

Évolution du lit majeur du fleuve Chari à N'Djamena de l'Holocène à nos jours

Development of the bed and major Chari river bank at N'Djamena since Holocene

DOUDJE KERTEMAR⁽¹⁾, TCHINDJANG MESMIN⁽¹⁾ & MOUPENG BEDJAOUE⁽²⁾

Abstract : River bed provides a lot of information on the evolution of palaeo climate. But it also helps to build an example of models to illustrate some dynamic climatic conditions and geological data. These considerations lead us to study the erosion on the Chari river banks from the Holocene to the present day in N'Djamena. Chari River is an endorheic watercourse who dug his bed in tertiary and quaternary sediments. This river belongs to a tropical system across two types of climate: tropical wet and tropical dry season contrasts. To realize this study, we carried out observations and samples collecting across the Chari River banks.

The lateral erosion affects those banks that recede. This phenomenon, its scale, concerned municipal authorities of the city. Seasonal fluctuations of the Chari regime, seem to be the main factor of sedimentation of fine materials to medium cuts observed on levees which form the floodplain. The heterogeneity in the diversity of materials and layering can be explained by an irregular river dynamic and changing over time.

In addition, during the dry season, Chari River at N'Djamena, seems to suffer from wind influence. The presence of eolised sand as well as the lower level of the Holocene banks dune accumulations occurring in the dry season, now show that throughout the ages, the action of the trade winds has been ongoing on regular basis. This implies that conditions have changed since a few thousand years.

Keywords : Chari, Erosion, N'Djamena, River bank, River bed

Résumé : Le lit d'un fleuve constitue une mine d'informations sur l'évolution des paléoclimats et du fleuve en question selon une certaine dynamique des conditions climatiques et géologiques données. Ces considérations nous ont conduits à étudier le comportement du lit du fleuve Chari de l'Holocène à nos jours à N'Djamena. En effet, ce cours d'eau endoréique à régime tropical contrasté a creusé son lit dans des sédiments tertiaires et quaternaires. Le présent article a pour objectif, la connaissance du système hydrographique de ce fleuve à travers l'analyse des structures lithologiques et morphologiques qui le caractérisent afin d'évaluer d'une part, les mutations qu'il a subies et, d'autre part, de contribuer à une réflexion susceptible de servir dans le cadre d'un aménagement. La méthodologie ayant servi à mener à terme cet article a consisté, outre la consultation de rares ouvrages, à la collecte de données sur le terrain le long des rives du fleuve. Ainsi, des prélèvements d'échantillons ont été réalisés sur des coupes offertes par les berges et les carrières. Lesdits échantillons ont été analysés à la loupe. En outre, l'analyse des photographies aériennes et des images satellites disponibles a permis de compléter ces données et de bien évaluer la dynamique du lit du fleuve Chari.

Les fluctuations saisonnières observées dans le régime du Chari, semblent être le principal facteur d'alluvionnement des matériaux fins à moyens, observés sur les coupes de levées alluviales qui forment le lit majeur. L'hétérogénéité des matériaux et la diversité du litage s'expliquent par une dynamique fluviale irrégulière et changeante au fil du temps. Enfin, le cours du Chari, à hauteur de N'Djaména, semble subir, depuis de longues dates, l'influence éolienne. La présence de sable éolisé, au niveau inférieur des berges holocènes, les accumulations dunaires qui s'opèrent actuellement en saison sèche montrent qu'à travers les âges, l'action de l'Alizé a été permanente et régulière. Cela suppose que les conditions ont pu changer depuis quelques milliers d'années.

Mots clés : Berges, Chari, Erosion, Lit majeur, N'Djamena.

INTRODUCTION

L'importance du lit majeur et du lit mineur est fonction du régime hydrologique et de l'activité morphologique d'un cours d'eau (TRICART, 1965). Pour le mettre en exergue, on doit selon lui aborder les facteurs d'écoulement, notamment climatiques et lithologiques, du fleuve Chari. Le Chari, étant un hydrosystème, cette étude ne saurait se limiter à sa seule frange de N'Djamena.

⁽¹⁾Doudje Kertemar, doctorant, Université de Yaoundé I, doudjekjeanbap1@yahoo.fr

⁽¹⁾Tchindjang Mesmin, Université de Yaoundé I, mtchind@yahoo.fr

⁽²⁾Moupeng Bedjaoué, Université de N'Djamena m_bedjaoue@yahoo.fr

Ainsi, dans un premier temps, présenterons-nous les caractéristiques climatiques et géologiques du bassin de ce fleuve. Ensuite, nous aborderons le comportement du fleuve Chari et son « activité morphologique », ses caractéristiques hydrologiques, le façonnement du lit, la lithologie et les facteurs d'érosion des berges holocènes du fleuve Chari. Ce qui nous permettra de mieux saisir l'évolution du lit et de l'érosion des berges du fleuve Chari de l'Holocène à nos jours à N'Djamena.

CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET GÉOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT DU CHARI.

Selon DEMANGEOT (1976), le bassin versant est l'espace géographique alimentant un cours d'eau et drainé par lui. Le Chari draine ainsi un bassin de 600 000km² qui s'étend sur trois pays : le Tchad, la Centrafrique et le Soudan (figure 1). Il s'étire selon un grand axe de direction ENE-WSW et un petit axe NNW-SSW avec les coordonnées 5°47' à 14°58'N et 15°13'E à 24°25'E. Le bassin du Chari est constitué essentiellement des formations superficielles de couverture (figure 1).

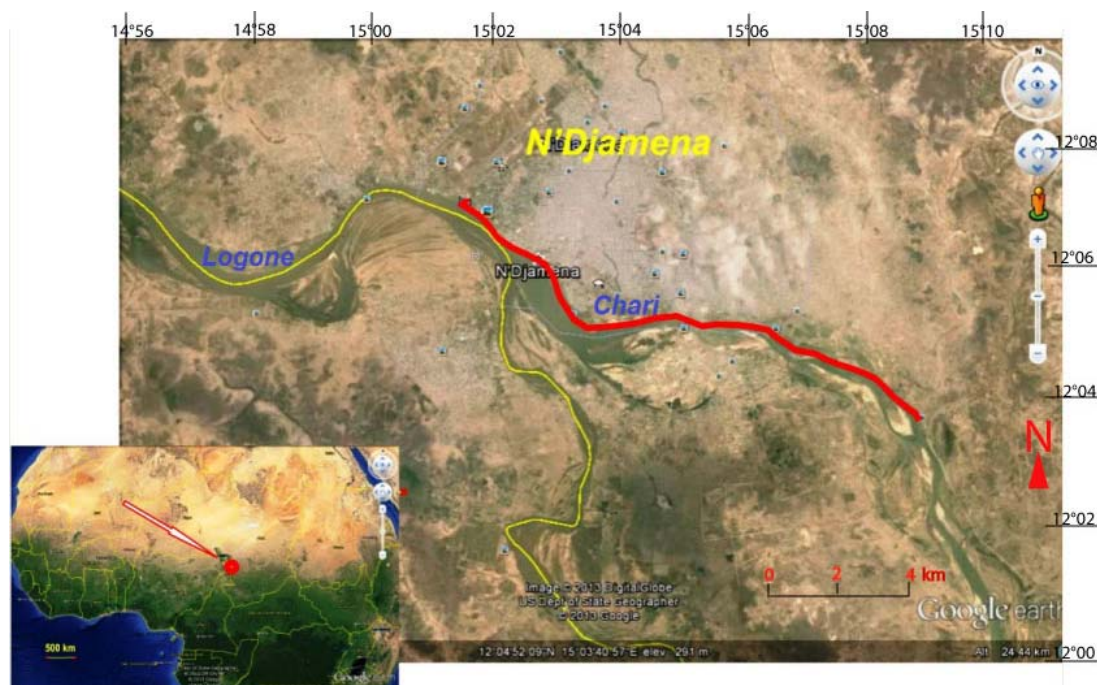


Figure 1 : Le fleuve Chari à N'Djamena (Source : Google Earth, juillet 2013).

Un bassin aux précipitations variables

L'extension du bassin du Chari à la fois sur le climat tropical humide et sec, explique la variabilité des précipitations en latitude. Ainsi, Bouca et Crampel, deux stations situées respectivement à 6°30' et 6°59' N en RCA, reçoivent un peu plus de 1400mm de pluies par an, avec une saison de pluies de 8 à 9 mois. Lorsque l'on progresse vers le nord, la quantité de pluie diminue en même temps que la durée de la saison de pluie. Ainsi, Sarh situé à 9°09'N recueille une moyenne de 1118mm pour 59 ans d'observations. À N'Djamena, la moyenne est de 634mm pour une période normale de 30 ans (1965 – 1994). Le Chari est donc alimenté par les eaux en provenance des régions plus arrosées. Cela explique le caractère allogène de ce cours d'eau. Toutefois, on observe depuis la sécheresse de ces 30 dernières années une baisse des moyennes pluviométriques sur toute l'étendue du bassin (DOUDJE, 2008).

Une évaporation intense vers le nord

Dans ces conditions sèches, les eaux drainées par le bassin du Chari subissent une forte évaporation avec des écarts entre les régions méridionales du bassin et celles septentrionales. Par exemple, au nord, à N'Djamena, l'évaporation annuelle est de l'ordre de 3451 mm (BILLON *et al.*, 1974). Par contre au niveau des sources méridionales du Chari, l'évaporation est moindre et la moyenne annuelle n'atteint pas 2000 mm (1218 à Bossangoa et 1613 mm à Bouca en RCA où le Chari à sa source). Ce volume d'évaporation lui confère un indice d'aridité compris entre 0,15 et 0,18 à N'Djamena contre 1,15 à Bouca. Etablissant le rapport évaporation et débit, BILLON *et al.* (1974) qualifient les conséquences de l'évaporation sur le Chari d'importantes. Outre l'évaporation, les pertes en eaux sont occasionnées par l'infiltration liée à la nature géologique du bassin.

Les formations géologiques

Le bassin du Chari appartient à celui du lac Tchad. Ce lac endoréique est alimenté par de rares eaux de pluies et par celles des fleuves Logone et Chari, et leurs principaux affluents sans oublier d'autres petits cours d'eau provenant des pays environnants. Son bassin dépasse 2,5 millions de km² et s'étend à 8 pays (Tchad, Niger, Cameroun, Nigeria, RCA, Soudan, Algérie et Libye). Le territoire du Tchad se situe dans la zone mobile panafricaine entre le craton nilotique au nord-est, le craton Ouest africain à l'ouest et le craton congolais au sud (BESSOLES & TROMPETTE, 1980 ; KUSNIR, 1995). La phase tectonique majeure qui correspond au démantèlement du Gondwana (Jurassique supérieur-Crétacé inférieur, entre 150 et 120 Ma B.P) a mis en place de grands fossés sur des directions panafricaines. La genèse du bassin du lac Tchad procède de la formation de ces fossés. Le comblement de ce bassin a commencé dès le Crétacé supérieur et s'est poursuivi jusqu'au Quaternaire (KUSNIR, 1995). Ces dépôts sont donc essentiellement continentaux. Les carottes prélevées lors des prospections pétrolières et hydrogéologiques et les diagraphies géophysiques montrent que les sédiments sont essentiellement constitués d'une alternance de séries sableuses et argileuses (MOUPENG, 1996). Le socle précambrien se retrouve ainsi recouvert de formations superficielles tertiaires et quaternaires et il n'affleure que sur le pourtour du bassin à l'exception des affleurements du massif du Guéra.

Selon CABOT (1967), PIAS (1970), SCHNEIDER (1989) et KUSNIR (1995), les dépôts du bassin tchadien sont du Continental Terminal. Il s'agit de dépôts oligo-miocènes fluvio-lacustres (KUSNIR, 1995). Il existe quelques sédiments pliocènes constitués aussi de sables et d'argiles. Le Continental Terminal est recouvert par endroits de cuirasses latéritiques fossiles. Celles-ci résultent de l'alternance de périodes d'érosion prolongée sous des climats tropicaux à saisons contrastées et de périodes de climats chauds et humides ; périodes au cours desquelles s'est réalisé le processus ferrallitique (CABOT, 1967). Le Continental Terminal occupe en réalité une grande superficie et il est recouvert par des dépôts quaternaires. Ceux-ci comprennent les dépôts fluvio-lacustres, les alluvions fluviales, les altérites. D'après KUSNIR (1995), c'est une superposition de sables et d'argiles déposée selon des conditions climatiques variées. Diverses séries lacustres et fluviales se sont déposées pendant les phases humides tandis qu'en période aride, se sont opérés des remaniements éoliens qui ont donné naissance aux fameux ergs de PIAS (1970). Par ailleurs, au cours de ces différents épisodes climatiques, le cours du Chari s'individualise, le fleuve creuse son lit dans ces dépôts, puis le remblaie et développe progressivement un vaste delta en aval de N'Djamena. La relative platitude de la région s'explique donc par le comblement de ce vaste bassin endoréique dans une zone qui ne connaît pas de mouvements tectoniques récents, mis à part les déformations possibles dans le secteur des pointements rhyolitiques du sud du lac Tchad

UN LIT CARACTÉRISTIQUE D'UNE GRANDE PLAINE ALLUVIALE

Le lit du Chari présente ainsi les caractéristiques des cours d'eau circulant à travers une plaine. Plusieurs terrasses jalonnant le lit majeur de part et d'autre du fleuve sont construites, de façon tout à fait particulière. Elles sont, en effet, disposées les unes à côté des autres, séparées entre elles par des dépressions longitudinales constituées d'anciens chenaux alimentés pendant les périodes de crue (photo 1).

Le lit majeur en période d'étiage : un modelé d'accumulation fluvio-éolienne

L'étude du régime du fleuve Chari a montré que la montée des eaux débute dès le début du mois de juillet et il atteint son niveau maximal en octobre – novembre. On assiste cependant au niveau de la confluence, à N'Djamena, à une montée prématurée des eaux du fleuve dès le mois de mai grâce aux apports du Logone. Pendant cette période des hautes eaux, le lit ordinaire se remplit, puis progressivement déborde. Les eaux commencent alors à inonder le lit majeur ; l'immersion est presque totale en période de forte crue. Dès lors, à N'Djamena, pendant la crue, le lit majeur se reconnaît facilement par la présence, en dépit des eaux, d'une végétation ligneuse et herbacée. Cependant à partir de décembre – janvier, c'est l'étiage, moment où le lit se présente sur toute son étendue, à l'observation.

Morphologie du lit majeur

Le lit majeur constitué d'alluvions subactuelles à actuelles est un ensemble de terrasses surplombant d'anciens chenaux. Des levés topographiques effectués en 1950 montrent que la haute terrasse se situe à la cote 297 alors que le talweg est sensiblement à la cote 289. (Figure 2).

Le lit majeur montre donc une dénivelée de 5 à 8m comprise entre deux cotes. Il combine différentes formes de terrasses qui se distinguent aussi bien par leur construction que par leur disposition les unes par rapport aux autres. Les premières sont des levées alluviales remaniées par le vent en saison sèche, surplombant les anciens chenaux de 3 à 4 m (photo 2). Morphologiquement, elles se présentent à Walia et à Sabangali comme une terrasse d'aspect massif ou fusiforme, s'allongeant sur 20 à plus de 100m. Les extrémités en amont et en aval sont allongées alors que la partie centrale est élargie. Ce façonnement est la conséquence du courant qui érode l'extrémité de ces fuseaux de sable qui, par ailleurs, épousent la forme des méandres.

La seconde forme de terrasse est souvent emboîtée dans les premières, en contrebas et se présente sous forme de replat de largeur. À Walia et à Sabangali, les deux formes de terrasse se retrouvent combinées, alors qu'à Milezi, on n'observe que la seconde forme. En effet dans ce secteur, ce sont des terrasses classiques, se présentant en série, sous forme de palier, emboîtées les unes aux autres résultant d'un creusement et remblaiement successif.

Quel que soit leur modelé, les différentes levées ont une pente forte du côté du fleuve actuel et une pente faible (3 à 4%) vers les anciens chenaux. Les terrasses les plus anciennes se reconnaissent à travers l'évolution assez avancée que leur surface a subie (pédogenèse et érosion). En effet, suite aux nombreuses immersions consécutives aux différentes crues, elles ont reçu des sédiments très fins de nature argileuse et limoneuse. Les matières en suspension, qui sont entraînées par les eaux d'inondation, sont délestées au moment de leur retrait (GAC, 1979). Cela a eu pour conséquence un durcissement de la couche superficielle sur une épaisseur de 10 à 20 cm coiffant une couche sous-jacente sableuse soustraite à l'action de l'érosion. Les surfaces de ces terrasses sont également soumises au ruissellement des eaux ayant pour conséquence des ravines qui échancrent leurs différents versants (photo 3).

Selon l'orientation des méandres, l'alizé entraîne le sable au dessus des bras du lit mineur. Ce sable s'humecte légèrement, s'alourdit et vient alors se sédimenter sur la rive opposée.

Les anciens chenaux sinueux

Nos observations se sont limitées à Walia, Sabangali, Mandjaffa et Milezi. Les anciens chenaux y montrent que le lit majeur du fleuve Chari est sillonné par des dépressions larges de 10 à 100 mètres qui serpentent entre les différentes terrasses construites par le fleuve. Ces anciens chenaux (10-100m de long), s'ouvrent en certains endroits sur une dépression plus large mais toujours de faible superficie. À Walia comme à Sabangali, ces anciens chenaux suivent l'axe d'orientation des terrasses. Des dépôts d'origine éolienne viennent s'y ajouter.



Photo 1 : Vue du lit du Chari. Au premier plan , vue du lit majeur à Mandjaffa. Au second plan, un ancien chenal avec nappe affleurante (cliché, DOUDJE, 2006).

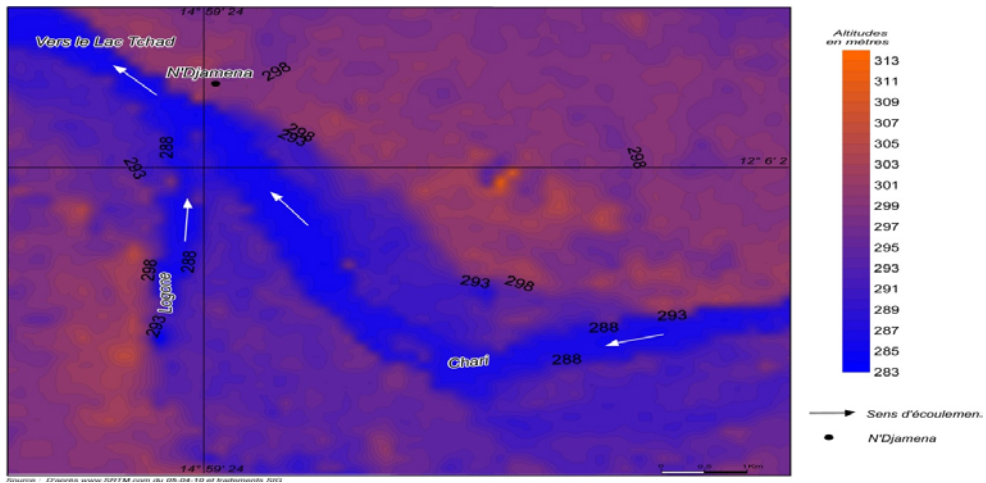


Figure 2 : Carte altimétrique du lit du Chari et du Logone (Source : D'après l'image SRTM du 05 – 04 – 10 et traitement SIG).



Photo 2 : Chagoua, levée alluviale sableuse à litage oblique (cliché, DOUDJE, 2006).



Photo 3 : Terrasses soumises au ruissellement des eaux ayant pour conséquence des ravines qui échancrent leurs différents versants provoquant des croutes de battance par endroits (cliché, DOUDJE, 2006).

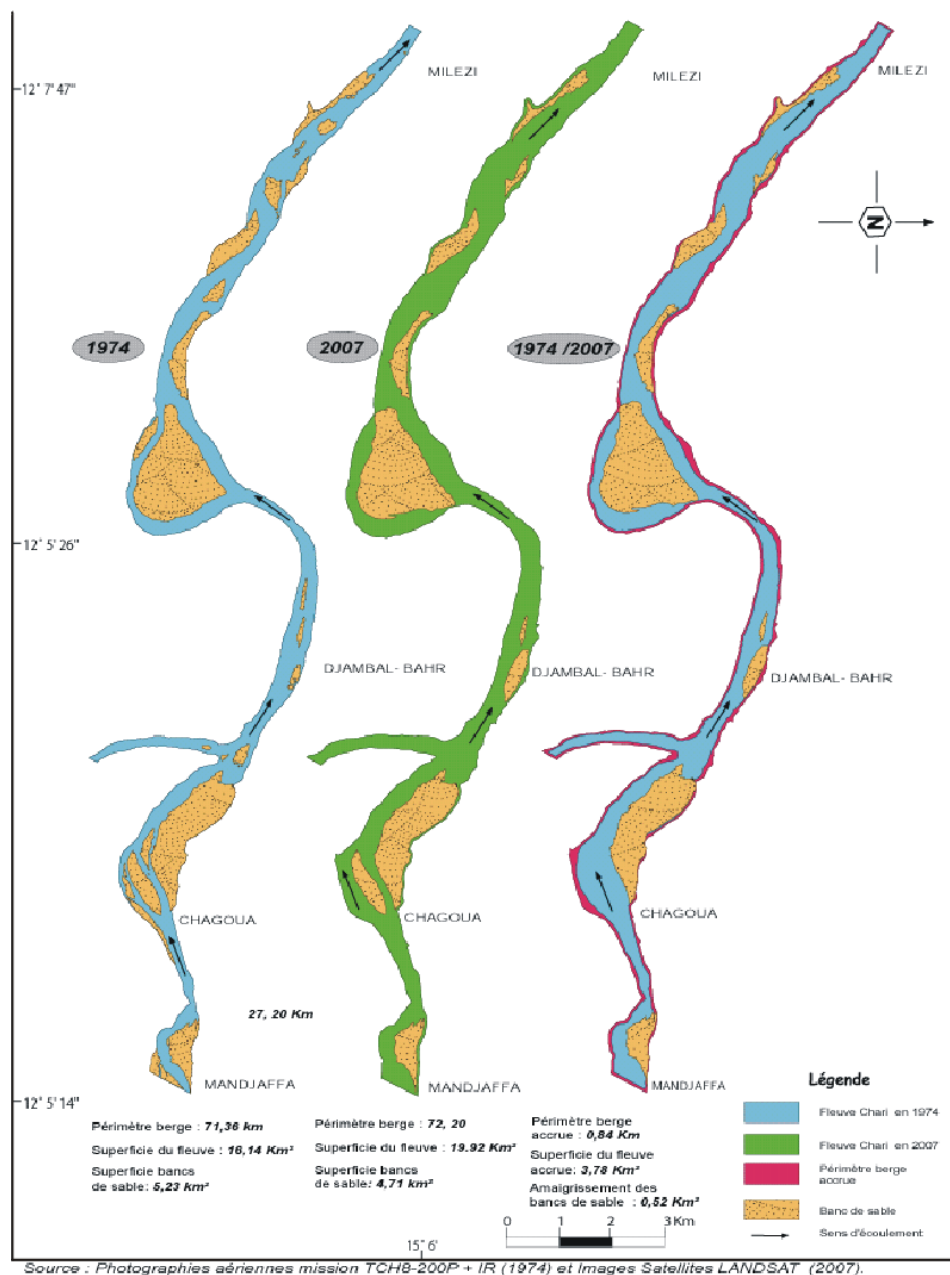


Figure 3 : Dynamique des berges du fleuve Chari de 1974 à 2007.

(Sources : photographies aériennes TCH8-200P+IR (1974) et image Landsat de 2007).

Le processus de comblement est accéléré par l'action humaine. En effet, il existe des aménagements (puits et puisards) servant au maraîchage et qui ne sont guère profonds, car alimentés par les eaux du Chari (SCHNEIDER, 1994 ; SAÏDOU, 1995). En dépit du comblement progressif du lit du fleuve, ces chenaux ont été d'importants bras du Chari avant la construction de la digue qui sert de voie d'accès à Walia (MARABE, 1997). Toutefois, la fonction de tous les anciens chenaux ne se précise que pendant la saison de pluies car ils servent de relais au remplissage du lit majeur pendant les années de forte pluviométrie.

LE FAÇONNEMENT DU LIT DU CHARI

D'après SCHNEIDER (1994), c'est à partir de 4000 ans BP que le paléo-lac Tchad a connu un abaissement de son niveau survenu à la fin d'une courte période sèche ayant marqué le continent africain. Cette baisse a eu pour conséquence le creusement du lit du Chari (MOUPENG, communication orale, 2006). Les berges de la haute terrasse, surplombant et encadrant le lit du Chari, sont entaillées, par le fleuve, dans des alluvions lacustres et fluviatiles déposées à l'Holocène. Dès lors, l'action du fleuve ne s'est pas limitée à l'érosion linéaire ; mais aussi à l'érosion latérale qui s'est accompagnée d'un alluvionnement continu. En effet, en décrivant des méandres pendant leur parcours, les eaux du Chari sapent les berges des rives concaves les faisant reculer tandis que l'alluvionnement se poursuit sur les rives convexes ; ce phénomène s'observe à Walia et Sabangali (figure 3).

Il ressort de ces images que les grands méandres du Chari ont conservé la même forme et le même emplacement depuis le début du XXe siècle. On constate également que la position des îles principales, qui sont le plus souvent hors de l'eau pendant les crues, n'a pas varié même si la forme de ces îles a quelque peu évolué. On en déduit que les érosions de berges sont lentes et ne dépassent pas quelques mètres par an dans les zones très attaquées... ». Ces remarques concernent le lit principal du fleuve entre les berges hautes. En revanche, le lit d'étiage est susceptible de varier de façon importante. En conclusion, nous estimons que la stabilité du lit en plan est bonne, que les érosions des berges sont faibles, localisées et ne dépassant pas 1 à 2 mètres par an, en particulier en période de faible hydraulité.

Modifications géomorphologiques du lit mineur en réponse aux variations saisonnières des débits

Dans l'approche de type systémique, les chenaux alluviaux sont assimilés à des systèmes ouverts comportant des entrées et des sorties de matière et d'énergie (LEOPOLD, 1973). Ainsi, ils possèdent la capacité d'ajuster ou de modifier leur morphologie d'ensemble en réponse aux changements spatio-temporels des deux variables-clés que sont le débit liquide et la charge solide. En outre, d'autres variables interviennent si bien que les modifications qui affectent les chenaux alluviaux sont le résultat d'une interaction complexe entre l'hydrodynamique (débit, vitesse, rugosité, etc.), la géométrie du chenal et le matériel alluvial (en place et en transit). DZANA (1997) a identifié les composantes morphologiques du chenal susceptibles de subir des modifications aux différentes échelles de temps et d'espace. Ces composantes ou *degrés de liberté*, sont : la section en travers qui est définie par les paramètres de taille et de forme tels que la largeur, la profondeur, le rapport largeur/profondeur, l'asymétrie, etc.), le profil en long (perte locale et de l'ensemble du chenal), la forme en plan (sinuosité du chenal, longueur d'onde, hauteur et rayon de courbure dans le cas des méandres...), la topographie du fond (longueur d'onde et amplitude des formes du fond, rugosité du lit). Dans cet article, l'objectif est d'étudier les modifications géomorphologiques du lit mineur du Chari à l'échelle du cycle hydrologique annuel.

Les ajustements morphométriques du lit mineur et les transferts solides associés.

Les différents profils en travers réalisés par BCEOM (1964) et HAECON (1988) donnent des indications assez claires sur le travail géomorphologique accompli par la crue de l'année 1963-1964 et les basses eaux de 1964-1965. La réponse du chenal dans la section fluviale de base s'est traduite par le déclenchement d'une série de rétroactions positives et négatives. La nature et l'ampleur des

ajustements géomorphologiques sont fonction du potentiel morphométrique réel de chacun des deux principaux épisodes hydrologiques.

La première manifestation de cette dynamique est d'abord d'ordre dimensionnel. En effet, on peut relever des changements significatifs de certains paramètres. La réduction de la capacité du chenal est de 3,78km² (la superficie du fleuve de 2007 moins la superficie du fleuve de 1974) c'est-à-dire 19,92km² - 16,14 km² = 3,78km². L'amaigrissement de banc de sable est de 0,52km². Dans cette tendance, il existe des disparités importantes à l'intérieur de chaque site. On remarque parallèlement à ces ajustements dimensionnels, que les basses eaux se sont différemment accompagnées de transferts solides plus ou moins importants. Ceux-ci ont, selon les cas, donné lieu à un exhaussement partiel ou généralisé du chenal.

Le périmètre des berges du Chari en 2007 semble des plus spectaculaires. En fait, l'ensemble du fond du lit s'est exhaussé (accru) de 0,84 km ; la surface affectée par un dépôt de la charge alluviale est de 3,78 km² (fig. 4). Un mouvement similaire a été observé sur la même figure 2 où le matériel accumulé occupe une aire de 0,52 km² ; l'exhaussement est de faible amplitude.

Les modalités de façonnement morphométrique du chenal en fonction des types de débit.

L'étude comparative de l'image satellite LANDSAT 2007 et de profils en travers, atteste la mobilité du lit du Chari à l'échelle de temps instantanée, c'est-à-dire à l'échelle d'un cycle hydrologique annuel. Le Chari possède ainsi un régime tropical qui se caractérise par une crue bien individualisée et un étiage prolongé. Ce régime tropical se singularise par un décalage entre la date du maximum des précipitations et le maximum des hautes eaux.

Les différents épisodes de crue et de décrue induisent des abaissments significatifs de la capacité du chenal. Ces abaissments qui peuvent atteindre 25% dans certaines sections, résultent principalement d'un approfondissement du lit. La tendance au rehaussement vertical tend à réduire, mais non à inhiber l'élargissement du chenal par sapement des berges. C'est ce qui expliquerait le fort recul en berges, surtout dans les concavités où le sapement est en apparence vif. De telles modifications sont généralement présentées comme un moyen pour le cours d'eau d'optimiser sa capacité de transport ou d'ajuster la géométrie de son lit à des crues de taille modeste contenues entre ses berges (HARVEY, 1979). Le creusement dans la concavité s'explique aussi par l'asymétrie prononcée de l'écoulement liquide qui génère des vitesses et des forces tractrices très élevées. En revanche, l'accumulation en berge convexe est généralement associée au décollement progressif du courant et à l'existence d'un flux hélicoïdal transversal qui évacue le matériel venu de l'amont vers l'intérieur de la courbe.

Le lit du Chari dont le façonnement s'effectue dans une plaine alluviale, se caractérise ainsi par sa grande mobilité. Celle-ci s'explique par une érosion latérale qui affecte les berges de la rive concave du fleuve. L'ampleur de ce phénomène inquiète les autorités municipales de N'Djamena. Parallèlement, la rive convexe subit une accumulation de dépôts sédimentaires. L'interprétation des photos aériennes et des images satellites a permis d'expliquer la mise en place de façon particulière du lit et des chenaux.

En définitive, l'étude du lit du Chari montre que le fleuve poursuit ses activités d'érosion et d'alluvionnement. Ainsi, le lit majeur résulte d'un long processus d'accumulation qui a favorisé la construction des basses terrasses essentiellement sableuses. Les matériaux sont fins à moyens, caractéristiques des cours d'eau tropicaux. Ils ont subi soit un long transport, soit proviennent de l'érosion des berges du Chari qui contribue à hauteur de 18 % de l'apport solide du fleuve comme l'a souligné GAC (1979). Cette dynamique fluviale est l'un des principaux facteurs de la mobilité du lit, perceptible à travers les tracés, tout le long du fleuve, des anciens chenaux qui sont comblés, contrairement aux basses terrasses d'argile provenant de la décantation des matériaux fins. Toutefois, la présence de plus en plus importante des hommes dans l'espace qui constitue le lit majeur ne se fera pas sans conséquences.

CONCLUSION

Cette étude a permis de préciser les conditions dans lesquelles une dynamique fluviale, en l'occurrence celle du Chari pourrait s'exercer. Les données climatiques, géologiques et hydrologiques que nous avons étudiées permettent d'expliquer les activités morphologiques se résumant à travers les processus d'accumulation et d'érosion observés au niveau du lit et des berges du Chari.

L'étude du lit majeur aura permis d'exposer les conditions dans lesquelles les eaux de ce fleuve coule depuis son bassin supérieur jusqu'à son exutoire, le lac Tchad. Les analyses ont montré que le Chari, fleuve tropical, module son régime aux fluctuations climatiques caractérisant la région. À cela s'ajoutent les vastes plaines inondables constituées de sédiments déposés au Tertiaire et au Quaternaire, l'épandage des eaux du Chari et des affluents dans ces plaines, ce qui réduit le volume d'eau qui devrait normalement s'écouler au niveau de N'Djamena. Le régime du Chari se caractérise par une crue et un étiage nettement différencié.

Ce fleuve possède une certaine capacité à éroder, transporter, sédimenter des matériaux dont la résistance à l'érosion est variée. Le lit et les berges résultent de cette contrainte. L'originalité du lit majeur, à travers la présence des levées alluviales, disposées longitudinalement au lit ordinaire et séparées par des anciens chenaux, témoigne, également, de la mobilité du fleuve à travers les âges...

RÉFÉRENCES

- BCEOM, 1964. Essais de protection des berges du Chari, N'Djamena, Tchad, 53p.
- BESSELES, B., & TROMPETTE R., 1980. Géologie de l'Afrique. La chaîne panafricaine « zones mobile d'Afrique Centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise. *Mémoire B.R.G.M.* 92, 402p.
- BILLON, B., GUISCAFRE, J., HERBAUD, J. & OBERLIN, G. 1974. Le bassin du fleuve Chari. *O.R.S.T.O.M.*, Paris, 450 p.
- CABOT, J., 1967. Les lits du Logone : étude géomorphologique, *SEDES*, Paris, 270p.
- DEMANGEOT, J., 1976. Les milieux naturels tropicaux. Masson, Paris, 190p.
- DOUDJE, K., 2008. Étude morphodynamique des berges du fleuve Chari à N'Djamena, Université Yaoundé I, 108p.
- DZANA, J.G., 1997. Le lit de la Seine de Bar à Monterreau, étude morphodynamique, rôle des aménagements. Thèse de Doctorat, Université de Paris I Panthéon – Sorbonne, 416 p
- GAC, J. Y. - 1979 - Géochimie du bassin du lac Tchad. Bilan de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation. Thèse Univ. de Strasbourg, 249 p.
- HAECON /BIRD/ PNUD, 1988. «Etude de l'érosion des berges du Chari à N'Djamena », Rapport d'expertise, 58p.
- HARVEY, A. M., 1979. Channel capacity and the adjustment of streams to hydrologic regime. *Journal of Hydrology*, 8 : 82 - 98.
- KUSNIR I, 1995. Géologie, ressources minérales et ressources en eau du Tchad, CNAR, 2^e ed, 115p.
- LEOPOLD L. B., 1973. River channel change with time; an example. *Geological Society of America Bulletin* 84: 1845-1860.
- MARABE, N., 1997 - Evolution actuelle du lit majeur et des berges du Chari à N'Djamena. Mémoire de maîtrise, Université de N'Djamena et Université d'Avignon, 75p.
- MOUPENG, B., 1996. Les formations superficielles quaternaires de la région de N'Djamena et leur représentation sur image SPOT. Mémoire de maîtrise, Université de N'Djamena et Université d'Avignon, 40p.
- PIAS, J., 1970. Les formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et les sols qui en dérivent ; *ORSTOM*, Paris, 212p.
- SAÏDOU, A., (1995) - Etude du régime de débit au niveau de la confluence Chari- Logone (Tchad). Mémoire de fin d'étude d'ingénieur en hydrologie, Centre régional AGRHYMET, Niamey, 99p.
- SCHNEIDER, J.L., 1989. Géologie et hydrogéologie de la République du Tchad. Thèse d'Etat. Université d'Avignon. France, 438p.
- SCHNEIDER, J.L., 1994. Le Tchad depuis 25.000 ans, Géologie-Archéologie-Hydrologie. Masson, Paris, 370 p.
- TRICART, J., 1965. Principes et méthodes de la géomorphologie. Masson, Paris, 496p.

