

## Estudio preliminar de la morfología del área Salt Hapex-Sahel, Níger

JEAN PIERRE BERGOEING\*, CLAIRE DORTHE MONACHON\*\*,  
BERNARD MOUGENOT\*\*\*, DAVID CAILLEAU\*\*\*\*, ISSA OUSSEINI\*\*\*\*\*

\* Geomorfólogo. Experto de la Cooperación Francesa  
\*\* Instituto de Geografía Universidad de Lausana, Suiza  
\*\*\* Investigador, ORSTOM  
\*\*\*\* Cartografía numérica, ORSTOM  
\*\*\*\*\* Departamento de Geografía, Universidad de Niamey, Níger

### RESUMEN

*El sitio Hapex-Sahel es objeto de un estudio geomorfológico en una meseta en medio sahariano, a 60 km. al NE de la ciudad de Niamey. Los rasgos maestros que rigen el modelado de este conjunto original se basan en los cambios climáticos, el modelado cársico en substrato de areniscas, asociado a la tectónica y a la cobertura eólica.*

### RÉSUMÉ

*Le site Hapex-Sahel est l'objet de l'étude des aspects géomorphologiques d'un plateau saharien. Situé à 60 km. au NE de la ville de Niamey. Variations climatiques, modelé karstique en substratum gréseux associé à la tectonique et à la couverture éolienne sont les traits majeurs qui ont façonné cet ensemble original.*

### ABSTRACT

*rile geomorphological shapes of Sahelian plateau at 60 km NE of Niamey are evoked. Climatological changes, associated with both, tectonic and sandstone substratum karst dissolution, and an eolian shape are the main lines of this peculiar site.*

### INTRODUCCION

Dicho estudio se inscribe, y es la consecuencia lógica de un programa científico llevado a cabo por el ORSTOM<sup>1</sup>, denominado programa de investigación HAPEX-SAHHEL, efectuado en 1992, en el mismo sector, mediante aplicación de sensores remotos (uso de imágenes de satélite SPOT). El área es un cuadrado de 20 km de lado (Figura 1) situado a 60 km al NE de la ciudad de Niamey, capital del Níger, siguiendo la carretera de Filingué. (Coordenadas geográficas: 13° 28' Y 13° 40' de latitud Norte y 2° 38' Y 2° 50' de longitud Este).

La topografía general está constituida por unas mesetas muy disectadas, de tamaño variable y de altitud subigual de 250 metros. Estas mesetas bordean por el Oeste el Dalol-Boso<sup>2</sup> y se encuentran separadas entre sí por depresiones, algunas veces muy vastas, cuyas vertientes, débilmente inclinadas, bajan hasta los 200 metros de altitud.

Muy clara sobre las fotografías aéreas, la red hidrográfica orientada Norte-Sur se compone

de tres talwegs, de los cuales el principal es el de Wankama, situado al oeste y que cruza la totalidad del sector. Dicha red se compone igualmente de dos tributarios mayores. El primero es el talweg de Sama-Dey se une al principal, aguas abajo de Banizumbú. El segundo es el talweg de Ko-Kaina, cuya confluencia se sitúa fuera del área estudiada. Dicho sistema hidrográfico, de aproximadamente 20 km de recorrido, desemboca en el Dalol-Boso.

Relieves y depresiones se encuentran recubiertos por un espesor de arenas eólicas de dos a cinco metros que fosiliza las depresiones y recubre parcialmente las mesetas. Dichas superficies se encuentran localmente desprovistas de vegetación y muestran superficies lustrosas. Algunas gramíneas crecen, sin embargo, sobre estas superficies, que sirven al pastoreo. Dichas superficies son igualmente explotadas agrícolamente durante el período de lluvias. Los regs de las mesetas conservan una vegetación xerófila dispersa ("brousse tigrée"). Se trata de un chaparral de espinosos, que por sectores se encuentra muy degradado. (AMBOUTA, 1984).

<sup>1</sup> ORSTOM: Organismo Francés de Investigaciones Científicas de Ultramar.

<sup>2</sup> Dalol-Boso (*Dolol-Bosso*) Vasta depresión tectónica meridiana, precámbrica, resultado de la sutura del cratón occidental del África con el eraron central y aparentada a un valle fluvial.

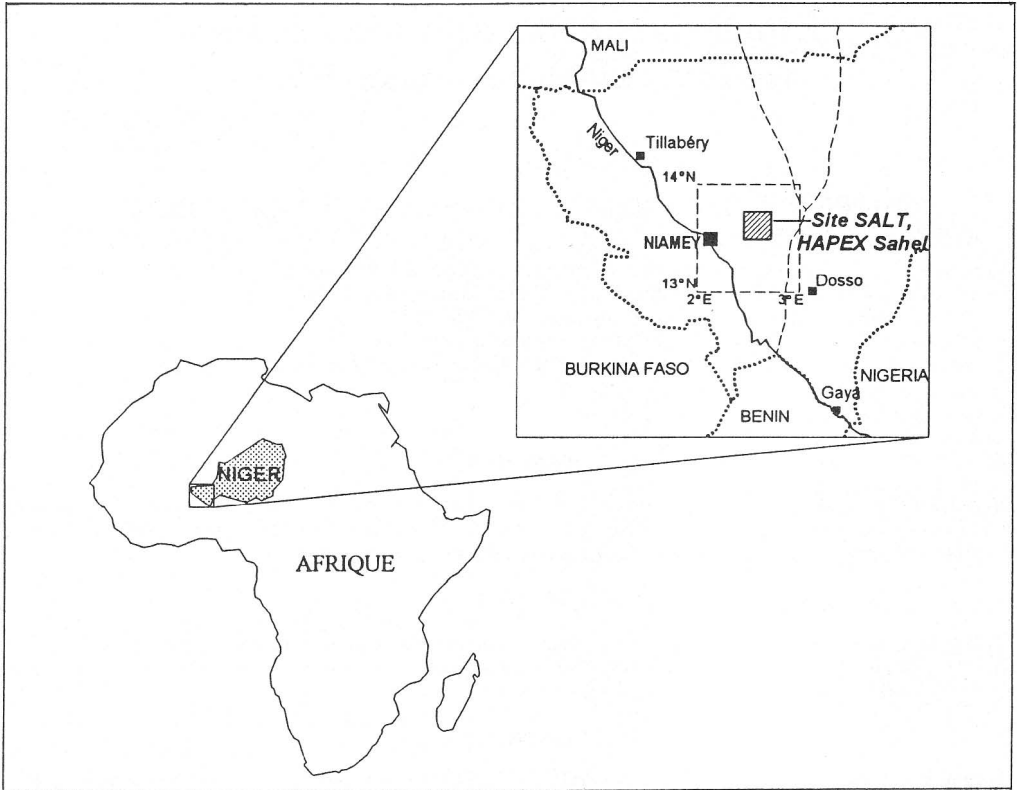


Figura 1: Area de estudio.

## 1. CONTEXTO GEOLOGICO

La estructura es simple, tabular, constituida por una acumulación subhorizontal de areniscas limosas y arcillas de edad Terciaria (Continental Termina!), (Greigert, 1966). El buzamiento se encuentra débilmente inclinado hacia el Este. Una pseudocoraza ferruginosa, cuyo contenido ferroso es de proporciones muy variables, afecta la superficie superior. Un segundo nivel de coraza, inferior, situado a unos veinte metros de la cumbre, aflora en algunos sectores.

Las areniscas, cuyo espesor medio se sitúa alrededor de los 60 metros, según los sondeos y forados de la estación de Banizumbú (Ofedes, 1988), se encuentran densamente fracturados. La red de fracturas depende y está condicionada por el zócalo granítico subyacente (diaclasas de descompresión y tectónica de fracturas).

## 2. MORFOLOGIA: FORMAS ESTRUCTURALES Y CLIMATICAS

Desde fines del Terciario, el relieve cuya evolución ha sido fuertemente determinada por las condiciones estructurales y litológicas, ha estado sometido a importantes variaciones climáticas

(oscilaciones repetidas entre un clima de tipo tropical húmedo a una aridez de intensidad variable, según los períodos).

### 2.1. Un relieve particular de cuestras

La costra ferruginosa superior confiere a esta estructura monoclinas un aspecto de relieve de cuestra, pero dicha estructura se encuentra tan desmantelada que lo único que subsiste es un conjunto de cerros-testigos y de cerros-secundarios, de tamaños muy diversos.

#### *Los reversos de cuestra*

Las superficies superiores que constituyen los reversos de cuestra son aplanadas. Los sectores donde la costra ferruginosa es maciza se presentan como regs de escurrimiento difuso, así como por charcas y lagunas estacionales. Cuando la costra ferruginosa es débil o bien inexistente, dichas mesetas evolucionan adoptando formas depresivas que son colmatadas por los sedimentos eólicos. De hecho, las pozas y depresiones corresponden a dolinas o mejor dicho pseudodolinas, que han explotado los alineamientos más débiles de las areniscas limosas, que se encuentran fuertemente diaclasadas y que como la deno-

minación lo indica, testimonia de una actividad de infiltración pseudocársica. Este último fenómeno se encuentra expuesto por la presencia de numerosos conductos subterráneos, antiguos, algunos de ellos obstruidos por taponos arcillosos. Dichas manifestaciones son visibles en las cornisas superiores y en las cimas de los cerros-testigos, donde forman conductos cuyo desmantelamiento evoluciona hasta dejar verdaderas ventanas. Este paisaje tiene analogías con el del carso de areniscas del Este del Níger, estudiado por Busche y Sponholz (1992).

Numerosas pseudodolinas son visibles sobre la meseta (Figura 4). A veces adquieren vastas dimensiones, como es el caso de la depresión semicircular de Darey, poblado Zarma de la localidad. El forado hidráulico, actualmente explotado por los habitantes de la localidad, ha sido objeto de un estudio, por el ORSTOM, sobre la recarga y descarga anual debido a las lluvias, dejando en claro el comportamiento de circulación subterránea del lugar (Este ves & Lenoir, 1994).

Los bordes de la meseta, cuya cornisa festoneada no supera los dos metros, presenta un recorte en lóbulos, a veces semicirculares, que en gran parte son el resultado de la disolución. La cornisa se ve interrumpida en algunos sectores, dejando establecerse pasos o collados que son una transición imperceptible entre llanura y meseta. La abundancia de la acumulación eólica en dichos sectores es probablemente la consecuencia de una circulación preferencial de los vientos dominantes.

### Los frentes de cuesta

La evolución de los frentes de cuesta está directamente relacionada con la costra ferruginosa superior, que raramente pasa el metro de espesor, y de una serie sedimentaria subyacente, cuya litología es arenisco-limosa. Dichas características confieren una pendiente débil al perfil general de la vertiente. Sin embargo, el perfil del

talud, propiamente tal, es cóncavo-convexo, y de pendiente acusada. Los frentes de cuesta se presentan en algunos casos como escarpes de línea de falla, que siguen los grandes alineamientos tectónicos. Los pequeños cerros-testigos y cerros-secundarios, que subsisten a uno o dos kilómetros del frente de cuesta, son testigos de la importante disección y del retroceso del frente mismo.

Los taludes se presentan tapizados de derrubios. La base está constituida por una acumulación compleja: estrechamente imbricada se presenta un conjunto de coladas de barro, conos torrenciales, derrubios y acumulaciones eólicas. (Figura 2). La erosión hídrica lineal pone en relieve dichas antiguas formas de acumulación.

Una costra ferruginosa secundaria está presente en casi todos los sectores y se hace visible a unos veinte metros verticales de la primera. Se encuentra en vías de exhumación debido a la erosión diferencial, y se presenta como una meseta cuya superficie constituye un reg. Igualmente puede originar pequeños escarpes que rompen la monotonía de la débil pendiente general. Es el caso particular al Este del poblado de Maurey-Tokobinkani. Sólo el borde de la meseta secundaria es visible ya que se encuentra generalmente recubierto, aguas-arriba, por una cobertura eólica. A veces la acumulación dunaria, fosiliza completamente este nivel, tal como se hace evidente en la vertiente Oeste, entre Maurey-Kuara-Zeno y Bundú.

### 2.2. Una hidrografía compleja

A primera vista la red hidrográfica es muy densa. En efecto, numerosas quebradas subparalelas, entallan profundamente las vertientes. El material fino así transportado es depositado por descarga en los colectores principales. Estos últimos actualmente están inactivos. Sólo las lagunas estacionales ocupan los bajos-fondos no aún colmatados por las descargas arenosas. En Wankama, en Maurey-Kuara-Zeno y en Bundú, las

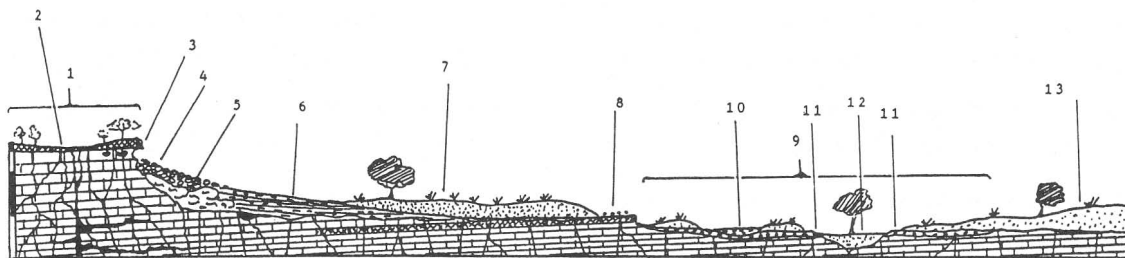


Figura 2: Corte esquemático tipo, del área de estudio.

1. Meseta ferruginosa. 2. Pseudodolina. 3. Cornisa del frente de cuesta. 4. Conos de derrubios. 5. Coladas de lodo. 6. Conos de deyección. 7. Cobertura eólica actual. 8. Segunda costra ferruginosa, 9. Lecho mayor fluvial. 10. Antiguos meandros en parte fosilizados por la acción eólica y evolucionando a lagunas temporales. 11. Terrazas fluviales encajonadas. 12. Lecho menor fósil (Kori). 13. Duna secundaria alterada por los óxidos de hierro.

lagunas permanentes son artificiales, debido a la explotación de pozos artesianos cuyas aguas son alcalinas. El corte longitudinal del kori<sup>3</sup> principal de Wankama, se presenta como una sucesión de débiles depresiones lacustres temporales o permanentes, separadas por débiles acumulaciones eólicas. Algunos afluentes laterales que desembocan en el colector principal presentan un breve trazado aguas-arriba, en la zona de confluencia, lo cual traduce la ausencia actual de escurrimientos del colector principal.

### *El colector principal*

El kori de Wankama es el colector principal del área de estudio. El examen de las fotografías aéreas, así como de las imágenes del satélite SPüT, revelan que el trazado general de la hidrografía está supeditado a un sistema de fracturas cuya red está calcada sobre la del zócalo granítico.

Algunos sectores hidrográficos rectilíneos, orientados N-S, están unidos entre sí por meandros. Algunos están calcados sobre la red de fracturas, como es el caso al sur del poblado de Korto.

El kori ha socavado su propio talweg en un valle, cuyos límites parecen coincidir con el borde de la costra ferruginosa secundaria. Topográficamente, el límite es poco evidente y localmente se encuentra recubierto por depósitos eólicos. Dicho valle presenta un perfil, a lo ancho, escalonado. Los niveles son particularmente visibles en la margen izquierda de Korto, y son netamente menos evidentes al Norte de Maurey-Kuara-Zeno.

El ancho promedio del kori no alcanza los 5 a 10 metros en los trazados rectilíneos. Sin embargo, puede llegar a los 20 metros en las curvas de los meandros. Las perforaciones que hicimos en el sector, permitieron poner en evidencia un relleno arenoso hidroeólico de más de 5 metros de espesor.

### *Las terrazas fluviales*

Entre Wankama y Maurey-Kuara-Zeno aparecen dos niveles de terrazas fluviales, encajonadas, que son visibles en algunos sectores sobre ambas márgenes del kori. Las terrazas fluviales dominan de 3 a 5 metros el actual fondo plano arenoso del kori. Están constituidas por cantos rodados y material ripioso cuyo origen proviene de la costra ferruginosa superior de las mesetas. Dichos elementos alternan con pastillas de cuarzo muy pulidas, que son remanentes transportados del período Continental Terminal. El todo se ve

fuertemente cementado en superficie por un componente arcillo-arenosa cuyo endurecimiento, como es lógico, es de origen ferruginoso. La granulometría disminuye rápidamente aguas-abajo, y las terrazas desaparecen definitivamente al Sur de Maurey-Kuara-Zeno.

La terraza superior se presenta como una superficie plana formada por cantos rodados de areniscas y recubierta en parte por la cobertura eólica. La terraza inferior, por el contrario, es maciza y forma pequeños escarpes muy compactos. A dos kilómetros al Sur de Wankama, el primer meandro ha sido objeto de dos forados. El primero (F1), en la cima del lóbulo y el segundo (F2) en el talweg. (Figura 3a).

El forado N° 1, de una profundidad de 5 metros, deja entrever los siguientes niveles: Base formada por 20 cm de areniscas sanas de color ocre-amarillento. Luego un espesor de 1,50 metro de cantos rodados de areniscas bien pulidas de 1 a 10 cm de diámetro, cementados en una matriz arcilloso-arenosa de color rojo (terrazza inferior), luego un espesor de 1 m de cantos rodados poco pulidos, y mal repartidos, igualmente consolidados en una matriz arenoso-limosa de color amarillo-ocre (terrazza superior). Por último, 2,30 metros de arenas finas eólicas, con pasajes finos, interstratificados, discontinuos de arcilla café. Todos los niveles se encuentran finamente fisurados. Las fisuras se prolongan hasta la roca madre.

El forado N° 2, de una profundidad de 3,70 metros, muestra los siguientes niveles: En la base, 10 cm de areniscas limosas, muy alteradas, que constituyen el substratum. Encima un lecho fluvial de 10 a 40 cm de espesor constituido por cantos rodados y bloques de areniscas de 2 a 40 cm de diámetro, bien desgastados, alterados y consolidados. (Presencia de carbón vegetal en la parte superior, datado al C14 = 39S0 + SOB) (Figura 3a), luego 3,50 metros de espesor de arenas grises, groseras el todo coronado por 33 cm de un lecho arcilloso-arenoso de color ocre-claro. En el espesor de arenas, a 1,80 m. encontramos una segunda muestra de carbón vegetal que también fue datado al e 14, dio 13S0 + 80 BP.

La primera datación C 14 (Instituto de Radioisótopos de la Universidad de Niamey) nos permite afirmar que el talweg de Wankama fue funcional hasta 4.000 años BP. Es probable que posteriormente la aridez creciente haya provocado la colmatación de arenas del lecho menor, dándole el aspecto topográfico actual. En cuanto a la segunda datación, permite poner en evidencia la continuidad del proceso eólico de recubrimiento.

En Maurey-Kuara-Zeno, a una distancia aproximativa de 8 km al Sur de los dos primeros forados, practicamos una serie de 4 forados, en un corte transversal E-W del kori de Wankama,

3 KORI: Nombre dado localmente a los oued o escurrimientos fluviales temporales, estacionales o esporádicos en medio árido.

cuyo ancho alcanza los 77 metros aproximadamente. Tres fueron cavados en el fondo del kori y el cuarto en la duna de la margen derecha (Figura 3b).

El forado N° 1 corresponde a una zanja que toma contacto con la terraza inferior de la margen izquierda del kori de Wankama. Desde la base encontramos: a 80 cm de profundidad, las areniscas limosas del substratum muy alterados, con presencia de cantos rodados "fantasmas". Sobre esta base, 50 cm de espesor de material ripioso de areniscas angulosas que descansan en una matriz predominantemente arenosa. Dicho nivel está coronado por 20 cm de coluvios limoso-arenosos estratificados.

El forado N° 2 se encuentra a 23 metros al Oeste del primero. Posee 7 metros de profundidad. Dicho foraje atraviesa espesores de arenas gruesas grises. En superficie volvemos a encontrar los coluvios limoso-arenosos estratificados, y en profundidad, antes de tocar el substratum de

areniscas compactas, la serie posee 20 a 30 cm de finos estratos ripiosos propios de un fondo de talweg. Aquí el perfil lineal del río toma una forma acañonada que refleja bien un substratum tectónicamente debilitado.

El forado N° 3 fue practicado a 23 metros del segundo. Revela sobre 3 metros de profundidad, las mismas arenas descritas anteriormente, que descansan sobre las areniscas ocre-amarillas del Continental Terminal, el cual tiene una apariencia de roca no alterada.

El forado N° 4, situado a veinte metros del forado N° 3, se encuentra en la margen derecha del río, sobre una vertiente constituida por una duna, la cual domina dos pequeños niveles de terraza fluvial. El corte deja entrever a 5 metros de profundidad la roca-madre sana. Sobre ella descansan 2 metros de material ripioso fluvial anguloso de areniscas, de 2 a 3 cm de diámetro, el todo bien consolidado. La estratificación se encuentra sepultada por arenas rubeficadas y con-

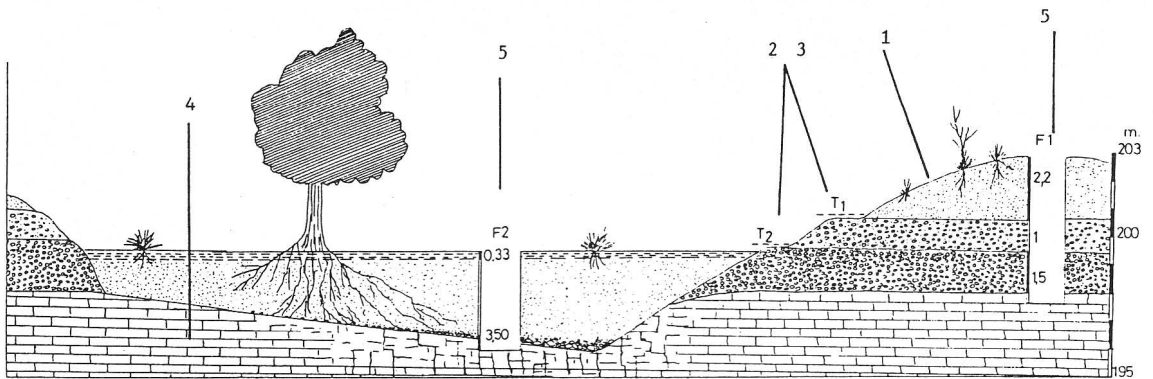


Figura 3a: Corte transversal del KORI DE WANKAMA (1<sup>er</sup> Meandro)

1. Dunas fósiles. 2. Terraza fluvial superior T1. 3. Terraza fluvial inferior T2 ferruginizada. 4. Roca-Madre (Areniscas amarillas del continental terminal). 5. Forados practicados en el terreno F1 y F2.

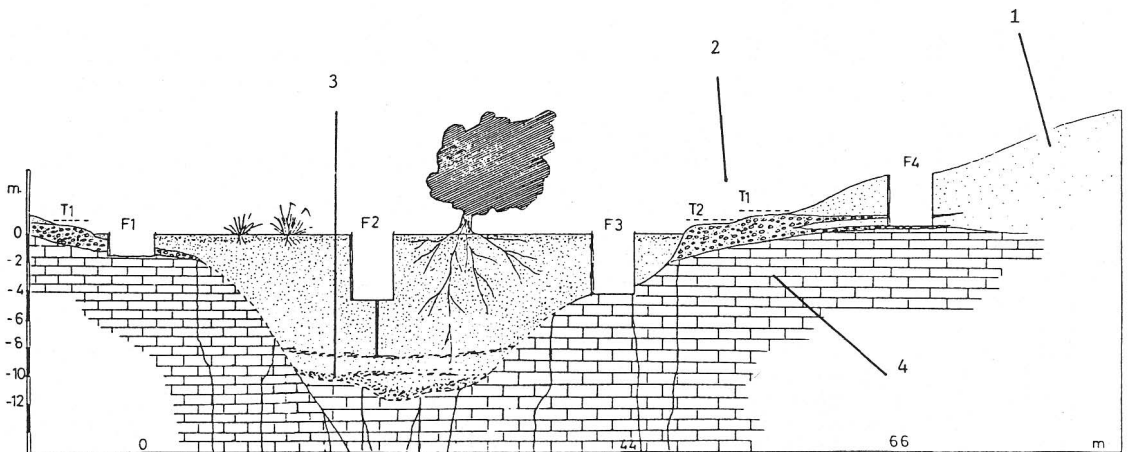


Figura 3b: Corte transversal del KORI DE WANKAMA (Maurey-Kuara-Zeno).

1. Duna fósil. 2. Terraza fluvial donde no aparecen claramente los dos niveles anteriores. 3. Fondo fluvial ripioso. 4. Roca-madre (areniscas amarillas del continental terminal). 5. Forados practicados en el terreno F1 a F4.

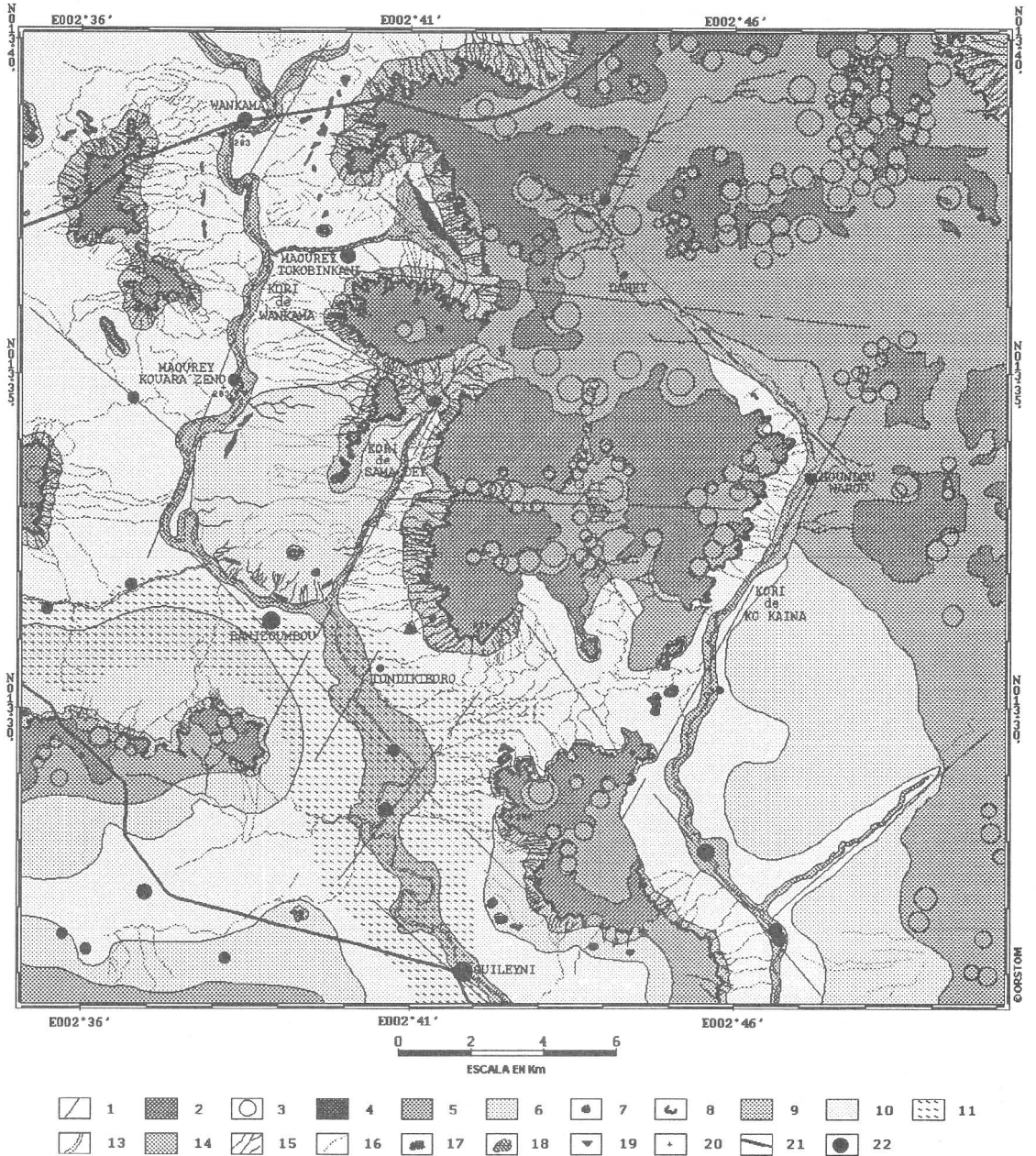


Figura 4: Carta geomorfológica preliminar del área salt Hapex-Sahel, Níger.

- I. Estructura: 1. Alineamientos tectónicos heredados del basamento granítico. 2. Superficie estructural superior (Fines del Terciario ?) ferruginosa que constituye los reversos de cuesta.
- II. Modelado de disolución: 3. Pseudodolinas sobre reversos de cuesta. 4. Nivel inferior de reconstitución de costra ferruginosa.
- III. Modelados de erosión: 5. Superficie subestructural intermedia. 6. Bajo nivel constituido por un glacis ferruginoso. 7. Cerros testigos y cerros secundarios. 8. Bordes festoneados de meseta (frentes de cuevas). 9 Taludes surcados, de frentes de cuevas con conos de derrubios y antiguas coladas de lodo o barro. 10. Glacis de derrubios sobre superficie hidro-éolica.
- IV. Modelados de acumulación: 11. Grandes valles fosilizados por los depósitos eólicos. Probablemente, antiguas depresiones lacustres. 12. Conos de deyección.
- V. Modelados fluviales: 13. Principales talwegs (oueds colmatados por la arena) que explotan los principales alineamientos tectónicos. 14. Lechos fluviales madres con meandros que se transforman en lagunas. 15. Surcos y pequeños oueds torrenciales (Koris). 16. Escurrimientos en vías de estancamiento por recubrimiento eólico. 17. Lagunas permanentes (artificiales, debido a la intervención humana). 18. Lagunas temporales, estacionales. 19. Terrazas fluviales con cantos rodados de areniscas ferruginizadas (Niveles T1 y T2).
- VI. Topografía y Planimetría: 20. Cotas altimétricas. 21. Carreteras y senderos. 22. Poblados y villorrios.

creciones ferruginosas (muñecas de hierro). Dentro de este material ferruginoso se encuentra a 2,20 m de profundidad, intercalado un banco de 10 cm de espesor constituido de elementos rodados de pequeño tamaño (alrededor del cm de diámetro) que corresponde a la terraza inferior. A 1,40 m se destaca un segundo blanco, similar al primero, cuyo espesor alcanza 5 cm. El conjunto del depósito presenta finas fisuras que se prolongan en el substratum. El fenómeno es idéntico al observado en los forados del lóbulo del meandro de Wankama.

Un último forado fue practicado aguas abajo, en el sector limítrofe del área de estudio, próximo al poblado de Korto. De una profundidad de 3,70 metros, el forado permitió poner en evidencia, 20 cm de una estratificación superior de arenas limosas compactas, alternadas por lechos arcillosos ocre-amarillos, análogos a los observados aguas-arriba, tanto en Wankama como en Maurey-Kuara-Zeno. Esta estratificación descansa sobre 3,30 metros de arenas compactas, arcillosas-limosas grises, intercaladas con pequeños lechos arcillosos. A 3,50 metros encontramos carbón vegetal que no ha sido datado. La base nos es desconocida, ya que la formación descansa sobre 20 o más centímetros de arenas eólicas blancas, sin cohesión alguna, lo cual impidió proseguir el forado.

### 2.3. Un modelado eólico desmantelado

La cobertura eólica se encuentra presente por doquier (Figura 5). En algunos sectores las acumulaciones pueden alcanzar espesores considerables, en particular en las vastas, pero poco profundas depresiones topográficas, especialmente las orientadas E-W, que probablemente favorecieron, por su posición, el aprisionamiento de la arena.

Los taludes Oeste, de las mesetas, constituyen algunas veces dunas de abrigo, de color ocre-rojo debido a la rubefacción. Pueden constituir acumulaciones importantes y fosilizar los depósitos sedimentarios anteriores de las vertientes. Dichas dunas de abrigo se encuentran actualmente en vías de desmantelamiento parcial, y los surcos de origen fluvial, que las entallan, dejan aparecer un modelado anterior. La duna de abrigo observable al Este del poblado de Tondi-Kiboro, constituye un caso ejemplar. Por otra parte, los taludes situados al Este de las mesetas presentan una morfología análoga, formando un depósito de dunas de obstáculo.

Las dunas de obstáculo, orientadas E-W, son igualmente numerosas en los valles. Han desorganizado la red hidrográfica creando una topografía ondulada. Dichas dunas poseen una gama de coloraciones diferentes, que van del ocre-amarillo al ocre-rojo.

### 2.4. Los glacís

La cobertura eólica que recubre la totalidad de las depresiones ha evolucionado, primero en conos de deyección coalescentes y luego en glacís erosivos, para constituir finalmente glacís deposicionales. Pequeñas redes hidrográficas, creadas durante un período más húmedo, anterior, y tributarias del colector principal, se encuentran ahora completamente desorganizadas por dicha cobertura eólica. Algunas quebradas afluentes, funcionales durante el período de lluvias, canalizan la arena, formando en sus desembocaduras vastos conos de deyección arenosos, que son la causa de las formas ameandradas del curso principal.

Los glacís mueren aguas-abajo, al contacto con la segunda costra ferruginosa.

## 3. ENSAYO DE CRONOLOGIA RELATIVA

Las observaciones efectuadas permiten poner en evidencia un conjunto de formas y depósitos, resultado de importantes cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario. La ausencia de dataciones, anteriores a algunos miles de años, no permite en el estadio actual de la investigación precisar la cronología de los acontecimientos. Sin embargo, al menos cuatro fases pueden ser distinguidas. De la más antigua a la más reciente, las siguientes fases se destacan:

1. Fase muy húmeda. Es aquella que dio origen a las coladas de barro, depositadas a los pies de las mesetas, en parte desmanteladas. Conoció igualmente la evolución, por no decir el origen de las formas y de las redes cársicas observadas en las areniscas de las mesetas.

2. Fase seca. Se traduce en el relieve, por la aparición de dunas de abrigo y dunas de obstáculo, localizadas a los pies de las mesetas. Durante esta fase, igualmente, las areniscas macizas de la meseta sufren estrías de corrosión eólica (sitio prehistórico de Korto que hemos descubierto durante la investigación). Esta segunda fase es compleja y debería ser subdividida en varios períodos alternados de humedad y sequía, como deja entrever la presencia de escurrimientos interestratificados en el seno de las dunas.

3. Fase húmeda. Se caracteriza por una erosión de las dunas de abrigo que originó conos de deyección, glacís, etc. Durante esta fase, el escurrimiento a través de los meandros de la terraza superior todavía funcionaba.

4. Fase subactual y actual subárida. Testigo principal es la cobertura eólica actualmente esta-

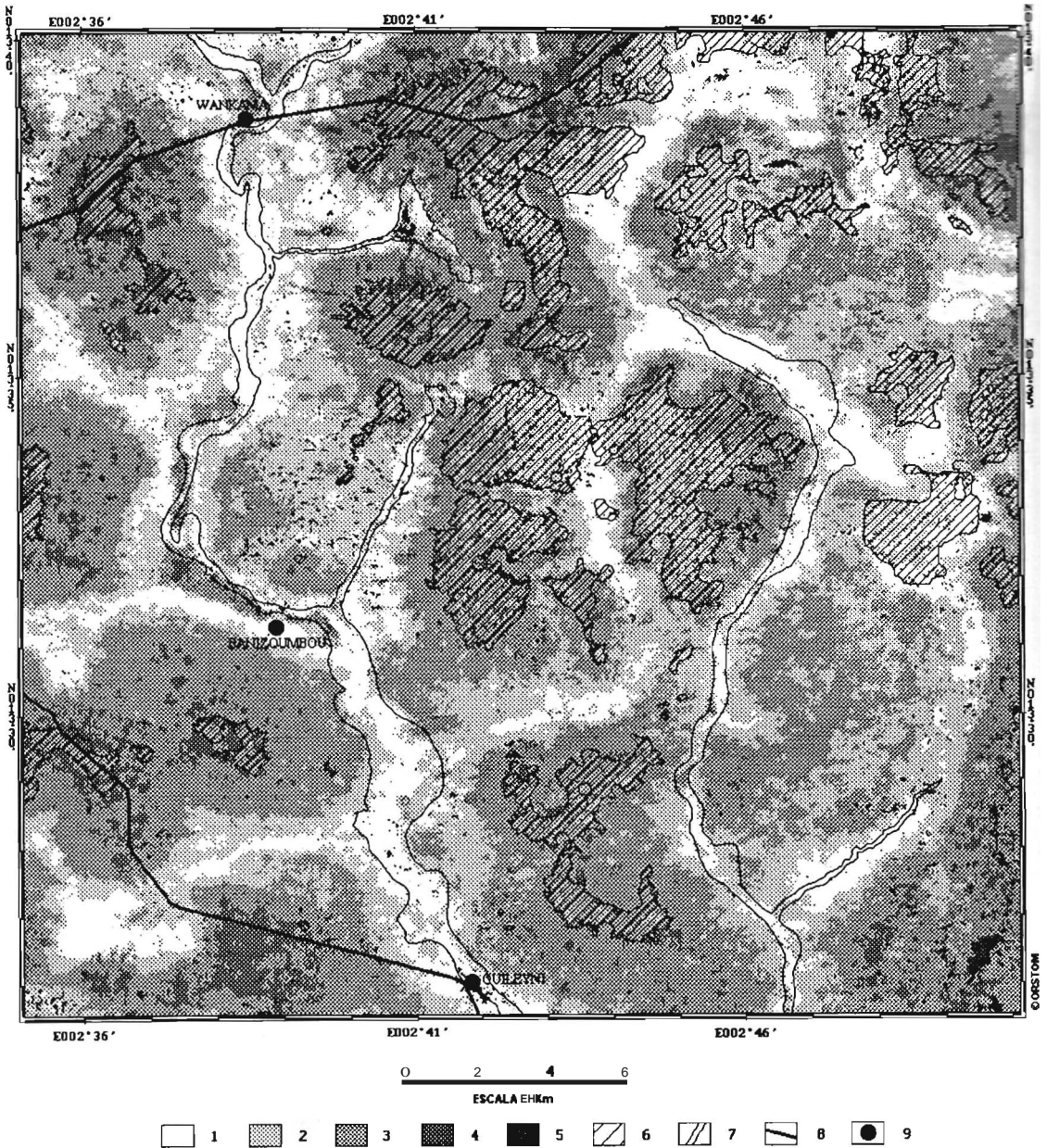


Figura 5: Cobertura eólica del área Hapex-Sahel, basada en los estados de superficie, según imagen SPOT.

1. Relleno hidroeólico de dinámica actual. 2. Arenas eólicas de desplazamiento reciente. 3. Arenas eólicas rubeficadas sobre taludes y mesetas dismanteladas. 4. Arenas erosionadas sobre taludes y mesetas dismanteladas. 5. Vegetación. 6. Mesetas. 7. Lechos fluviales madres. 8. Carreteras. 9. Poblados.

bilizada por las gramíneas, las incisiones y surcos de los conos de deyección, así como los conos torrenciales arenosos que se depositan actualmente en los talwegs de los actuales koris.

#### IV. CONCLUSIONES

El sitio Hapex-Sahel es muy original e interesante. Por su modelado, muestra un pasado cli-

mático complejo, que ha profundamente marcado el paisaje. Una cobertura eólica, de casi cinco metros de espesor medio, fosiliza y recubre un relieve de mesetas y valles, mucho más disectados que lo que deja entrever actualmente la topografía, así como un sistema de derrubios y glaciés, algunas veces modelados en las dunas. Los cerros testigos, disectados por la disolución cársica, son relictos de un relieve mucho más macizo durante el Neógeno.



La traza de los escurrimientos lineales, así como difusos, está estrechamente ligada a la red de diaclasas de zócalo granítico, por donde el agua se infiltra. De ello resulta una disolución pseudocársica imponente, así como un socavamiento relativamente reducido de los talwegs. Sin embargo, en cortas distancias, los ríos tuvieron un comportamiento completamente normal, edificando terrazas con cantos rodados de areniscas.

Actualmente el sistema hidrográfico no es funcional, debido a la cobertura eólica que ha colmatado los talwegs. Las lluvias estacionales sólo se infiltran y constituyen una red subterránea esporádica. En los fondos planos y arenosos de los koris, ahí donde la capa areno-arcillosa de los derrubios y de los conos torrenciales es suficientemente consistente, el agua se acumula, formando pequeñas lagunas que se evaporan durante el largo período seco anual.

Un futuro cambio climático, más húmedo, podría terminar con las actuales acumulaciones eólicas de los talwegs, por efecto de descarga violenta de agua, permitiendo a los escurrimientos fluviales ser nuevamente funcionales. Es lo que debe haber acontecido en un pasado no muy lejano, creando una fuerte erosión que destruyó los testigos fluviales más antiguos, y dejando a la vista sólo aquellos depositados durante esa fase. Es tal vez por esta razón invocada que sólo encontramos dos terrazas fluviales encajonadas, recientes. El lecho mayor de 200 a 300 metros de ancho, con sus meandros y sus depósitos fluviales fósiles de cantos rodados, es otro testimonio del escurrimiento lineal que pudo haber funcionado hasta 4.000 años BP, inicio de la fase seca actual.

## BIBLIOGRAFIA

- BAUMHER R. & SCHULTZ E. 1984: "The holocene lake of Seguedine, Kaouar, N.E. Niger". Paleocology of Africa and surrounding islands, Vol. 16, A.A. Balkema, Rotterdam, Boston.
- BUSCHE D. & SPONHOLZ B. 1992. "Morphological and micromorphological aspects of the sandstone karst of eastern Niger". Z. Geomorph. N.F. Berlin-Stuttgart, Supp - Bd. 85, pp. 1-18.
- COQUET G., KARCHE J.P., & DE SAINT-ONS J. 1962. "Phénomènes d'allure karstique dans les quartzites de l'Ibits". Revue Madagascar N° 1, 1962. pp. 123-126.
- DETLEF B. & SPONHOLTZ B. 1992. "Morphological and micromorphological aspects of the sandstone karst of Eastern Niger". Z. Geomorph. N.F. Sppl. - Bd 85 pp. 1-18. Berlin-Stuttgart. 1992.
- DUBOIS D., COLE M. & TRICHET J. 1984. "Evolution géomorphologique de la vallée du Niger aux abords de Niamey". (République du Niger). Bull. Soc. Géol. Fr., Paris, série 7 T. XXV 1 N° 6 pp. 1305-1318.
- ESTEYES MICHEL & LENOIR FRANÇOIS. 1994. "Un exemple de fonctionnement hydrologique dans la région de Niamey: le bassin de Sarna-Dey. Hydrologie Cont., ORSTOM, Paris 1994.
- PETIT-MAIRE N. 1990. "Préhistoire des bassins affluents de la rive gauche du fleuve Niger". In "Vallées du Niger" pp. 1-19. Paris, UNESCO, 1990.
- THEYOZ C., OUSSEINI I. & BERGOEING J.P. 1994. "Aspects géomorphologiques de la Vallée du Niger au Sud de Niamey. (Secteur Saga-Gourma Gorou-Kirey)". Revue de Géographie Alpine. Au contact Sahara-Sahel. Vol 1. pp. 65-80. Grenoble.
- WILLEMS L., LENOIR F., LEYEQ J.M. & YICAT J.P. 1993. "Evolution du relief au Niger occidental: rôle de la fracturation du socle précambrien et de la formation de pseudo-karst au sein de la lithomarge et de la couverture sédimentaire". C.R. Acad. Sci. Paris t. 317, Série II, pp. 97-101.
- WILLEMS L. & BERGOEING J.P. 1994. "Observations des coupes dans la terrasse T3 dans la Vallée du Niger en aval de Niamey". Revue de Géographie Alpine, Au Contact Sahara-Sahel. Vol. 1 pp. 47-63. Grenoble.