

## Évolution du relief au Niger occidental: rôle de la fracturation du socle précambrien et de la formation de pseudo-karsts au sein de la lithomarge et de la couverture sédimentaire

LUC WILLEMS, François LENOIR, Jean-Marie LEVECQ et Jean-Paul VICAT

**Résumé** – L'observation de diverses formes dans les formations du socle précambrien, dans les dépôts tertiaires et quaternaires et leur interprétation nous amènent à proposer un modèle d'évolution du relief principalement guidé par l'existence d'un pseudo-karst. Ce dernier se développe dans les formations sédimentaires et la lithomarge, en relation avec la fracturation du socle.

### Influence of the fracturation in the Precambrian basement and of dissolution phenomena in the lithomargin on the geomorphological evolution in West Niger

**Abstract** – The observation of several forms in the Precambrian formations, in Tertiary and Quaternary deposits brings us to propose a model of topographic evolution mainly generated by a pseudo-karst. This latter is developed in sedimentary deposits and in the lithomargin, in relation with fracturation of the basement.

**Abridged English Version** – In the area of Niamey, the geomorphological evolution is actually conditioned by hydrogeological phenomena in basement alterites, in relation to Precambrian substratum fracturation as shown by the following.

I. GEOLOGICAL CONTEXT. – In the Niamey area, Continental terminal deposits are built on a Precambrian basement made of volcano-sedimentary belts inserted between batholiths composed of granodiorite. During the Paleogene, the Precambrian keeps deteriorating and develops locally quartzo-kaolinic alterites up to 40 m thick. A network of lineaments affects the Continental terminal, guides the regional hydrography and perhaps can explain Plio-quaternary movements of basement accidents.

II. THE PSEUDO-KARST OF LOSSA. – In the Lossa area, caves are situated along fractures and they develop in the lithomargin. Their presence shows the existence of dissolution or erosion by underground water circulation.

III. THE GUIDDERE COLLAPSE. – In the Sirba valley, near the village of Guiddéré, a 290 m long and 17 m wide depression with 3 m high subvertical faces, formed in one week during the last rainy season. Its main direction follows a meridian axis parallel to the underlying basement fracturation, giving the proof of relations between surface and depth.

IV. ANOMALIES IN THE HYDROGRAPHIC NETWORK. – The bed of wadis often shows a dramatic change in their transverse section. It consists of a narrowing and an abrupt deepening totally different from the annual flows. These observations give evidence of underground collapses or subsidences. Wadis can be partly assimilated to a network of swallow-holes or sinks where streams disappear by percolation.

V. FRACTURATION IN THE CONTINENTAL TERMINAL AND IN THE MIDDLE TERRACE OF THE NIGER RIVER. – Lineations that can be observed on aerial photos and satellite pictures affect the Continental terminal and are oriented similarly to the fracturations in the basement. On

Note présentée par Georges PÉDRO.

the surface, they coincide with vertical joints developed in Neogene deposits and Quaternary river deposits. Those vertical joints often draw out faults of the basement. Deformations due to collapses can also be observed. Precambrian faults act as preferential draining axes and have guided the departure of particles and extraction phenomena in alterites, in Tertiary and Quaternary deposits. In the latter, they create vertical joints and depressions.

VI. CONCLUSION. – Lineations observed in Neogene and Quaternary deposits are a visible extension of draining planes in relation with basement faults and fractures. The departure of particles by dissolution or underground water erosion results in the formation of caves in the lithomargin. The resulting collapses create distortions in sedimentary deposits and are responsible for cavity formation. The evolution of hydrographic network seems to be conditioned mainly by the underground water circulation in the alterites. The evolution of relief results largely from the formation and the evolution of a pseudo-karst in the lithomargin.

Dans la région de Niamey, le paysage est constitué de grandes surfaces tabulaires disséquées par l'érosion dominant le fleuve d'une soixantaine de mètres. Entre ces reliefs se développent des vallées sèches et de grandes dépressions (oueds et « dallols »). Modelé principalement par les eaux, avec quelques remaniements éoliens, ce paysage s'apparente à celui des régions karstiques. Son évolution serait en grande partie conditionnée par la circulation des eaux souterraines dans les altérites du socle et dans les séries sédimentaires, en relation avec la fracturation du substratum précambrien. Les observations décrites ci-après étayent cette hypothèse.

I. CADRE GÉOLOGIQUE. – Dans la région de Niamey (*fig. 1*), limite occidentale du bassin des Iullemeden, les dépôts du Continental terminal ont débuté probablement au Paléogène et reposent sur le socle précambrien (Machens, 1967). Ce dernier, structuré au Birrimien, est constitué de plusieurs ceintures de roches volcano-sédimentaires séparées par de vastes batholites granitiques recouverts par quelques vestiges d'une couverture d'âge Protérozoïque supérieur, faiblement plissée, visibles le long de la vallée du Niger (Machens, 1973). Au Paléogène, le socle précambrien subit une altération à tendance quartzo-kaolinique de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur et se voit recouvert par les dépôts sédimentaires du Continental terminal. Les horizons ferrugineux, développés dans ces séries et dans les altérites du socle, s'indurent en surface, créant des replats morphostructuraux qui étagent les versants de la vallée du Niger et de ses affluents. Un réseau de linéaments, bien visible sur photographies aériennes et images satellitaires, affecte le Continental terminal et impose un système hydrographique régional. Ce réseau traduirait le rejeu plio-quaternaire des accidents du socle, en relation avec le régime compressif qui se serait installé en Afrique au Quaternaire (Vicat, 1993).

II. PSEUDO-KARSTS DE LOSSA. – A 80 km au NW de Niamey (*fig. 1*), à proximité de la route de Tillabéry, des dépôts résiduels du Continental terminal reposent sur un socle fortement altéré dans lequel des cavités métriques se sont développées suivant des fractures. L'une d'elles, située dans le socle, près de la base du Continental terminal, a retenu plus particulièrement notre attention. Elle occupe la tête d'une vallée creusée dans les altérites et son ouverture a environ 3 m de large et une hauteur de 2 m qui se réduit rapidement à un passage de 20 cm. Elle semble s'être développée sur une diaclase le long d'un niveau résistant horizontal. Cette cavité montre l'existence de phénomènes de dissolution

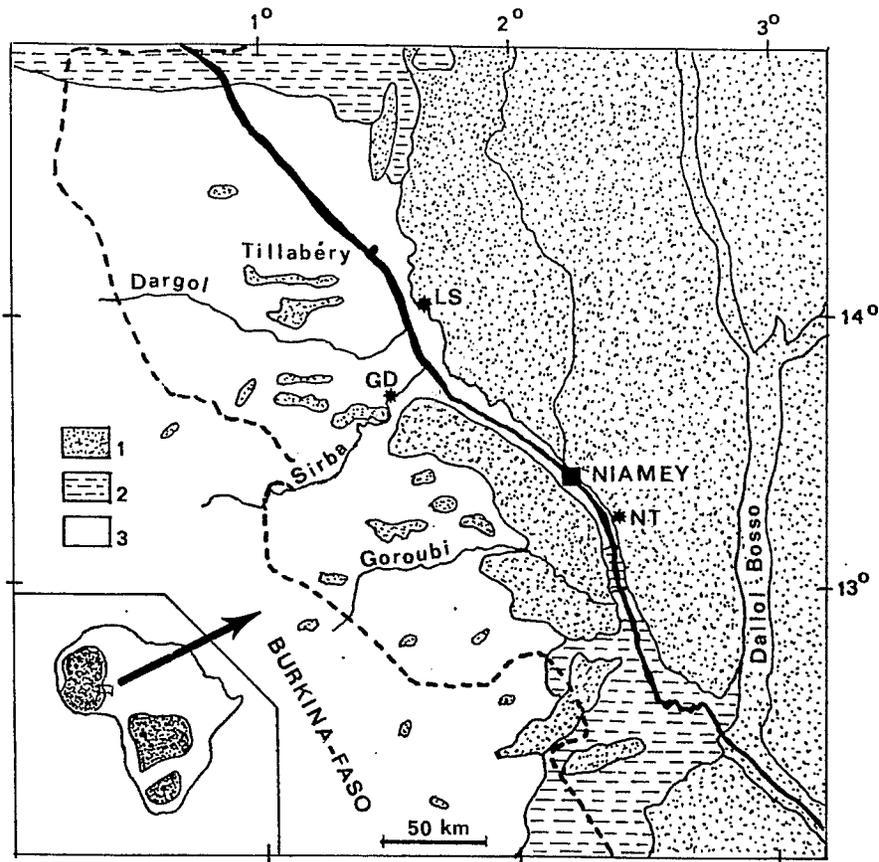


Fig. 1. — Croquis géologique du Niger occidental. 1 : Continental terminal et Quaternaire indifférenciés. 2 : Grès du Protérozoïque supérieur. 3 : Socle précambrien. GD : Guiddéré. NT : N'Dounga Tarey. LS : Lossa.  
 Fig. 1. — Geological sketch map of Western Niger. 1: Continental terminal and Quaternary undifferentiated. 2: Upper Proterozoic sandstones. 3: Precambrian basement. GD: Guiddéré. NT: N'Dounga Tarey. LS: Lossa.

ou d'érosion par la circulation des eaux souterraines dans la lithomarge qui se comporte donc comme un pseudo-karst.

III. EFFONDREMENT DE GUIDÉRÉ. — Dans la vallée de la Sirba, à proximité du village de Guiddéré (fig. 1), une dépression à parois subverticales de 3 m, de 290 m en longueur et 17 m de largeur moyenne (fig. 2), s'est formée en quelques jours au cours de la dernière saison des pluies. Son allongement suit un axe méridien. De haut en bas, trois niveaux servent de repère : le sol actuel (70 cm) reposant sur un horizon bioturbé et induré (70 cm), lui-même recouvrant la lithomarge.

De l'amont vers l'aval, trois entités peuvent être distinguées : un tronçon amont, un tronçon aval et un seuil qui débouche sur un tributaire de la Sirba.

— Le tronçon amont a une centaine de mètres et sa tête évasée est occupée par une mare temporaire. De nombreux blocs effondrés, avec leur végétation en place occupent le fond de ce tronçon. Il n'y a pas de trace d'érosion linéaire par écoulement ni à l'extérieur ni à l'intérieur de ce secteur amont.

— Le tronçon aval, approchant 170 m, est tapissé de débris végétaux recouverts d'une pellicule argileuse. Des traces de rivage marquant les retraits successifs d'une flaque sont visibles sur les flancs de la dépression et signalent une vidange rapide.

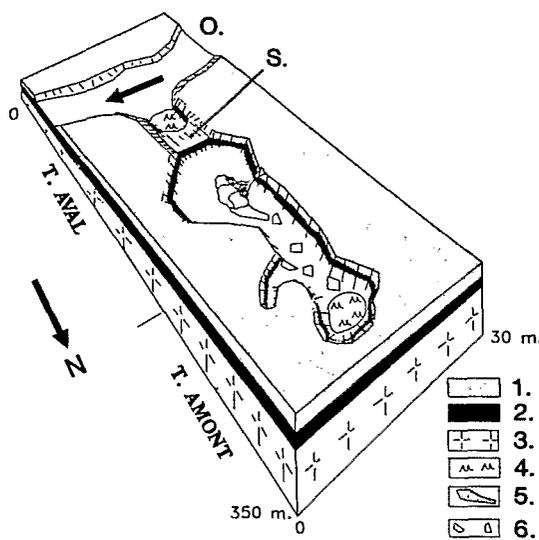


Fig. 2

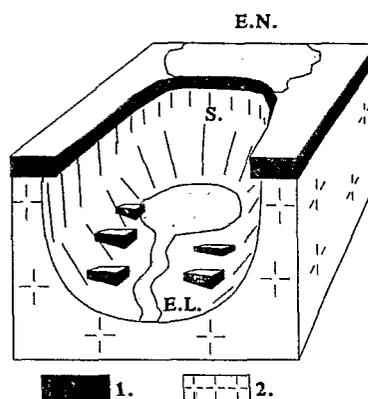


Fig. 3

Fig. 2. – Bloc-diagramme de l'effondrement de Guiddéré. 1 : sol actuel; 2 : horizon bioturbé et induré; 3 : socle altéré; 4 : mare temporaire; 5 : dépôt lacustre; 6 : blocs éboulés et débris végétaux; O : oued; S : seuil.

Fig. 2. – Block diagram of the Guiddéré collapse. 1: present soil; 2: bioturbated-hard-ground; 3: lithomargin; 4: temporary pond; 5: lacustral deposits; 6: fall blocks and vegetation debris; O: wadi; S: threshold.

Fig. 3. – Changement dans les sections transversales des oueds. 1 : cuirasse latéritique. blocs effondrés. 2 : basement. E. N. : écoulement en nappe. E. L. : écoulement linéaire. S. : surplomb.

Fig. 3. – Variation in wadi transversal sections. 1: laterite and fall blocks; 2: basement; E. N.: sheet flood; E. L.: linear flood; S: overhang.

– Le seuil d'une vingtaine de mètres de longueur, correspond au toit de l'horizon bioturbé en place et ferme le tronçon aval à mi-pente des versants. Il sépare la dépression observée du lit de l'oued actuel, tributaire de la Sirba, dont la tête de vallée est occupée par une mare temporaire. De petits chenaux et l'orientation des touffes herbacées indiquent le sens de l'écoulement qui a décapé le sol actuel.

Les blocs éboulés, les racines sectionnées, l'observation de niveaux repères, l'existence d'un seuil en place prouvent la rapidité de formation de cette dépression due à un effondrement. L'allongement NS, conforme à l'orientation des failles du socle sous-jacent, témoigne des relations entre surface et profondeur.

IV. ANOMALIES DANS LES RÉSEAUX HYDROGRAPHIQUES. – Le lit des oueds présente souvent, tant sur le socle que sur le Continental terminal, une nette variation de la section transversale, marqué à la fois par un rétrécissement et un approfondissement, sans commune mesure avec les écoulements annuels qui s'y produisent (fig. 3). Ces ruptures morphologiques atteignant parfois plusieurs mètres de hauteur et pouvant s'apparenter à des chutes, marquent un net changement dans le type d'écoulement observé et dans l'aspect de la vallée. A l'amont des ruptures, les vallées sont fortement évasées avec un écoulement en nappe. A l'aval, elles deviennent encaissées et avec un écoulement linéaire de surface qui s'épuise très vite.

Le changement brusque de la section transversale des cours d'eau, la hauteur des ruptures de pente par rapport à la circulation annuelle des eaux de surface, le changement net du type d'écoulement et la disparition fréquente de la vallée vers l'amont, montrent le rôle mineur joué par l'érosion régressive dans la morphogénèse. Ces observations témoignent d'affaissements ou d'effondrements sous-jacents. Les oueds pourraient former,

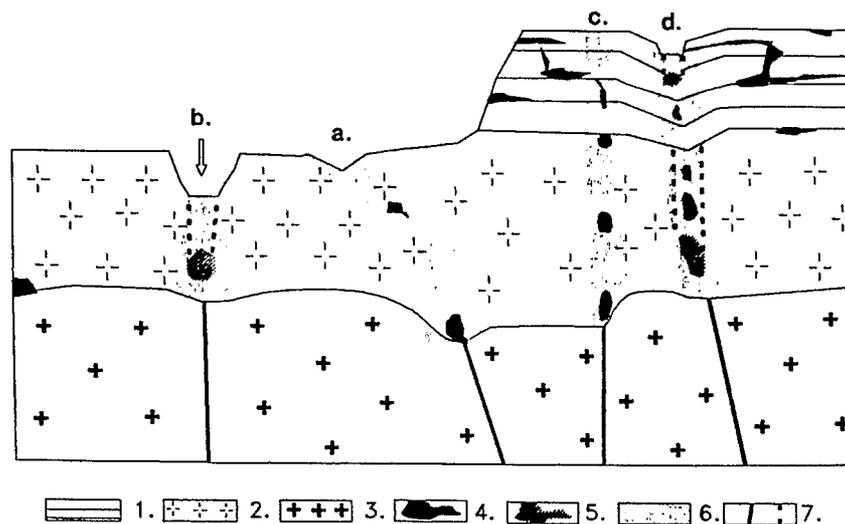


Fig. 4. - Modèle de fracturation et de pseudo-karst dans la lithomarge. 1 : Continental terminal et Quaternaire; 2 : lithomarge; 3 : substratum précambrien; 4 : cavités; 5 : cavités effondrées; 6 : zone de drainage; 7 : failles et diaclases. Anomalies dans le réseau hydrographique liées à : une zone de drainage préférentielle sur faille de socle (a), à un effondrement dans la lithomarge (b), à des diaclases dans les dépôts néogènes (c), à un affaissement dans les dépôts néogènes (doline, ouvala, aven) (d).

Fig. 4. - Pseudo-karst model in the Niamey area. 1: Continental terminal and Quaternary; 2: lithomargin; 3: Precambrian basement; 4: caves; 5: collapsed caves; 6: draining axes; 7: faults and joints. Anomalies in the hydrographic network caused by: preferential draining axes related with basement faults (a), collapse in the lithomargin (b), joints in Neogene deposits (c), subsidence in Neogene deposits (sink, ouvala, aven) (d).

par assimilation aux réseaux karstiques, un système de pertes et seraient donc le lieu de disparition partielle ou totale des cours d'eau temporaires de surface, par infiltration ou dérivation vers les zones aérées et les nappes souterraines.

V. FRACTURATION DES DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES. - Dans la région de Niamey, l'analyse de photographies aériennes et d'images satellitaires montre des linéaments affectant le Continental terminal. Les directions majeures correspondent à celles des failles observées dans le socle sous-jacent (Vicat *et al.*, 1993). Sur le terrain, ces linéaments correspondent à des diaclases développées dans les dépôts néogènes souvent indurés. Par endroits, ils se traduisent par des dépressions pouvant dépasser 100 m dans leur plus grand axe pour une profondeur de plus de 2 m.

Dans les dépôts alluviaux sablo-graveleux, souvent indurés, de la terrasse moyenne du Niger, des diaclases prolongent souvent des failles du socle. L'exemple de Ndouga Tarey, à une dizaine de kilomètres en aval de Niamey (*fig. 1*), montre bien ces phénomènes. On y observe également, un affaissement des couches à l'aplomb de plusieurs fractures. La déformation, peu marquée au sommet de la terrasse, s'accroît vers le bas où la zone affaissée est soulignée par de nombreux quartz centimétriques enrobés dans une argile ferrugineuse.

Les failles et les fractures du socle fonctionnent comme axes de drainage préférentiel. Leur rôle dans la collecte des eaux souterraines, chargées par dissolution ou par érosion des particules fines, se traduit par des phénomènes de soutirage dans les altérites du socle et dans les formations tertiaires et quaternaires. Les dépressions développées dans les surfaces sommitales peuvent être ainsi assimilées à des dolines et des ouvalas. Dans la région moyenne de la Sirba, une étude a montré des phénomènes semblables dus à la

dégradation interne du manteau kaolinique susjacent et à l'écoulement latéral de l'eau sous les cuirasses indurées (dolines, cavernes et avens) (Minis. Min. Energ. Indus. et Art, 1992).

VI. CONCLUSION. — Les linéaments reconnus dans le Continental terminal et le Quaternaire sont souvent de simples diaclases, constituant la trace visible des plans de drainage en relation avec les failles du socle. L'érosion par l'élimination des particules fines et la dissolution par la circulation des eaux souterraines provoque la formation de cavités dans la lithomarge et dans les dépôts sédimentaires. L'écroulement de ces grottes entraîne la déformation des niveaux supérieurs et est responsable d'effondrements en surface. L'évolution des réseaux hydrographiques, tant sur le socle que sur les dépôts du Continental terminal est donc largement conditionnée par la circulation des eaux souterraines au travers des altérites vers les fractures du socle (*fig. 4*). L'évolution des reliefs résulte donc, en grande partie, de la formation de pseudo-karsts dans la lithomarge et dans les dépôts néogènes. L'observation de diaclases, de déformations affectant le Continental terminal ou les dépôts alluviaux quaternaires, d'effondrements et de nombreuses ruptures de pente non conformes à l'érosion régressive, attestent le fonctionnement actuel de ce système.

Des phénomènes pseudo-karstiques voisins, dans des grès et des roches cristallines, soulignés par la dissolution de grains de quartz, la précipitation de silice amorphe et d'hydroxydes de fer, ont été décrits au Niger oriental à une latitude plus septentrionale que la région de Niamey. Leur formation daterait du Paléocène, mais d'autres étapes de dissolution sont rapportées au Néogène et au Quaternaire (Sponholz, 1989). L'histoire du système pseudo-karstique du Niger occidental pourrait être également très ancienne car dépendante du réseau de fractures du socle. Ce dernier a pu être altéré très tôt. Les plans de drainage ont fonctionné en permanence, se prolongeant dans les séries sédimentaires postérieures au cours de leur dépôt. La localisation à une latitude plus faible de la région de Niamey aurait assuré à ce système pseudo-karstique une permanence dans son fonctionnement et dans ses effets sur le modelé du relief grâce à des pluies saisonnières plus abondantes, à l'inverse des régions plus septentrionales dont les pseudo-karsts se seraient développés par à-coups, uniquement lors des phases paléoclimatiques les plus pluvieuses.

Note remise le 21 avril 1993, acceptée après révision le 27 mai 1993.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- M. MACHENS, *Notice explicative sur la carte géologique du Niger Occidental à l'échelle 1/200 000*, Minis. TP, Transp. et Urb., Niamey, 1967, 35 p.
- M. MACHENS, Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture sédimentaire de l'Ouest de la République du Niger, *Mém. BRGM*, 82, 1973, 168 p.
- Minis. Min. Energ. Indus. et Art., DRGM, *Mise en exécution du plan de développement minéral du Niger, Moyenne Sirba, Liptako, Phase III*, Rap. Tech., 1, Niamey, 1992, p. 4.26-4.44.
- B. SPONHOLZ, Karsterscheineugen in nichtkarbonatischen Gesteinen der östlichen Republik Niger, *Thèse*, Würzburg, 1989, 265 p.
- J. P. VICAT, J. M. LEGER, Y. AHMED et L. WILLEMS, Les indices de déformations plio-quaternaires de la bordure occidentale du bassin des Iullemedden dans la région de Niamey, *Rev. Géogr. Alp., Grenoble*, 1993 (sous presse).

L. W. : Laboratoire de Géologie et Géomorphologie du Quaternaire, Université de Liège, 7, place du 20-Août, 4000 Liège, Belgique ;

F. L. : ORSTOM, BP n° 11416, Niamey, Niger ;

J-M. L. : *Projet Or CEE*, BP n° 140, Niamey, Niger ;

J-P. V. : Département de Géologie., Université d'Orléans, BP n° 45067, Orléans Cedex 2, France.