

Geomorfología de las terrazas del río Níger en el Parque Nacional W, Níger, Africa Occidental

BERGOEING JEAN-PIERRE*, GILLIARD PATRICK**

*Experto de la Cooperación Francesa delegado en la Universidad de Niamey, Níger

**Profesor Asistente de la Universidad de Lausanne, Suiza

RESUMEN

Cuatro niveles de terrazas fluviales han sido reconocidas en una estructura fallada precámbrica. Estos cuatro niveles, no siempre evidentes aguas arriba, corresponden a las crisis climáticas mayores que se produjeron en el Sahel durante el Cuaternario.

RÉSUMÉ

Quatre terrasses fluviales ont été mises en évidence, dans une structure faillée précambrienne. Ces quatre niveaux pas toujours distincts en amont, correspondent aux crises climatiques majeures qui se sont produites pendant le quaternaire dans le Sahel.

ABSTRACT

Four levels of fluvial terraces have been discovered on a faulty precambrian structure. Those four levels, upstream are not always presents. They represent the most important climatic crisis wich occurred during the Quaternary in the Sahel region.

Palabras clave: Precámbrico, orogénesis, Continental Terminal, Falla.

Mots clés: Précambrien, orogénèse, Continental Terminal, Faille.

Key words: Precambrian, orogenesis, Terminal Continental, Fault.

I. INTRODUCCION

La región se encuentra ubicada entre los 12° 20' y los 12° 40' de latitud Norte y entre los 2° 30' y 2° 45' de longitud Este. (Ref. Figura N° 1). Ocupa la parte más meridional del Níger, más conocida bajo el apelativo "garfio del W". El área estudiada se encuentra al interior del Parque Nacional del Níger, en un medio natural específico que se encuentra en la encrucijada de los ecosistemas: saheliano, sudanés y sudano-guineano. El Parque Nacional del W del Níger, forma parte de un vasto complejo de áreas protegidas que se extienden por sobre las fronteras comunes del Burkina Faso, del Benin y del Níger. Fuera del W, el conjunto incluye también los parques nacionales de Arly en el Burkina Faso y del Pendjari en el Benin, así como sus zonas de reservas circunvecinas. Con una superficie de más de 26.000 km² es, sin lugar a dudas, la entidad ecológica más vasta de todo el Africa del Oeste.

En nuestro sector de estudio, el río Níger ha socavado su lecho siguiendo los caprichos de la tectónica precámbrica, sobre series geológicas de areniscas tabulares que descansan sobre un zócalo o substrato granítico. Es el trazado sinuoso del río en este sistema afallado, el que ha engendrado la forma de W que dio nombre al Parque Nacio-

nal. En esta vasta meseta la margen derecha del río comprende el Parque Nacional, mientras que la margen izquierda limita al Este con el Dalol Bosso (que es una vasta depresión Norte-Sur, de origen tectónico y que corresponde probablemente a la sutura del cratón Oeste africano con el cratón Central). El Dalol Bosso se presenta, por lo tanto, como un valle *tifónico* con escurrecimientos pluviales episódicos. (Ref: Figura N° 2).

El río Níger se interna en el sector del W (curso medio-inferior), formando un cañón de unos cuarenta metros de profundidad. La meseta de areniscas que lo domina se sitúa a una altitud media de 220 metros. La estructura geológica de la cuenca se encuentra muy fallada debido a numerosos episodios tectónicos. A estos accidentes tectónicos se deben agregar la actividad erosiva, así como los depósitos aluviales de las variaciones climáticas. El valle se encuentra constituido por terrazas fluviales de erosión, sobre las cuales se han desarrollado algunas actividades socioeconómicas. En la margen derecha confluyen dos afluentes importantes: al Norte el río Tapoa, y al Sur el río Mekru. Es en el curso inferior de este último río donde Pierre Verney (P. Verney, 1992) nos mostró los restos líticos de una industria del paleolítico inferior.

LOCALISATION DU SECTEUR D'ETUDE



© D. Lerais Département de Géographie ULM Nancy

Figura 1.

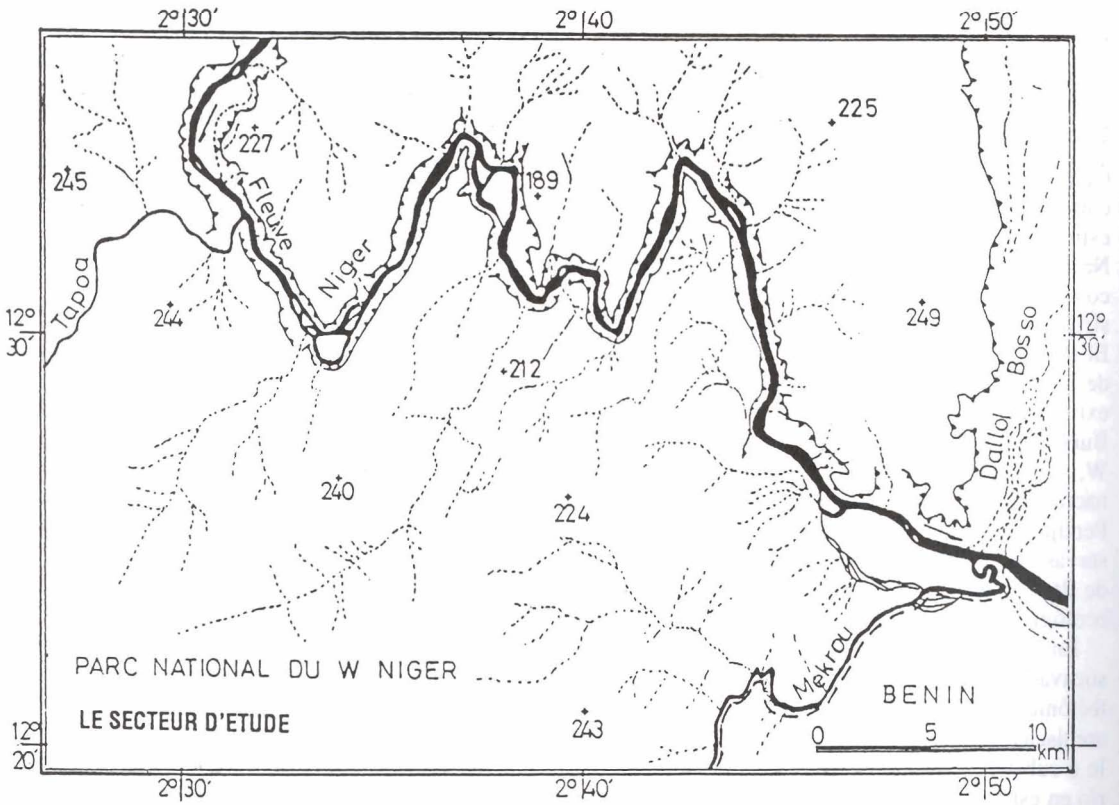


Figura 2.

II. EL CONTEXTO GEOLOGICO

Las rocas más antiguas han sido atribuidas al Prebirrimiano (precámbrico inferior). Se trata de un zócalo antiguo que ha sido sometido, después de una orogénesis, a una fase prolongada de erosión. Este zócalo, en posición sinclinal abierta, recibió nuevas series sedimentarias formadas por esquistos y grauwacas (sistema birrimiano) con interestratificaciones de intrusiones subvolcánicas así como extrusiones submarinas. El conjunto volcano-sedimentario ha sido sometido a la orogénesis birrimiana que lo ha plegado y metamorfizado (1950-2100 Millones de años E. Machens, 1967).

Al final de la orogénesis, intrusiones de granitos posttectónicos aparecen formando pequeños macizos discordantes. La molasa del precámbrico superior es el resultado de una nueva fase erosiva. "La rigidez de la región la obliga a incorporarse al cratón Oeste africano, en el cual las fuerzas tangenciales se traducen por una tectónica de fracturas..." (E. Machens, *op. cit.*).

Después de un muy largo período erosivo, la región se verá invadida, al Norte, por un mar epicontinental. Los vestigios epicontinentales, así como una caolinización profunda del zócalo precámbrico, son el testimonio del largo período de inmersión al cual fue sometida toda la región. Del Eoceno hasta fines del Terciario es el período durante el cual se forma la gran cuenca sedimentaria de los Iulimendenes (Continental Terminal).

III. LA DINAMICA DE LA MORFOLOGIA GENERAL

El río Níger en las márgenes del Parque Nacional del W, atraviesa series de areniscas, en posición monoclinas basculadas hacia el Norte, y que en parte se encuentran metamorfizadas. Pertenecen al Continental Medio. En la margen izquierda, al Norte, las areniscas del Continental Terminal, superpuestas a las areniscas del Continental Medio, culminan como en la mayor parte del territorio en una coraza ferralítica de varios metros de espesor (Ref.: Carta Geomorfológica) (Figura 3). En el sector del Parque Nacional propiamente hablando (margen derecha) el Continental Terminal es inexistente y las series de areniscas se encuentran aflorando y constituyendo barras rocosas que fueron solevadas por la fuerte tectónica precámbrica (Voltaico). (E. Machens, 1967). Así es como las series expuestas están recubiertas superficialmente por una vieja pátina ferruginosa que les confiere un típico color rosado.

En el hotel del Parque Nacional, el río Tapoa se presenta formando un escarpe de línea de falla, que ha sido puesto en evidencia por el río que ha socavado un profundo cañón. Las areniscas presentan marcas superficiales de *ripple marks* fosilizadas, así como acanaladuras y *marmitas de gigante*. Dichos fenómenos de disolución y de abrasión fluviales fueron encontrados igualmente sobre los niveles superiores del río Níger.

La meseta topográfica es irregular debido a la presencia de las barras rocosas orientadas SSO-NNE, originadas por la tectónica precámbrica. Los ríos afluentes han socavado profundos *talwegs* que siguen las orientaciones tectónicas ya descritas, rompiendo la monotonía general del paisaje. A partir de la isla Tugué, una fosa tectónica se hace evidente y en parte el río explota este accidente en su curso normal hacia el NNE. Hacia el SSE la falla se adentra en el Parque Nacional del W, formando un escarpe de falla casi vertical, dejando hacia el Oeste una parte deprimida de 40 metros de desnivel. El accidente tectónico se prolonga 10 km hacia el Sur, de manera visible. En la meseta la presencia de lagunas pluviales temporales (alimentadas de junio a septiembre), son los únicos puntos de agua necesarios para calmar la sed causada por el calor sofocante (30° C temperatura media diaria) de la fauna salvaje del lugar. Una vegetación de matorrales densos, conocida como *bosque atigrado* y que no ha sufrido degradación antrópica, como en el resto del país, protege eficazmente el suelo del desmantelamiento debido al escurrimiento de las aguas pluviales. En cambio, en la margen izquierda el desmantelamiento se ve acentuado debido a la presencia de los cultivos y aldeas, creando así un fuerte contraste vegetacional.

Las terrazas fluviales

El sector del W presenta cuatro niveles fluviales escalonados, directamente relacionados con aquellos observados aguas arriba, a la latitud de Niamey. Sin embargo presentan diferencias peculiares. La historia de estas formaciones aluviales se remonta al comienzo del socavamiento de una vasta planicie que corresponde a las formaciones de coraza ferruginosa superficial, herencia y relictos de un clima más húmedo que existió durante el Plioceno Superior (Taupin, 1990).

El nivel superior (T1): Las dos primeras terrazas, T1 y T2, son niveles de erosión. La dimensión importante de los guijarros fluviales y las marcas de erosión fluvial son testigos de un río que poseía una gran competencia. T1 se sitúa a una altitud promedio de 200 a 210 metros y se presenta como vastos peldaños, moldeados en la arenisca y desprovistos de vegetación. Dichas te-

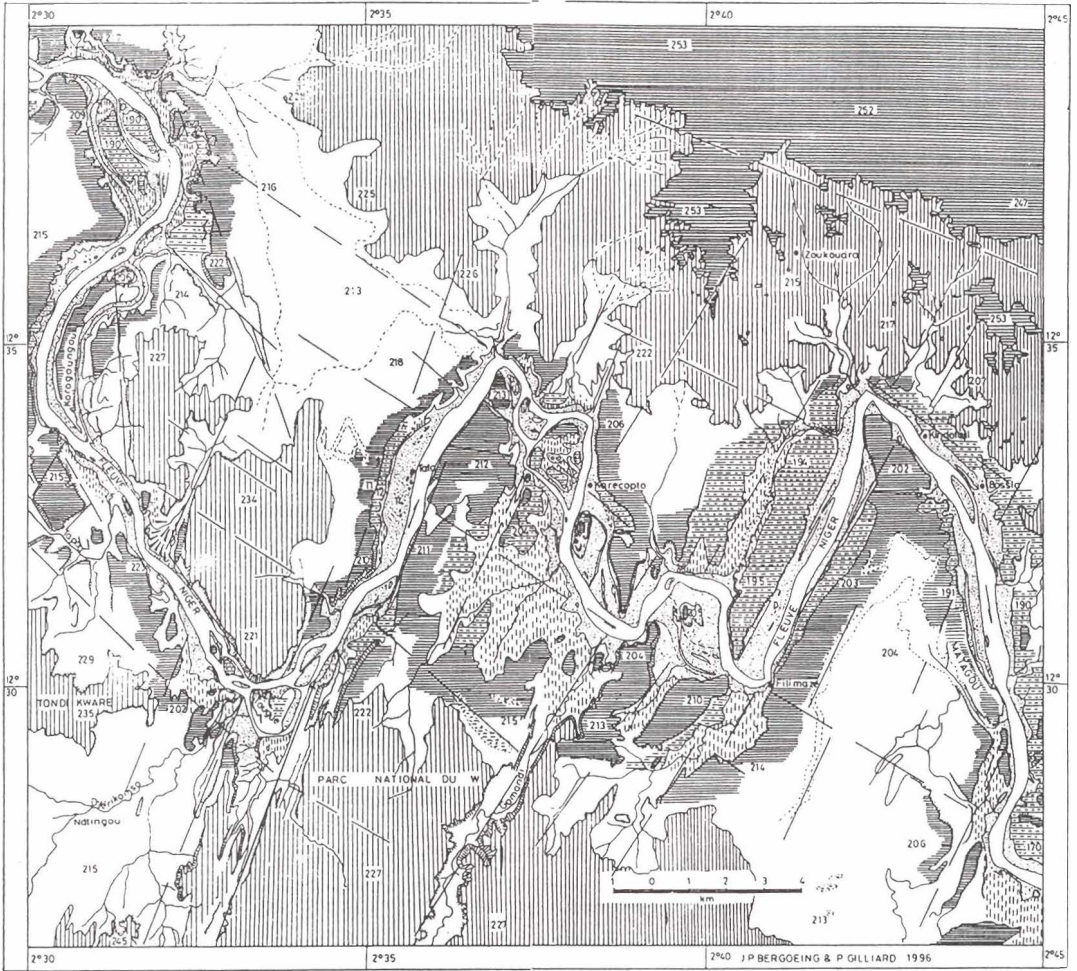


Figura 3. CARTE GEOMORFOLOGIQUE DE 'LA BOUCLE DU W'

Legende:

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

1. Fallas y alineamientos precámbricos (Voltaico) reactivadas en el cuaternario entallando areniscas metamórficas, monoclinales, basculadas hacia el NNE.
2. Nivel superior de la meseta de areniscas recubierta por una capa ferruginosa (Continental terminal).
3. Nivel erosionado de la meseta de areniscas debido a la erosión diferencial.
4. Taludes de erosión.
5. (T1) Terraza fluvial superior.
6. (T2) Terraza fluvial intermedia-superior (nivel 190-195 m)
7. (T3) Terraza fluvial intermedia inferior constituyendo un nivel encajado de brechas.
8. (T4) Terraza fluvial inferida moderna. Vasto nivel de acumulación fina (limos) en parte inundable (nivel 180 m).
9. Conos de deyección.
10. Antiguos meandros del nivel T1.
11. Lagunas temporales.
12. Red hídrica permanente e intermitente.
13. Cotas altimétricas.
14. Aldeas

rrazas de erosión adoptan formas convexas debido a la acción fluvial. Se encuentran surcados por socavamientos (acanaladuras de disolución), por *marmitas de gigante*, por *alveolas*, así como tapizados por pequeños elementos rodados, muchas veces pegados a la base por una pátina ferruginosa. Pendiente abajo, derrubios de areniscas del tamaño métrico o superior, se disponen formando guirlandas alrededor de dicho nivel. En las cercanías de la aldea de Tafa, (margen izquierda), (ver Carta Geomorfológica), hemos encontrado los cuatro niveles fluviales bien representados.

En este sector, T1 muestra un escurrimiento fósil, que se dispone en forma paralela al curso actual, a una altitud de 200 metros, próximo del nivel fundamental de la meseta. Aquí el suelo se encuentra tapizado por cantos rodados de cuarzo, de diámetro variable pero cuyo promedio se sitúa alrededor de los 5 cm. Bien gastados y pulidos poseen una pátina de color rojo (muy rubificado). Igualmente se encuentran cantos rodados y bloques rodados de areniscas, algunas veces pegados a la roca madre por una reconstitución de las areniscas y que se han visto engarzados en la masa rocosa, mediante un cemento ferruginoso de color rojo. La roca madre se presenta como una estructura monoclinal, basculada hasta 45° y fuertemente afallada, lo cual debió facilitar el trabajo fluvial (Figura 4).

El nivel T1 fue encontrado igualmente en la cota 213 (margen derecha del río, aguas abajo de Tafa). Aquí reconocimos pastillas fluviales de cuarzo, aprisionadas entre las diaclasas de la estructura de areniscas o bien soldadas a estas últimas. Es necesario hacer notar que algunos bloques habían rodado y otros están basculados a más de 45°. Esto es sin dudas la obra del trabajo fluvial de socavamiento debido a los episodios posteriores que crearon los niveles T2 y sobre todo T3. Igualmente cabe señalar la importancia de una reactivación tectónica durante el Cuaternario, pero el estado actual de las investigaciones no permite más que emitirlo como hipótesis.

El nivel T2: Se sitúa alrededor de los 195 a 190 metros de altitud y se presenta claramente

como un peldaño estructural, idéntico al nivel superior. Sin embargo está recubierto por limos y derrubios afectados por el transporte fluvial y por fenómenos de disolución. Los derrubios son visibles en los bordes, mientras que al centro la roca madre desaparece bajo una cobertura de materiales fluviales finos y que constituyen hoy un suelo cultivable (isla de Karey-Kopto). En Tafa el nivel T2 es similar al nivel T1 ya descrito, salvo en lo que concierne a los cantos rodados de cuarzo, los cuales no presentan una pátina ferruginosa tan roja. Los niveles fluviales T1 y T2 se encuentran diseminados en el conjunto del Sahel Occidental y Central. Aunque ninguna datación absoluta existe actualmente sobre los eventos morfológicos y sedimentológicos de la región, se puede sin embargo, gracias a la paleoclimatología, intentar establecer correlaciones con otros sitios ya estudiados. Dichas correlaciones morfológicas y sedimentológicas permiten situar estos dos niveles superiores en el Plioceno Superior y en el Pleistoceno Inferior y Medio. (Ousseini & Morel, 1989). La edificación ferruginosa de la terraza T2 podría remontarse a un largo período húmedo (150.000 a 90.000 años) (Dubois *et al.*, 1984).

El nivel de Tounga-Djounga (nivel T3): Las dos últimas terrazas se presentan como terrazas de acumulación, encajadas. El calibre de los materiales constituyentes es un testimonio de la disminución de la competencia fluvial de las aguas del Níger. El nivel T3 se encuentra formado por una terraza fluvial encajonada que descansa en los flancos de T2 y de un espesor de 5 a 7 metros. Dicho nivel está presente en las vecindades de la aldea de Tounga-Djounga, en distancias del orden del centenar de metros. Se trata exclusivamente de areniscas, muy heterométricas, poco desgastadas y depositadas en forma brutal. Posee también elementos de cuarzo filoniano. Este depósito caótico es la prueba de una súbita crecida de las aguas y de una competencia acrecentada que permitió la erosión de las márgenes fluviales aledañas de T2. El aspecto exterior de la terraza T3 es oscuro, ya que una pátina ferruginosa (superficialmente negra) le

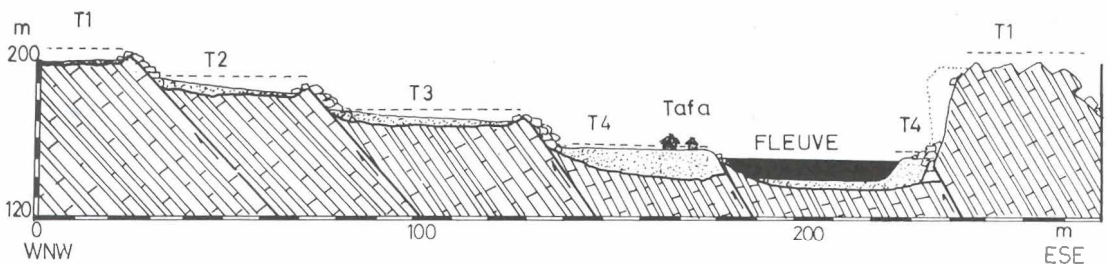


Figura 4.

confiere una gran cohesión, dándole un aspecto de brecha (Figura 5).

El nivel T3, que hemos reconocido y seguido desde Niamey, en la margen derecha del río Níger, está compuesto originalmente por cantos rodados de cuarzo muy bien pulidos, que presentan una pátina amarilla anaranjada. Las *pastillas* de cuarzo varían de 30 a 10 cm de diámetro aguas arriba, y se reducen considerablemente, aguas abajo, es decir en el curso medio-inferior. La terraza T3 de referencia es la del sector de Gurukirey, a 10 km al Sur de Niamey (Willems & Bergoeing, 1994). Al sur de este punto de observación, hemos percatado el nivel T3 en Tokey, en Say y en Tillare. El nivel encajonado T3 presenta en todos los lugares citados el mismo aspecto y características. Comienza por un depósito torrencial en su base, formado por bloques de areniscas bien rodadas y cimentadas, que provienen de las cumbres ferruginosas vecinas. El nivel se prosigue por espesores más o menos importantes (1 a 3 metros) de *pastillas* de cuarzo muy bien pulidas. Esto es una prueba que demuestra que la crisis climática de hace 20.000 años (Petit-Maire, N. 1988), y que dio origen a T3, comienza por una fase brutal de lluvias y por lo tanto de una crecida fluvial importante. En la aldea de Tafa, T3 está constituido por areniscas socavadas, como en los niveles aguas arriba, pero la terraza sólo mide 50 metros de ancho contra 200 metros en el caso del nivel T2.

El nivel inferior T4: Es el nivel más reciente del río Níger. Comienza su edificación hacia los 6000 años BP y se termina alrededor de 2200 BP (datación de madera carbonizada) (Ousseini, 1986). Desde Niamey este nivel se confunde en parte con el lecho mayor actual del río Níger, ya que muchos antiguos meandros han sido invadidos por la acción eólica actual. Como ejemplo podemos citar el meandro de Kirkisoy próximo a Niamey. En 1853, el explo-

rador Barth, señala visitando la aldea de Say (F. De Lanoye, 1858) que la aldea había sido construida sobre una isla. Hoy la margen derecha está completamente seca y el paisaje transformado en arrozales irrigados por canales de riego.

Aguas abajo de la aldea de Bokki, el nivel T4 nuevamente se encuentra fosilizado por dunas remodeladas en conos de deyección que se terminan en glacia.

En el sector del W, T4 aparece como una superficie aplanada, compuesta de limos finos. Dos sectores pueden ser observados. La parte seca, protegida de las crecidas anuales del río y donde han sido contruidas las casas de los pescadores (construcciones de adobe y cemento) y el sector inundable. Este último sector se presenta como un talud donde se dibujan 7 a 10 niveles finos con dominio limoso y arenoso y que son los testigos de las crecidas episódicas recientes, así como de los estífos más significativos. El sector se ve actualmente invadido por una vegetación acuática flotante que permite y protege un complejo ecosistema.

Pensamos que el sector del W, por su configuración estructural ha jugado el rol de un embudo fluvial, lo cual ha permitido al río de marcar aquí de manera singular los cuatro diferentes episodios climáticos del cual ha sido testigo. Si los niveles no se encuentran tan bien representados aguas arriba, ello se debe a que el río posee un lecho más ancho y que sigue un trazado rectilíneo N-S (de origen tectónico). Las trazas de las terrazas más antiguas se han visto fosilizadas por la presencia de las dunas actuales o simplemente se han visto erosionadas durante los episodios siguientes. En todo caso, los niveles T1 y T2 jamás han sido observados en la margen derecha del río, en lo que concierne el trazado entre el W y Niamey (Thevoz, Ousseini y Bergoeing, 1994).

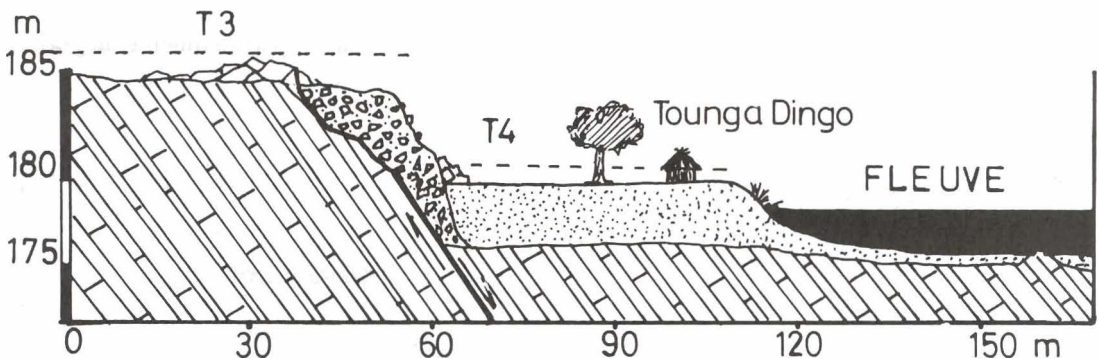




Foto 1: Nivel T4: Terraza fluvial de acumulación a la entrada del cañón del río Níger. Sobre los aluviones finos descansan algunas casas de pescadores. Sobre la margen opuesta del río se percibe un escarpe de línea de falla precámbrica.

IV. CONCLUSIONES

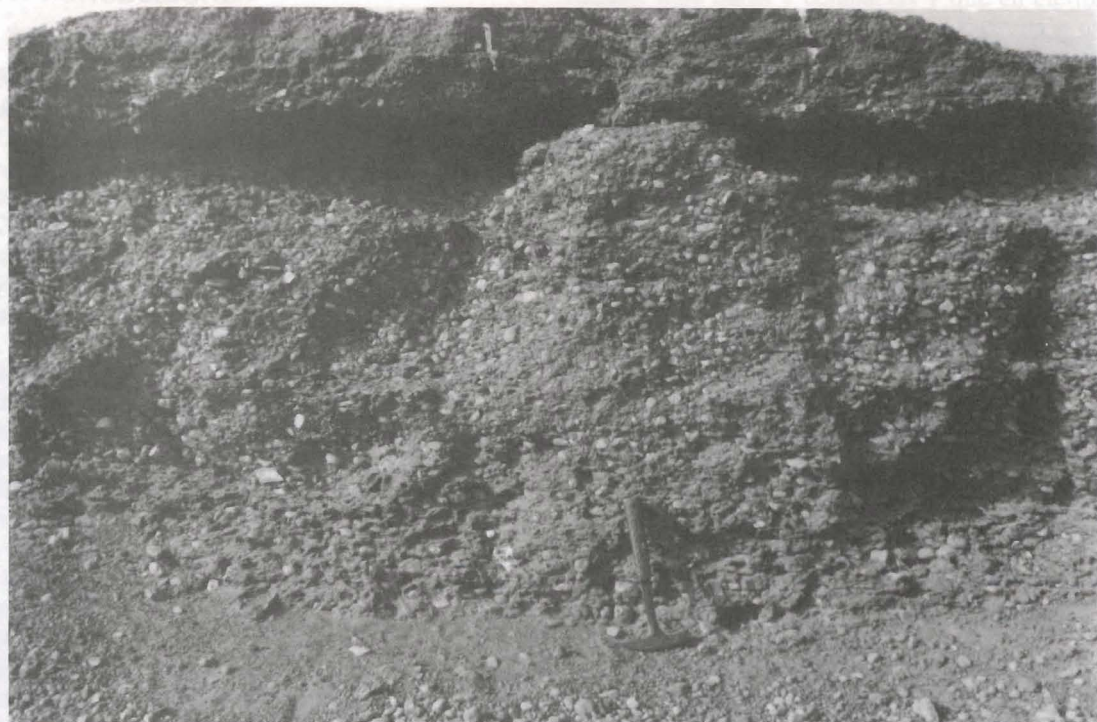


Foto 2: Nivel T3: Sector de Tillaré. Aguas arriba del Parque W. Nivel fluvial "clásico" similar al de Niamey formado por "pastillas" de cuarzo de cinco a diez centímetros de diámetros. El techo de la formación se compone de una costra ferruginosa.



Foto 3: Niveles superiores T2 y T1 sobre la margen derecha del río Níger en el Parque W. Los niveles están separados por un escarpe de falla precámbrica NE-SW. Se trata de dos niveles de erosión sobre areniscas rosadas.



Foto 4: Areniscas rosadas del nivel T2 con trazas de erosión fluvial. Entre las diaclasas se encuentran "pastillas" pulidas de cuarzo con pátina ferruginosa roja.



Foto 5: Superficie fluvial T1 (Superior) de erosión sobre areniscas. Sobre ella descansan cantos rodados y bloques de cuarzo y de areniscas soldadas a la roca madre por una materia ferruginosa.

IV. CONCLUSIONES

El sector del Parque Nacional del W en el Níger se caracteriza ante todo por una tectónica de fracturas NE-SW originada en el precámbrico. La estructura ha sido sometida a modificaciones debido a la reactivación tectónica durante los diferentes episodios geológicos y esto incluye el Cuaternario. La red hidrográfica ha explotado las líneas de debilidad determinadas por la estructura y la tectónica del lugar, dando origen al singular trazado en forma de "W".

Los ríos se han escurrido siguiendo los grandes alineamientos de fallas y han evolucionados limpiando las zonas de trituración tectónica, dejando en evidencia los escarpes de falla, así como las fosas tectónicas en parte hoy ocupadas por el mismo río Níger en su recorrido NE-SW, que toma su forma definitiva a fines del Terciario.

El río Níger ha socavado un *talweg* de unos cuarenta metros de profundidad, si lo relacionamos con la superficie fundamental superior constituida por una meseta topográfica. Si el cañón no posee una profundidad mayor, a pesar de la acción abrasiva del río durante los diferentes períodos pluviales del Cuaternario, ello no tiene menos mérito si se toma en cuenta la naturaleza petrográfica del sector. No hay que olvidarse que aquí el río se enfrenta a areniscas metamor-

fizadas, muy duras y compactas y que en ciertos sectores se presenta casi como una cuarcita o un sill. Sin embargo la débil profundidad del cañón puede también explicarse por la captura tardía del trazado del Níger con el paleo-Níger del Mali que se terminaba en un delta interior (gran lago del Azawag). Esta hipótesis puede ser explotada debido a la débil pendiente que posee el río en el sector, 0,07%. Si tal hipótesis se verifica, entonces las terrazas T1 y T2 serían de factura más reciente (T1 Pleistoceno Inferior y T2 Pleistoceno Medio).

Pusimos en evidencia cuatro terrazas fluviales conformes con las observaciones precedentes efectuadas por diferentes autores y por nosotros mismos en la región. No era evidente volver a encontrar trazas de cantos rodados de cuarzo en los diferentes niveles fluviales del W, debido a las condiciones litológicas generales. Sin embargo, como se trata de un área salvaje, donde la presencia del hombre es casi nula, las trazas fluviales fósiles fueron fácilmente identificables.

Pensamos que las diferentes terrazas del río Níger en el sector del W son correlativas con aquellas observadas aguas arriba, siguiendo un orden cronológico, pero la falta de dataciones precisas no permite avanzar mayormente en este sentido. El nivel T3 es un episodio ahora bien conocido por su súbita brutalidad. Ello ha sido

igualmente comprobado en el sector del W (nivel de Tounga-Djounga).

La carta morfológica presentada en este artículo es la primera realizada en este sector y constituye por lo tanto una contribución suplementaria al conocimiento morfológico del Níger.

BIBLIOGRAFIA

- ALIMEN H. (1987): "Evolution du climat et des civilisations depuis 40.000 ans du nord au sud du Sahara Occidental (premières conceptions confrontées aux données récentes). Bull. Assoc. Franç. pour l'étude du Quaternaire N° 32, (4), pp. 215-227.
- BERGOEING J.P. & DORTHE MONACHON CLAIRE, (1995): "Etude préliminaire de la morphologie du site Salt-Hapex-Sahel, Níger". (ORSTOM). Sous-presse avec Zeitschrift für Geomorphologie Koeln, R.F.A., 15 pp. 2 cartes, 3 fig.
- BLANK, J.P. (1986): "Le Quaternaire ancien dans la boucle du Níger". INQUA/1986. Dakar Symposium "Changements globaux en Afrique". ORSTOM, pp. 35-37.
- DE LANOYE, F. (1958): "Le Níger et les explorations de l'Afrique Centrale". Librairie de L. Hachette et Cie. Paris. pp. 619.
- DUBOIS D, ICOLE M. & TRICHET J. (1984): "Evolution géomorphologique de la vallée du Níger aux abords de Niamey (République du Níger)". Bull. Assoc. Geol. Fr. XXVI, N° 6, pp. 1305-1318.
- DURAND A. & LANG J. (1986): "Approche critique des méthodes de reconstitution paléoclimatiques: Le Sahel nigérothadien depuis 40.000 ans". Bull. Soc. Geol. Fr. II N° 2, pp. 267-278.
- MACHENS E. (1967): "Notice explicative sur la carte géologique du Níger occidental à l'échelle 1: 200.000". Ministère des travaux Publics, des Transports des Mines et de l'Urbanisme de la République du Níger. Ed. du BRGM, pp. 36.
- RICHARD C. (1995): "Fonction Géopolitique, Economique et Environnementale du Parc National du W du Níger et Relations avec les Sociétés Rurales". Mémoire de Maîtrise. Grenoble Juin 1995.
- TAUPIN, J.D. (1990): "Evaluation isotopique de l'évaporation en zone non saturée sous climat sahélien, et évolution géochimique des solutions du sol". Thèse Doctorat d'Etat Es-Sciences. Université de Paris X. ORSAY N° d'Ordre 1442.
- THEVOZ C., OUSSEINI I. & BERGOEING, J.P. (1994): "Aspects géomorphologiques de la vallée du Níger au sud de Niamey (Secteur Saga-Gourma Gourou-Kirey)". Revue de Géographie Alpine. Au contact Sahara-Sahel. Vol. I, pp. 65-80.
- OUSSEINI I. & MOREL A. (1989): "Utilisation des formations alluviales azoïques pour l'étude des paléoenvironnements du Pleistocène supérieur à l'Holocène, au sud du Sahara: L'exemple de la vallée du fleuve Níger dans le Liptako nigérien". Bull. Soc. Geol. Fr. 8 V, N° 1, pp. 85-90.
- PETIT-MAIRE N. (1988): "Déplacements récents de la limite Sahara-Sahel: Le dernier cycle climatique". Sem. Lab. Geol. du 4th continental: Méthodes d'études et point de connaissances sur le dernier cycle climatique (O-14.000 ans). 5,6 Mai 1987. CNRS, Marseille, Luminy, pp. 12.
- WILLEIMS L. & BERGOEING J.P. (1994): "Observations des coupes dans la terrasse T3 dans la vallée du Níger en aval de Niamey". Revue de Géographie Alpine. Au contact Sahara-Sahel. Vol. I, pp. 47-64.