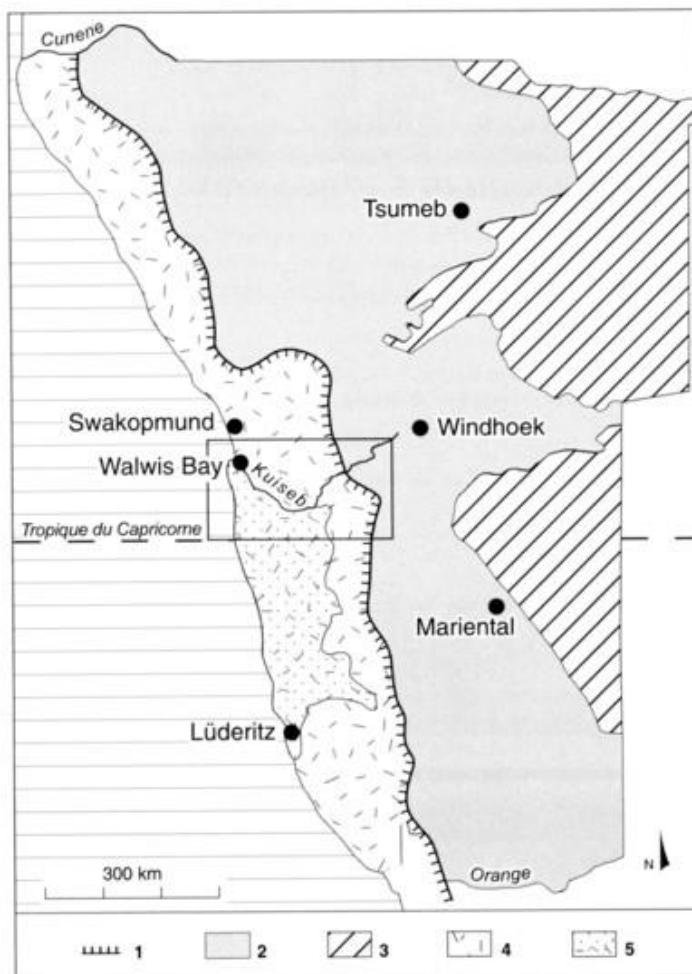


Fig. 1 – Les grandes divisions morphologiques de la Namibie. 1 : "Grand Escarpement" ; 2 : hautes terres ; 3 : bassin du Kalahari ; 4 : plaines côtières ; 5 : erg du Namib.

Fig. 1 – Major morphological regions of Namibia. 1: Great Escarpment; 2: highlands; 3: Kalahari basin; 4: coastal plains; 5: Namib sand sea.

l'avaient souligné G. Beaudet et P. Michel (1978) à l'issue d'une mission de reconnaissance géomorphologique : "La distribution géographique des affleurements du socle précambrien et de ses couvertures explique seulement quelques aspects locaux du relief, mais plus généralement les volumes topographiques principaux et les aires morphoclimatiques recoupent les unités lithostratigraphiques" (p. 9).

Ainsi, les Hautes Terres s'enlèvent brutalement au-dessus d'une vaste surface de piémont qui, selon un gradient moyen de 1%, s'abaisse régulièrement vers la mer depuis des altitudes proches de 1 200-1 100 m à son pied (photo 1). Ce plan incliné, qui s'impose à l'attention par sa rigidité, correspond à une large encoche cyclique d'érosion sculptée dans le jambage d'une paléosurface déformée par une ample flexure post-Karoo. Au sommet du talus d'une grande fraîcheur, culminant dans les Khomas Highlands, sont, en effet, conservés

des placages discordants, épais d'une dizaine de mètres, de la Formation gréseuse d'Etjo d'âge jurassique (Karoo supérieur) avec les deux buttes-témoins jumelles du Gamsberg (2 347 m) et du Klein Gamsberg (2 326 m).

Associé à une marge de divergence, le bourrelet marginal correspond à l'épaule d'un ancien rift continental né d'une distension crustale limitée et qui sera ultérieurement transformé en zone d'ouverture océanique. Il ne fait guère de doute que le recul de l'escarpement a été extrêmement rapide après le rifting de la marge vers 140 Ma, et la démonstration peut s'appuyer sur un faisceau d'arguments convergents.

Peut d'abord être sollicité le témoignage des sédiments détritiques de la marge continentale grâce à la très grande abondance des forages pétroliers réalisés *offshore* dans le bassin de Walvis, au large du Namib central : un vaste coussin de progradation d'une épaisseur de 4 km s'est mis en place de l'Albien au Maastrichtien (113-65 Ma), séparé par une nette discordance (la "South Atlantic Unconformity", ou "Atlantis II") des séquences sédimentaires syn-rift hachées de failles normales en régime d'extension. Fait remarquable : les apports propres du fleuve Orange ne se distinguent guère au sein de ce biseau détritique, corrélatif du façonnement du vaste aplanissement de piémont accompagnant le retrait du Grand Escarpement (Dingle, 1982).

La preuve de cette phase d'érosion accélérée au Crétacé supérieur est fournie par la thermochronologie (traces de fission sur apatites *in* Brown *et al.*, 1990). Dans une thèse inédite, R.W. Brown (1992) a montré que les échantillons prélevés le long de trois transects, du niveau de la mer jusqu'à 1 200 m

d'altitude, étaient demeurés à des températures inférieures à 60°C depuis 75 ± 5 Ma et avaient donc, dès cette date, été portés à l'affleurement.

Si la diminution ultérieure des taux de dénudation *onshore* se traduit à la fois dans les résultats des traces de fission et des taux de sédimentation *offshore*, il est un troisième argument, toutefois plus fragile, qui suggère un précoce façonnement de la surface de piémont : la présence dans son plan de placages sédimentaires dispersés depuis la région du Cap jusqu'en Angola, où les alluvions grossières de Giraul datées de l'Aptien-Albien (110-100 Ma) se sont accumulées sur une épaisseur maximale de 200 m, en avant de l'abrupt quartzitique de la Serra de Chela (Soares de Carvalho, 1961).

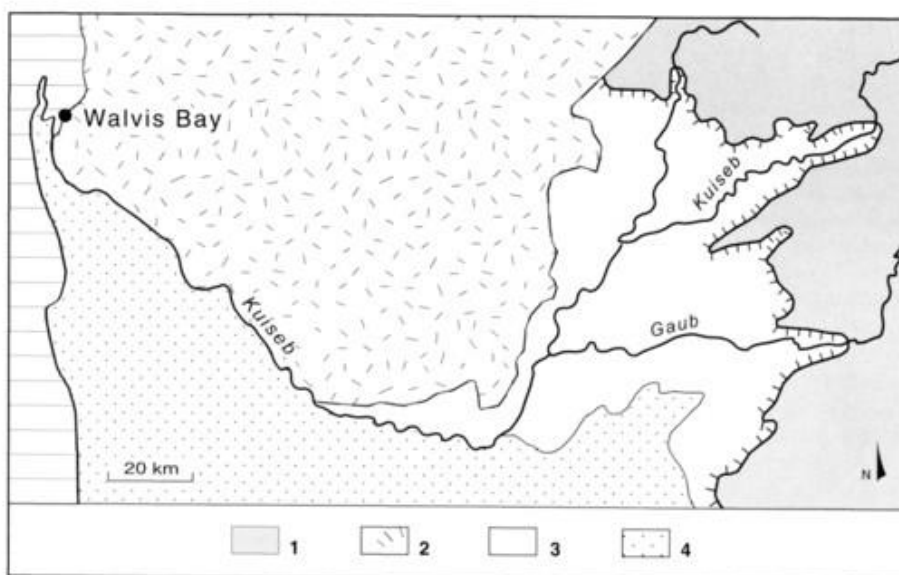
Quoi qu'il en soit de cette dernière attribution, qui demeure discutée, l'ère tertiaire paraît s'être caractérisée par une exceptionnelle atonie de l'érosion postérieurement au

Fig. 2
Croquis
géomorphologique
schématique du
Namib central.

- 1 : hautes terres
de Khomas ;
- 2 : piémont rocheux ;
- 3 : secteur de
dissection du
moyen Kuiseb
(gramadulla) ;
- 4 : erg.

Fig. 2
Geomorphological
sketch map of the
central Namib.

- 1: highlands;
- 2: rocky piedmont;
- 3: dissected area
along the middle
course of the
Kuiseb River
(gramadulla);
- 4: sand sea.



pic de dénudation de la fin du Mésozoïque, le bourrelet namibien se rangeant incontestablement dans la catégorie des "bourrelets à maturité évoluée" (Vanney, 1982). Est-ce à dire que son évolution géomorphologique s'est trouvée depuis lors figée ? Un débat persistant a opposé les tenants de deux modèles d'évolution ; les partisans du "Late Mesozoic-Cenozoic Model" (Ward *et al.*, 1983), placent la désertification du Namib au Crétacé (vers 80 Ma), tandis que les partisans du "Miocene Model" (Partridge et Maud, 1987) ne font guère remonter l'aridité au-delà du Miocène moyen (vers 15 Ma). Ces deux interprétations ne sont d'ailleurs pas irréconciliables du point de vue de leurs implications géomorphologiques.

Un jalon morphologique essentiel : la "tsondab sandstone formation"

Sous une apparente simplicité, le vaste plan incliné serait issu d'une histoire cénozoïque plus riche en événements qu'on ne le soupçonnait. On peut tenter de le montrer grâce aux informations apportées par la partie centrale du Namib, la plus accessible, au nord du contact entre l'erg, qui couvre 34 000 km² entre les 27° et 24°30'S, et la plaine rocheuse, limite matérialisée par la vallée du Kuiseb, cours temporaire originare des hautes terres (fig. 2).

Le reg se relève progressivement en direction de l'est jusqu'à ce que l'incision du Kuiseb et de ses affluents révèle



Photo 1
Le front du Grand Escarpement
(vue du SW).

Photo 1
The Great Escarpment front
(view from SW).

la juxtaposition de deux topographies distinctes que C.D. Ollier a distinguées et dénommées dans un article de 1977 (fig. 3) :

- la "Namib Unconformity Surface", d'autant plus lisible dans le paysage qu'elle tranche les schistes précambriens fortement redressés de la Séquence de Damara, mais qui est toutefois accidentée de quelques reliefs résiduels de résistance : inselbergs associés à des intrusions granitiques de Salem ou barres armées par des dykes de dolérite d'âge Karoo ;

- la "Tsondab Planation Surface", surface d'une grande perfection qui s'inscrit à la fois dans le socle et dans des grès rougeâtres en fonction des irrégularités de la topographie que ces sédiments discordants ont fossilisée, car il y a bien eu fossilisation de la "Namib Unconformity Surface" dans laquelle certains auteurs anglo-saxons ont indûment vu un exemple achevé d'*etchplain* dégagée d'un manteau d'altérites dont de rares vestiges encroûtés auraient été préservés sur un front de crypto-altération très largement révélé (Twidale, 1990).

Nous sommes ici d'évidence en présence de deux unités géomorphologiques distinctes séparées par une accumulation détritique susceptible d'éclairer le débat (photo 2) : il s'agit d'arénites dont les affleurements, d'une puissance moyenne d'une cinquantaine de mètres, mais que des sondages ont traversée sur 220 m d'épaisseur maximale. Ces dépôts, qui peuvent être jalonnés jusqu'à 1 000 m d'altitude, correspondent, pour l'essentiel, à des éolianites identifiées par J. Ward (1987) et H. Besler (1996) comme les vestiges d'un paléoeerg, plus largement étalé que l'erg actuel, et mis en place, sur la surface de piémont, dans un régime de vents dominants de secteur sud. Les sables, dont sont constituées ces dunes fossiles, sont constitués de 90% de grains de quartz, dont le mode - 125 à 250 μm - exprime la remarquable homogénéité. En raison de leur médiocre consolidation ultérieure par un ciment de carbonate de calcium, ces

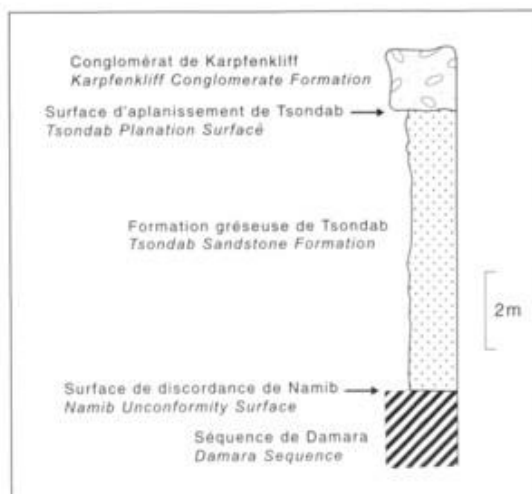


Fig. 3 – Séquence stratigraphique régionale du piémont namibien.

Fig. 3 – Regional stratigraphic sequence of the Namibian piedmont.

grès rouges friables sont découpés en grandes buttes tabulaires au sommet desquelles un encroûtement calcaire tient lieu de couche résistante.

Les terrains sédimentaires du "Tsondab Sandstone" étaient présumés azoïques jusqu'aux prospections menées depuis 1991 par une mission paléontologique franco-namibienne. La part d'indécision était telle jusqu'alors que C. D. Ollier (1977) les a corrélés, sur de simples analogies physionomiques, avec les horizons de base du Système du Kalahari datés du Crétacé inférieur, tandis que les tenants du "Miocene Model" leur accordaient un âge maximum de quelque 15 Ma.

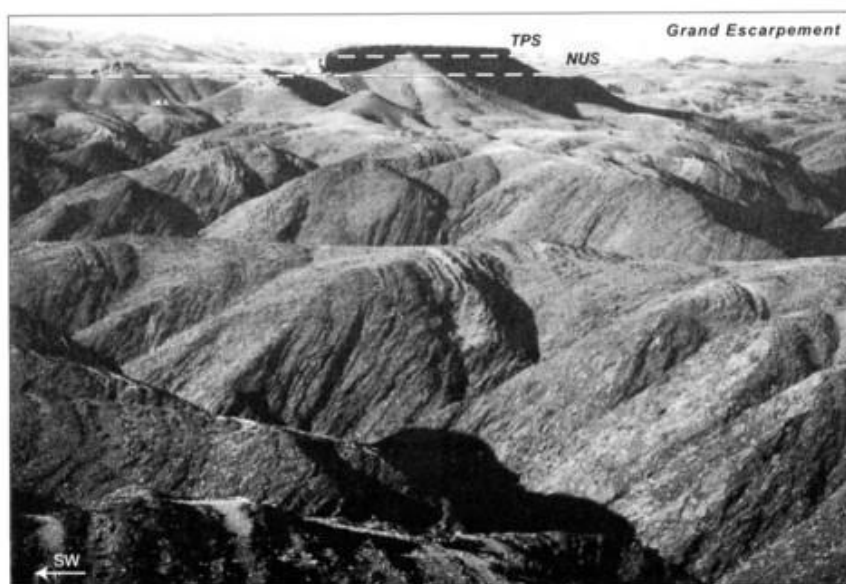


Photo 2 – Les deux topographies de piémont. NUS : Namib Unconformity Surface tranchant les schistes de Damara ; TPS : Tsondab Planation Surface surmontée par la Formation conglomératique de Karpfenkliff.

Photo 2 – The piedmont double topography. NUS: Namib Unconformity Surface resting on bevelled Damaran schists; TPS: Tsondab Planation Surface overlain by the Karpfenkliff Conglomerate Formation.

Les recherches menées par la "Namibia Paleontology Expedition" ont conduit à la découverte de nombreux sites fossilifères qui ont permis l'établissement de la première biostratigraphie du Néogène continental. Les éolianites ont livré de nombreux fragments de coquilles d'oeufs d'oiseaux appartenant à plusieurs genres de ratites géants, coquilles dont l'épaisseur et la structure diffèrent de celles de l'autruche actuelle, *Struthio camelus*. Ces fragments sont associés à des os et à des dents de micromammifères dont l'identification par P. Mein a permis de calibrer les échelles. Après avoir porté sur la *Sperrgebiet* (ou "zone interdite"), qui renferme le grand champ diamantifère de Namibie, les prospections se sont déplacées vers le centre de l'erg actuel où, dans la coupe-type d'Awasis d'une centaine de mètres d'épaisseur, ont été trouvés, pour la première fois, en superposition directe les différents types d'oeufs de type "aepyornithoïde" (Senut *et al.*, 1995) : *Diamantornis corbetti* d'âge miocène inférieur (15-14 Ma), *Diamantornis wardi* à la base du Miocène moyen (12-11 Ma), et *Diamantornis laini* du sommet du Miocène moyen ou de la base du Miocène supérieur (11-10 Ma).

Cette série compréhensive, qu'est la formation gréseuse de Tsondab, s'est donc mise en place dans des conditions hyperarides entre 15 et 10 Ma (avec un régime de pluies d'hiver), alors qu'une ambiance plus humide, à précipitations estivales, régnait au début du Miocène, entretenant une végétation de savane dont témoignent les ossements de crocodiles et tortues géantes. Force est de constater que les basses terres namibiennes n'ont pas échappé à une certaine variabilité climatique au cours du Cénozoïque, contrairement aux vues exprimées par les tenants du "Late Mesozoic-Cenozoic Model".

Si la plus grande incertitude a régné jusqu'à une date récente quant à l'âge du "Tsondab Sandstone", la réflexion s'enrichit désormais d'un jalon chronologique dont on n'avait pas encore tiré d'enseignements géomorphologiques. C'est d'abord l'âge récent de la "Tsondab Planation Surface" dont le façonnement est postérieur à la grésification des sables dunaires, mais l'aplanissement de piémont ne résulte toutefois pas d'une simple regradation d'une topographie initiale faiblement contrastée car elle s'est accompagnée d'un appréciable recul du front montagneux. Dans le plan de cette surface ont, en effet, transité des épandages détritiques de blocs et de galets fortement roulés que J. Ward (1987) a désignés sous le nom de "Karpfenkliff Conglomerate Formation", lui attribuant un âge miocène inférieur à moyen. Le nécessaire rajeunissement de ces dépôts détritiques, qui sont postérieurs au grès de Tsondab mais n'ont livré aucun fossile, bouscule singulièrement le calendrier morphologique du Néogène.

Le recul récent du grand escarpement : la réalité du backwearing

L'encaissement du Kuiseb et de ses affluents a ultérieurement déconnecté la surface de piémont du front montagneux dans un secteur, désigné sous le nom local de *gramadulla*, qui permet d'examiner la géométrie de la Formation de Karpfenkliff (fig. 4) : latéralement et sans rupture de pente, les amorces de vallées comblées d'alluvions grossières passent à de vastes éléments conservés de la surface de Tsondab ; longitudinalement, l'épaisseur (de 50 à 0,5 m) de ces épandages détritiques et la taille moyenne des galets (de 70 à 15 cm) diminuent du voisinage de l'escarpement jusqu'à

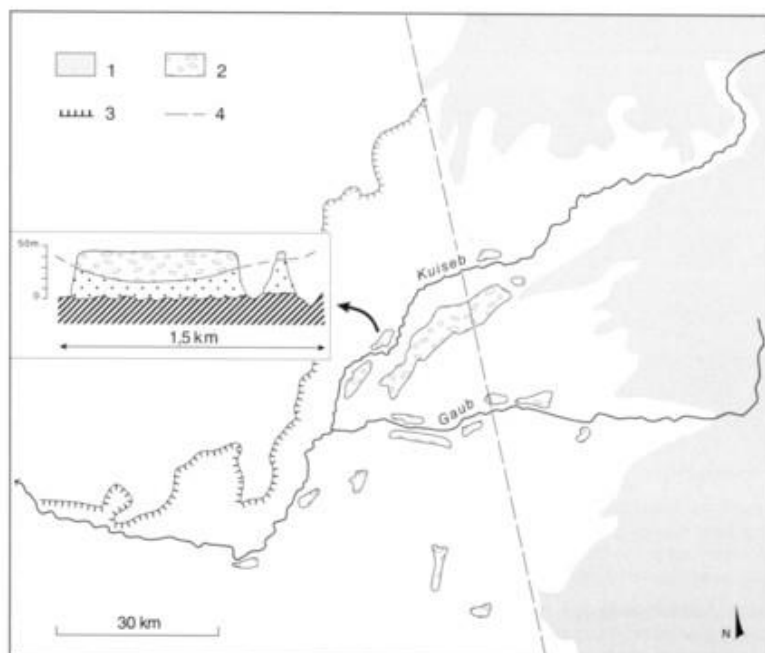


Fig. 4 – Secteur de dissection du moyen Kuiseb (*gramadulla*).

1 : hautes terres de Khomas ; 2 : buttes armées par le conglomérat de Karpfenkliff ; 3 : limite orientale de la surface de piémont ; 4 : limite orientale extrême de la Formation gréseuse de Tsondab. (le carton représente la localité éponyme de la Formation conglomératique de Karpfenkliff, d'après Ward, 1987).

Fig. 4 – Dissected area along the middle course of the Kuiseb River.

1: Khomas highlands; 2: buttes capped by the Karpfenkliff Conglomerate Formation; 3: eastern limit of the piedmont surface; 4: extreme eastern limit of the Tsondab Sandstone Formation (small sketch representing the type locality outcrop of the Karpfenkliff Conglomerate Formation, according to Ward, 1987).

une distance d'une centaine de kilomètres de la mer qu'ils ne semblent pas avoir atteinte.

J. Ward (1987), qui leur a consacré une analyse sédimentologique détaillée, s'est plus préoccupé du mode de mise en place - incontestablement fluviale - que de la signification génétique de ces dépôts, se contentant d'une simple allusion à leur logique de distribution : "La limite orientale du Conglomérat de Karpfenkliff se situe approximativement à la même longitude à la fois dans les vallées du Kuseib et du Gaub, ce qui suggère que l'Escarpement était moins disséqué et probablement localisé plus à l'ouest qu'à présent" (p. 17).

Nous sommes en désaccord avec cette interprétation que le seul volume des alluvions postérieures à la Formation de Karpfenkliff rend hautement improbable. Cette hypothèse repose sur une cartographie des seules buttes conglomératiques isolées par la dissection ultérieure du réseau hydrographique. Il est vrai, comme le montre le dessin du profil longitudinal actuel du Kuseib, que l'entaille est la plus profonde dans la section moyenne de son cours, où elle atteint 150 m, alors qu'elle s'atténue fortement vers l'amont au sein des rentrants du Grand Escarpement (fig. 5). C'est là que se localisent précisément les racines de ces puissantes constructions détritiques qui peuvent être assimilées à des "fanglomerates", c'est-à-dire à des cônes torrentiels dont l'aggradation serait corrélative du recul du front montagneux et dont l'étalement aurait été favorisé par le système de pentes hérité (photo 3).

L'importance des morsures d'érosion oblige à s'interroger sur le façonnement, incomplètement élucidé, des "embayments" qui s'insinuent dans le bloc montagneux et qui, confluent entre eux, morcellent les interfluves et en détachent des Inselbergs de position (par opposition aux reliefs résiduels de résistance qui sont exhumés de la couverture gréseuse du Tsondab). Dans le sens qu'a pris le mot "pédiment" en français, il s'agirait de formes d'ablation développées sur des roches mécaniquement dures à l'état frais, quoique G. Beaudet et R. Coque (1994) aient affirmé que "la pédimentation exige un ameublissement préalable d'un matériau rocheux cohérent" ou consiste "dans un simple remodelage par le ruissellement d'un substrat rocheux en voie d'ameublissement" (p. 233). Une préparation initiale ne peut guère être invoquée en Namibie où les sables du paléo-erg reposent sur un substratum métamorphique qui ne montre aucune racine d'altérite et où les constituants non-quartzeux (feldspaths et minéraux lourds) des

constructions dunaires n'ont subi aucune corrosion ultérieure. Un simple rôle de remodelage ne saurait donc être concédé aux processus d'érosion aréolaire dont les modalités sont toutefois loin d'être élucidées.

Force est donc d'invoquer le retrait d'une masse rocheuse homogène, mais on se trouve confronté au problème récurrent des processus responsables d'un tel recul. On sait que, depuis les hypothèses formulées par K. Bryan à propos du Grand Bassin (Baulig, 1948), on s'interroge sur le rôle qui doit être dévolu aux écoulements chargés du type *stream-flood* que la masse montagneuse nourrissait et dont les divagations, à la tête des cônes, pouvaient élargir les débouchés montagnards des vallées par corrosion latérale. Les caractéristiques sédimentologiques des sédiments indiquent qu'ils ont été mis en place par des écoulements de haute énergie dont témoigne la rapide acquisition d'un fort émousé par les galets qui portent par ailleurs des marques de percussion. Les cours d'eau issus des impluviums montagneux étaient capables d'acheminer des éléments d'un calibre supérieur à celui que transportent leurs héritiers, mais ils abandonnaient plus rapidement cette charge grossière. Par opposition au réseau hydrographique actuel, qui autorise leur transit sur de grandes distances, la rapide décroissance de la taille des matériaux clastiques suggère une chute brutale de compétence : elle peut être attribuée à une rupture de pente au débouché des vallées, responsable de l'étalement des écoulements concentrés. Si l'épaisseur et le calibre des éléments caillouteux de tels "fanglomerates" décroissent vers l'ouest, leurs équivalents distaux voient largement la "Tsondab Surface" dont l'aplanissement a pu être parachevé lors de la mise en place de ces épanages.

Un problème supplémentaire est posé par l'aptitude des versants à livrer des produits susceptibles d'être mobilisés par ces écoulements : si l'on peut soupçonner une intervention

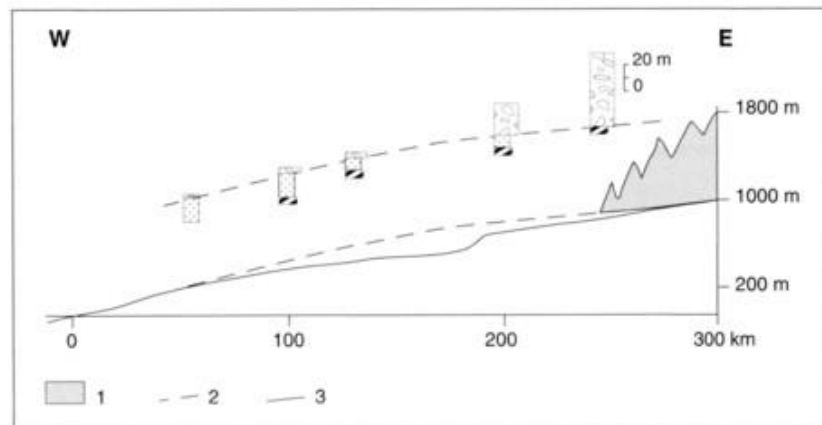


Fig. 5 – Profil ouest-est au travers du piémont namibien. 1 : hautes terres de Khomas ; 2 : déformation enregistrée par la Formation conglomératique de Karpfenkliff (reposant soit sur le socle métamorphique, soit sur la Formation gréseuse de Tsondab) ; 3 : profil longitudinal du Kuseib (dessiné à partir des cartes topographiques à 1/100 000).

Fig. 5 – West-east profile across the Namibian piedmont. 1: Khomas highlands; 2: deformation of the Karpfenkliff Conglomerate Formation (resting either on the metamorphic basement or on the Tsondab Sandstone Formation); 3: longitudinal profile of the Kuseib river (constructed from 1:100 000 map sheets).

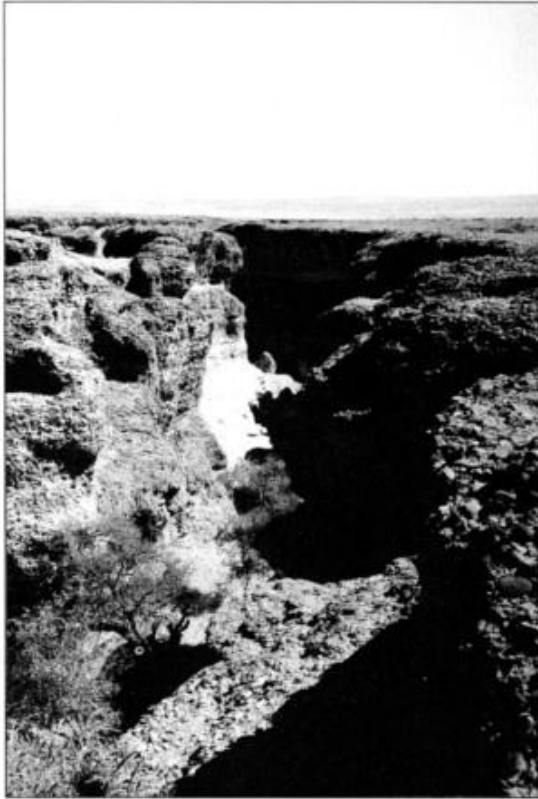


Photo 3 – Amorce de dissection de la Formation conglomératique de Karpfenkliff à l'amont du Kuiseb.

Photo 3 – Incipient incision of the Karpfenkliff Conglomerate Formation in the upper part of the Kuiseb course.

efficace de la désagrégation granulaire dans la libération des fractions sablo-limoneuses, la fourniture des éléments clastiques grossiers soulève de persistantes difficultés si le rôle, encore très controversé, de la thermoclastie n'est pas réhabilité. Or, à l'exemple des ranas de piémont et de versant, les dépôts fluviaux se raccordent progressivement à des dépôts colluviaux, et J. Ward lui-même a identifié un faciès latéral du conglomérat de Karpfenkliff, la "Koedoe River Breccia", sous la forme de matériaux en vrac, plus hétérométriques, et toujours anguleux (photo 4).

La profondeur de la morsure par pédimentation, telle qu'elle peut être estimée à partir de l'analyse comparée de la répartition des vestiges respectifs du "Tsondab Sandstone" et du "Karpfenkliff Conglomerate", suggère une importante indentation de l'escarpement sur une distance méridienne d'une centaine de kilomètres. Une simple évaluation planimétrique de la superficie des "embayments" indique qu'ils s'étendent sur quelque 1 500 km², ce qui suggère un retrait moyen de 150 mm/ka au cours des dix derniers Ma. Si l'on admet que ce recul s'est opéré parallèlement à lui-même tout en maintenant une pente forte au sein de la masse montagneuse sur une hauteur relative de 400 m, il est permis d'estimer la perte de matière à 600 km³. Rapportée à la surface du bassin versant actuel du Kuiseb, de l'ordre de 20 000 km², l'épaisseur moyenne de la Formation de Karpfenkliff aurait donc été d'une trentaine de mètres : au regard d'un tel chiffre, le volume des nappes alluviales postérieures se révèle bien trop modeste pour être imputé au retrait du Grand Escarpement.

La valeur du *backwearing* proposée est toutefois minimale pour deux raisons : d'une part, la limite orientale que nous avons assignée à la "Tsondab Sandstone Formation" est une limite extrême puisqu'il n'est pas sûr que le paléo-erg se soit construit jusqu'au pied de l'escarpement dans sa



Photo 4
Cône torrentiel enraciné dans une échancrure du front montagneux et passant latéralement à des dépôts colluviaux.

Photo 4
Alluvial fan and redistributed talus material in one of the embayments scalloping the mountain front.

présumée position initiale (fig. 4) ; d'autre part, postérieurement à l'encroûtement des grès de Tsondab et du conglomérat de Karpfenkliff par une dalle calcaire épaisse de 1 à 3 m, la "Kamberg Calcrete Formation" (Ward, 1987), le piémont a été disséqué par le réseau hydrographique.

Il faut s'interroger sur la cause de la reprise d'érosion à la faveur de laquelle le Kuiseb et ses affluents ont révélé la complexité de la morphologie de ce piémont. Résulte-t-elle d'un simple assèchement climatique ou du rejeu de la flexure ? Suite à une réduction et à un espacement des précipitations, puisque la pleine efficacité du *backwearing* semble avoir impliqué l'existence antérieure d'une période climatique plus favorable, l'écoulement moins chargé a pu se concentrer et exercer une incision linéaire. Le lit actuel du Kuiseb se signale par son profil longitudinal convexe dont on peut concevoir, sous climat aride, qu'il soit produit par la réduction des débris vers l'aval (Marker, 1977). Mais la géométrie des vestiges du conglomérat de Karpfenkliff, antérieur à l'incision, suggère une ample déformation, éventuellement imputable au simple rebond isostatique lié aux progrès récents de l'érosion après une longue période d'assoupissement des processus de dénudation qui couvre l'essentiel de l'ère tertiaire (fig. 5) : le creusement des principales artères fluviales pourrait avoir été provoqué par un ultime rejeu de la flexure, expression éventuelle, mais atténuée, du "Pliocene uplift" dont T.C. Partridge et R.R. Maud (1987) ont toutefois abusivement sollicité l'intervention pour rendre compte de l'organisation morphologique subcontinentale, jusqu'à lui accorder une valeur de 900 m au Natal. Il aurait donc fallu attendre la fin de l'ère tertiaire pour que les mouvements du sol aient été susceptibles de provoquer une reprise d'érosion cyclique accompagnée d'une dissection franche et généralisée du piémont namibien. Ce dernier n'avait connu, depuis l'initiation de la charnière du rift, qu'un réaménagement par regradation d'une topographie voisine de la planéité sans que les équilibres morphologiques aient été jusqu'alors compromis.

Conclusion

Si le relief sud-africain n'est intelligible que dans une perspective résolument polycycliste, il est toutefois illusoire de tenter de reconstituer un mouvement épigénétique d'ensemble en parfait synchronisme. Le soulèvement de l'Afrique australe ne saurait avoir revêtu la forme d'un vaste bombement uniformément saccadé puisque, aux flancs de cette antéclise, ne se sont pas inscrites les mêmes générations d'encoches cycliques. En première analyse, l'amplitude du jeu de la flexure continentale a varié aléatoirement puisque le nombre des banquettes étagées confère à chacune des sections du Grand Escarpement des traits spécifiques. Ainsi, même sur sa retombée occidentale, le bourrelet marginal est loin de présenter le même dispositif à la latitude de Lobito en Angola (Jessen, 1943) ou à celle de Swakopmund en Namibie. La complexité de l'histoire cénozoïque du piémont namibien permet d'espérer que les reconstitutions géodynamiques les plus sophistiquées sauront s'appuyer sur une chronologie moins incertaine des événements morpholo-

giques afin d'élaborer des modèles mieux "contraints" que ceux qui ont été jusqu'à présent proposés (Gilchrist *et al.*, 1994 ; Gilchrist et Summerfield, 1994), et donc plus soucieux de la diversité des rythmes tectoniques et des vicissitudes climatiques.

Remerciements

Ils s'adressent à M. John Ward, géologue de la NAMBED (Oranjemund, Namibie), qui nous a introduit à la géomorphologie du Namib en avril-mai 1988, et à Mme Brigitte Sénut, paléontologue au Muséum d'Histoire Naturelle, qui nous a communiqué les informations les plus récentes sur les gisements fossilifères néogènes. Notre dernière mission en juillet 1996 a bénéficié d'une subvention du Laboratoire de Géographie Physique de Clermont-Ferrand (UPRES-A 6042 du CNRS). Nous sommes reconnaissant aux organisateurs du colloque en l'honneur de M. Jean-Jacques Dufaure, Professeur émérite à l'Université de Paris-Sorbonne, de nous avoir permis de lui témoigner notre attachement à la géomorphologie historique, et à Mme Jeannine Raffy, Professeur à l'Université de Panthéon-Sorbonne, de nous avoir encouragé à développer notre communication orale dans le présent article. Nous savons gré à M. Claude Klein, Professeur émérite à l'Université de Paris-Sorbonne, et à Mme Yvonne Battiau-Queney, Professeur à l'Université de Lille I, d'avoir bien voulu nous faire part des remarques que la lecture de moutures antérieures leur inspirait.

Références

- Baulig H. (1948)** - Les chaînons du Grand Bassin des Etats-Unis : évolution d'un problème géomorphologique. *Annales de Géographie*, 307, 258-263.
- Beudet G., Coque R. (1994)** - Reliefs et modelés des régions tropicales humides : mythes, faits et hypothèses. *Annales de Géographie*, 577, 227-254.
- Beudet G., Michel P. (1978)** - Recherches géomorphologiques en Namibie centrale. *Association Géographique d'Alsace*, Strasbourg, 140 p.
- Besler H. (1996)** - The Tsondab Sandstone in Namibia and its significance for the Namib Erg. *South African Journal of Geology*, 99, 1, 77-87.
- Brown R.W. (1992)** - A fission-track thermochronology study of the tectonic and geomorphic development of the sub-aerial continental margin of South Africa. Ph. D. thesis, La Trobe, Bundoora, Australie, 355 p.
- Brown R.W., Rust D.J., Summerfield M.A., Gleadow A.J.W., de Wit M.C.J. (1990)** - An early Cretaceous phase of accelerated erosion on the south-western margin of Africa : evidence from apatite fission track analysis and the offshore sedimentary record. *Nuclear Tracks Radiation and Measurement*, 17, 3, 339-350.
- Dingle R.V. (1982)** - Continental margin subsidence : a comparison between the east and west coasts of Africa. In : R.A. Scrutton (ed.), *Dynamics of passive margins*. Geodynamics Series, 6, American Geophysical Union, 59-71.
- Gilchrist A.R., Kooi H., Beaumont C. (1994)** - Post-Gondwana geomorphic evolution of south-western Africa : implications for the controls on landscape development from observations and

- numerical experiments. *Journal of Geophysical Research*, 99, B6, 12211-12228.
- Gilchrist A.R., Summerfield M.A. (1994)** - Tectonic models of passive margin evolution and their implications for theories of long-term landscape development. In : Kirkby M.J. (ed.), *Process models and theoretical geomorphology*, Wiley & Sons, 55-84.
- Jessen O. (1943)** - *Die Ranschwellen der Kontinente*. Pettermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft 241, 205 p.
- Marker M.E. (1977)** - Aspects of the geomorphology of the Kuisieb River, South West Africa. *Madoqua*, 10, 3, 199-206.
- Ollier C.D. (1977)** - Outline geological and geomorphic history of the central Namib Desert. *Madoqua*, 10, 3, 207-212.
- Ollier C.D., Marker M.E. (1985)** - The Great Escarpment of southern Africa. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl.-Bd. 54, 37-56.
- Partridge T.C., Maud R.R. (1987)** - Geomorphic evolution of southern Africa since the Mesozoic. *South African Journal of Geology*, 90, 2, 179-208.
- Pickford M., Sénut B., Dauphin Y. (1995)** - Biostratigraphy of the Tsondab Sandstone (Namibia) based on gigantic avian eggshells. *Geobios*, 28, 1, 85-98.
- Rust D.J., Summerfield M.A. (1990)** - Isopach and borehole data as indicators of rifted margin evolution in southwestern Africa. *Marine and Petroleum Geology*, 7, 277-287.
- Sénut B., Pickford M., Mein P. (1995)** - Les falaises d'Awasiib : une coupe-type pour le Cénozoïque continental de Namibie. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 321, IIa, 775-780.
- Soares de Carvahlo G. (1961)** - *Geologia do deserto do Moçamedes*. Mem. Junta de Investigações do Ultramar, 2, 26, 227 p.
- Twidale C.R. (1990)** - La corrosion chimique et sa signification dans l'évolution des paysages. In : *La Terre et les Hommes, Mélanges offerts à Max Derruau*, Faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 32, 317-334.
- Vanney J.-R. (1982)** - Les bourrelets des boucliers anciens et leurs marges continentales. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 489, 231-238.
- van Zyl J.A. (1992)** - The major landform regions of Namibia. *South African Geographer*, 19, 1-2, 76-90.
- Ward J.D. (1987)** - *The Cenozoic succession in the Kuisieb valley, central Namib Desert*. Geological Survey of South-West Africa/Namibia, Memoir 9, Windhoek, 124 p.
- Ward J.D., Seely M.K., Lancaster N. (1983)** - On the antiquity of the Namib. *South African Journal of Science*, 79, 175-183.

Article reçu le 22 juillet 1999, accepté le 15 janvier 2000



La surface de piémont de Namibie / *The Namibian piedmont surface* [article]

 **Yannick Lageat**

Géomorphologie : relief, processus, environnement / Année 2000 / 6-1 / pp. 3-11