

# Fonctionnement hydrosédimentologique du lac Débo

## Le rôle du bourgou

**Samuel Diarra**  
Sédimentologue

**Didier Orange**  
Géochimiste

**Philippe Bonté**  
Géochimiste

Le delta intérieur du fleuve Niger est divisé en deux parties géomorphologiquement différentes, par trois lacs centraux connectés les uns aux autres et constituant le premier plan d'eau pérenne rencontré par les eaux. On y trouve à l'ouest, alimenté par le Diakka, le lac Wallado qui débouche dans le lac Débo situé au centre ; ce dernier, le plus grand des trois lacs, reçoit au sud les bras principaux du Niger et est en connexion à l'est avec le lac Korientzé (fig. 1). Véritable mer intérieure d'une superficie moyenne de 100 km<sup>2</sup>, ce complexe lacustre est situé à 800 km environ au nord-est de Bamako, entre 3°07'-4°00'N et 15°00'-15°25'O. Il constitue le point de passage obligatoire de toutes les eaux d'écoulement provenant du bassin supérieur du Niger et possède trois sorties dont la principale au nord-ouest est l'Issa Ber (bras majeur du fleuve Niger collectant 90 % des écoulements). Au centre nord, on trouve le Bara Issa (au droit de Awoye) avec à peine 10 % des écoulements, et la troisième sortie, aujourd'hui pratiquement non fonctionnelle, est le Koli Koli en aval du lac Korientzé à l'extrême nord-est (fig. 1).

Avant d'arrivée à ce complexe lacustre, les eaux du fleuve Niger et de ses affluents ont traversé la partie amont du delta qui correspond à une grande plaine d'inondation où la majeure partie des flux sédimentaires provenant de l'amont ont pu se déposer (Gourcy, 1994 ; Bricquet *et al.*, 1997 ; Picouet *et al.*, ce volume<sup>1</sup>). Ainsi les eaux fluviales qui arrivent au complexe lacustre Wallado-Débo-Korientzé sont des eaux faiblement turbides, de l'ordre de  $30 \text{ mg l}^{-1}$  (Picouet, 1999). Cependant depuis la sécheresse des années 80, la Compagnie malienne de navigation (Comanav) signale de grosses difficultés de navigation sur le tronçon Koulikoro-Gao et particulièrement dans le lac Débo où les bancs de sables provoquent par leurs déplacements permanents des échouages de plus en plus fréquents.

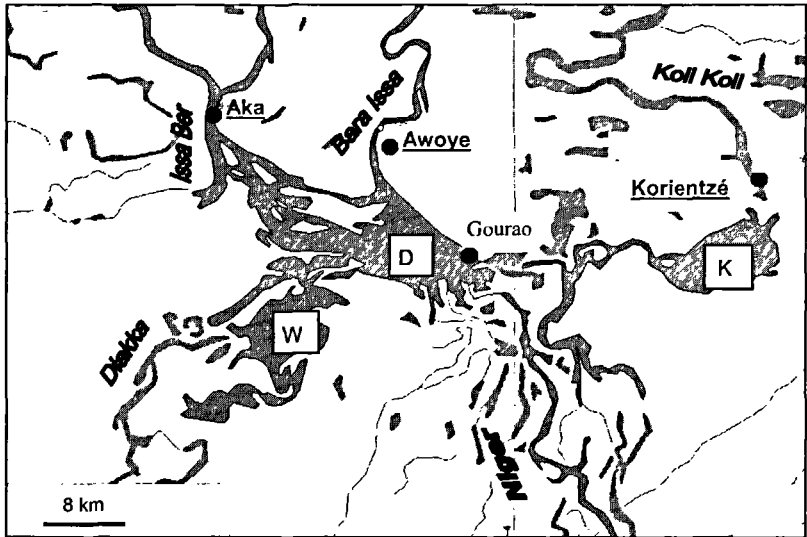


Figure 1  
Carte de situation géographique du lac Débo (D) et de ses deux lacs satellites, le Wallado (W) à l'ouest et le Korientzé (K) à l'est, complexe lacustre situé au centre du delta intérieur du fleuve Niger.

<sup>1</sup> Picouet C., Orange D., Mahé G., Olivry J.-C., ce volume – « Rôle du delta intérieur du fleuve Niger dans la régulation des bilans de l'eau et de sédiments ». In : partie 2.

Qu'en est-il ? Quels sont les mécanismes de transferts sédimentaires dans cette entité lacustre ? Quelle est la répartition spatiale et densimétrique des sédiments dans le lac ? Quelles sont les modalités de dépôt et de tassement des sédiments ? Autant de questions à résoudre pour appréhender l'évolution de ce lac utilisé aussi bien pour la navigation que pour la pêche.

Dans le cadre de la zone atelier du delta intérieur du Niger (financé par le GIP-Hydrosystème), le laboratoire de sédimentologie de la Direction nationale de l'hydraulique (DNH), en partenariat avec le projet Gihrex de l'IRD, a initié un travail sur la dynamique actuelle des dépôts lacustres dans le delta intérieur (Orange, 2000). Une campagne de prélèvements de sédiments du lac Débo a été effectuée en novembre 1999, couplée avec une évaluation radio-isotopique de l'érosion et du transport sédimentaire en zones soudano-sahéliennes au Mali financée par l'AIEA<sup>2</sup> (Bonté, 1999). Les mesures effectuées ont porté sur l'identification et la répartition des dépôts dans le lac Débo pour caractériser la qualité des dépôts dans le lac, leur dynamique de sédimentation et pour comprendre les mécanismes de transfert et de rétention sédimentaires.

## ■ Déroulement des travaux de terrain

Le travail de terrain a consisté en un échantillonnage systématique par carottage des sédiments du lac Débo. L'échantillonnage a été fait selon des profils transversaux équidistant de 1,2 km sur toute la largeur du lac. Le long d'un profil, la distance entre les prises d'échantillon a varié entre 200 et 500 m. Au total, 22 profils transversaux ont été exécutés dans le lac Débo et 7 profils supplémentaires ont été exécutés au niveau des bras d'entrée et de sortie. Le matériel utilisé sur le terrain comprenait un carottier à piston (type Uwitec, Allemagne), des trouses coupantes pour la scission des échantillons, un DGPS de positionnement et d'orientation, une plate-forme (barge) motorisée de navigation et une carte de la région au 1:200 000. Le carottier Uwitec permet

---

<sup>2</sup> Agence internationale d'énergie atomique.

d'obtenir des carottes de 40 à 50 cm de longueur, dans un tube transparent qui autorise un repérage des différents horizons. Des observations visuelles qualitatives de turbidité de l'eau ont pu être effectuées. Les carottes prises au niveau de chaque point ont fait l'objet de descriptions pédo-stratigraphiques et de découpages selon les strates. Ainsi 169 carottes prélevées ont donné lieu à 507 tranches de sédiments, qui ont servi aux analyses et tests de laboratoire suivants : identification liminaire des strates, analyses granulométriques, mesures rhéologiques (viscosité), mesures de densité par décantation. Une carotte d'un profil nord-sud au centre du lac Débo, tronçonnée en trois sections (0-2,5 cm, 2,5-12 cm et 12-24 cm), a servi à l'analyse des éléments radio-isotopiques<sup>3</sup> (notamment du césium-137) (Bonté, 1999).

## ■ Répartition des sédiments dans le lac Débo

Il ressort des identifications stratigraphiques sur le terrain que les dépôts du lac Débo sont constitués essentiellement de sables de diamètres différents, de limons et de vases argileuses. La répartition se fait suivant une différenciation sédimentaire guidée essentiellement par le régime hydraulique des écoulements.

### *A l'entrée du lac*

La particularité de l'entrée du fleuve Niger dans le lac Débo est la ramification des lits apparents entre lesquels se trouvent de nombreuses touffes de bourgou, plante fourragère aquatique typique du delta intérieur du Niger<sup>4</sup>. Particulièrement abondant au

---

<sup>3</sup> Analyses effectuées au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE, Gif sur Yvette, France).

<sup>4</sup> Le bourgou est une plante aquatique qui désigne principalement l'espèce *Echinochloa stagnina* ou *gamarawel* en peul. Elle est souvent associée à une autre espèce herbacée à tige flottante, *Vossia cuspidata*. Le bourgou constitue une pâture riche et abondante dans les zones inondables. Sa croissance est en phase avec la montée des eaux

niveau du bras entrant principal du Niger et du passage reliant le Korientzé au Débo (au droit du village de Gourao), le bourgou y modifie sensiblement l'hydrodynamisme. Au voisinage de ces touffes, les dépôts prennent un caractère vaseux et argileux à cause des effets de ralentissement du courant par les herbes. Cependant les échantillons montrent qu'en ces endroits, sous les dépôts vaseux et argileux, se trouvent des dépôts sableux constitués de sables grossiers à fins disposés en strates de différentes couleurs :

- en surface : dépôt sableux (sables grossiers à fins) de faible épaisseur, très peu consolidé ;
- en semi-profondeur : dépôt d'argile blanchâtre assez consolidé ;
- en profondeur : dépôt sablo-argileux à argilo-sableux noir consolidé, dont la couleur noire des argiles serait fort probablement due à la matière organique décomposée.

Cette répartition verticale laisse penser à des successions de périodes à hydraulicités différentes pouvant marquer des successions d'années sèches et d'années humides, ou des variations d'hydraulicité au sein d'une même année. Des argiles à concrétions latéritiques bien évoluées ont été observées à la base de quelques carottes dans les zones où les dépôts sont peu consolidés, particulièrement sous les strates sableuses. Au niveau du passage entre le Wallado et le Débo, les dépôts sont constitués de sables argileux en surface et d'argiles sableuses compactes en profondeur. La turbidité des eaux de fond est importante, témoignant d'un transfert de matières en suspension entre le Wallado et le Débo par un courant de fond.

### *Dans le lac Débo*

Le ralentissement du courant provoque la sédimentation dans les nombreux lits du lac, où les sédiments sont dominés par des sables grossiers, moyens et fins ainsi que par des limons. Les eaux de fond sont souvent turbides, indiquant que les particules les plus fines sont transportées vers l'aval par un courant de fond non négligeable. La succession verticale caractéristique des sédiments du lit du lac est la suivante :

- en surface : dépôts sableux (sables grossiers à fins), très peu consolidés ;

---

et le port dressé de la plante est rendu possible par le caractère flottant des tiges.

- en semi-profondeur : dépôts d'argiles blanchâtres consolidés ;
- en profondeur : dépôts sablo-argileux à argilo-sableux noirs, assez consolidés.

Par contre, les zones latérales d'épandage des eaux connaissent une sédimentation de particules plus fines (constituées de limons, limons vaseux, vases et argiles), caractérisant une tendance à la différenciation sédimentaire latérale. Ainsi les dépôts sont de plus en plus fins à mesure que le point d'échantillonnage s'éloigne des lits. Les zones périphériques des lits sont donc des zones à sédimentation de vases et d'argiles. Par exemple, après la confluence du Bara Issa, la succession verticale devient :

- en surface : dépôts sablo-argileux noirs, peu consolidés ;
- en semi-profondeur : dépôts sablo-argileux rouges, consolidés ;
- en profondeur : dépôts argilo-sableux rouges (latéritiques), très consolidés.

Par ailleurs, on note aussi que la qualité des sédiments est tributaire de la densité de bourgou. En effet, la présence de bourgou sur les berges entraîne la sédimentation de particules fines se traduisant par la succession de sables limoneux disposés en couches épaisses sous lesquelles gisent des argiles blanchâtres et des argiles noires. Ainsi aux abords des nombreux îlots situés dans la partie nord-ouest du lac, on trouve la séquence sédimentologique suivante :

- en surface : dépôts sablo-limoneux à racines ;
- en semi-profondeur : dépôts limoneux à coquillages ;
- en profondeur : dépôts sablo-argileux à argilo-sableux.

### *Au niveau des sorties*

La sortie principale du lac (au droit de Aka sur l'Issa Ber) est caractérisée par des dépôts très fins constitués de vases noires très peu consolidées en surface et de vases argileuses à concrétions latéritiques évoluées en mi-profondeur, sous lesquelles se trouvent des argiles latéritiques très consolidées. Des argiles à concrétions latéritiques bien évoluées ont été observées à la base de quelques échantillons dans les zones où les dépôts sont peu consolidés, particulièrement au niveau de la berge droite de l'Issa Ber (au droit de Sobé, de Férobé et de Aka).

L'échantillonnage a concerné deux profils de la sortie secondaire du lac (au droit de Awoye sur le Bara Issa). La succession stratigraphique des dépôts montre du sable rouge en surface et du

sable fin blanchâtre en profondeur. Au niveau des berges, des dépôts argileux noirs et peu épais se retrouvent au toit de cette succession, surtout à proximité des zones herbacées (à bourgou et riz). Les eaux du voisinage du fond sont troubles, indiquant encore un transport de particules hors du lac.

Dans le lit du Koli Koli, la surface sédimentaire est constituée de sables rougeâtres sous lesquels se trouvent des sables argileux recouvrant des argiles sableuses. Par contre, dans les autres parties du profil, on retrouve des sables argileux noirs en surface, des sables argileux blancs en mi-profondeur et en profondeur.

## Analyses sédimentologiques

### Granulométrie

Les courbes granulométriques indiquent qu'il existe une différenciation sédimentaire s'opérant tant de l'amont vers l'aval, que du lit vers les berges (fig. 2). Cette différenciation est perturbée localement soit à cause de l'entrée d'un affluent (cas du Walado-Débo), soit à cause de la sortie des eaux (cas du Bara Issa).

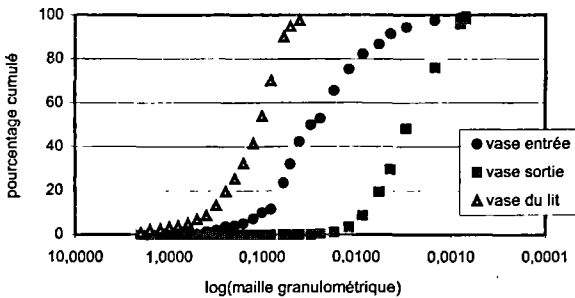


Figure 2  
Courbes granulométriques des vases du lac Débo  
(maille granulométrique exprimée en mm,  
sur une abscisse logarithmique).

Dans les lits, les particules sont plus grossières à l'entrée, devenant de plus en plus fines vers la sortie. Cependant une accélération du courant après les îlots de la sortie crée une mobilisation des particules grossières arrachées aux formations sableuses de fond. Cette remarque est aussi valable pour les affluents et les défluent.

Dans les zones latérales d'épandage, une faible différenciation existe, fortement perturbée par les changements de position des lits, par l'arrivée des affluents, le drainage des défluent, les îlots et les zones herbacées. La tendance est à la réduction du diamètre des particules sur un même tronçon non influencé par ces facteurs.

## Rhéologie

Les dépôts les plus visqueux à forte consolidation se retrouvent dans les zones latérales d'épandages, en aval des îlots et à la sortie du lac. Ils correspondent surtout aux dépôts argileux de fond et de demi-fond. Leur viscosité dynamique varie de  $7,95.10^{-3} \text{ Pa s}^{-1}$  à  $9,75.10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ . La remobilisation naturelle de ces dépôts nécessite un courant assez fort. Par contre, les strates les moins consolidées, même si elles sont formées par des argiles, présentent une viscosité inférieure à  $7,95.10^{-3} \text{ Pa s}^{-1}$ . Cette faible viscosité est indicatrice de dépôts récents sujets à la remobilisation sous l'effet de courants modérés. Les faibles viscosités se rencontrent aux abords des zones herbacées et dans les couches superficielles des zones de sortie des eaux du lac.

Les dépôts sableux n'ont pas fait l'objet de mesures rhéologiques.

## ■ Analyses isotopiques

Certains radio-isotopes environnementaux, principalement le césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), peuvent être utilisés pour analyser la redistribution des particules fines des sols depuis une quarantaine d'année (Murray *et al.*, 1987 ; Quine, 1989 ; Walling et Quine, 1990, 1995 ; Walling *et al.*, 1995 ; Sogon, 1999). En effet, lors des campagnes d'essai des bombes thermonucléaires réalisées entre les années 1955 et 1963, des quantités non négligeables de sous-produits des explosions (produits de fission et d'activation



neutronique) ont été injectées dans l'atmosphère à très haute altitude, passant ainsi dans la stratosphère. La faiblesse des mouvements de convection dans cette partie de l'atmosphère a permis une répartition homogène tout autour de la planète. Ces aérosols sont ensuite retombés vers la surface, avec un maximum vers les moyennes latitudes de l'hémisphère nord. Le  $^{137}\text{Cs}$  est de loin le marqueur le plus aisément détectable de nos jours : c'est un émetteur gamma d'assez forte énergie (661 keV) et de 30,17 ans de période radioactive. Il se fixe rapidement sur les particules argileuses en surface des sols et constitue ainsi un marqueur de choix des déplacements de ces particules depuis une quarantaine d'année. Il permet d'analyser la redistribution des particules fines, aussi bien des sols que des sédiments du lit des rivières. Dans ce cas, il permet d'estimer la vitesse d'envasement et d'obtenir un repère chronologique dans l'étude de l'évolution sédimentologique des systèmes hydrographiques. Pour une première approche au Mali, il s'agissait de vérifier la faisabilité de la méthode en milieu tropical ouest africain. En effet, les retombées de  $^{137}\text{Cs}$  ont été nettement plus faibles aux basses latitudes (comme le Mali situé entre  $11^\circ$  et  $17^\circ$  N). Pour cela, trois sols représentatifs des principales situations climatiques du bassin amont du delta intérieur du Niger (régions de Bandiagara, de Bougouni et de Kolokani) ont fait l'objet de carottage au même titre que le sédiment du centre du lac Débo. Les analyses, faites par spectrométrie gamma sur des aliquotes de 30 à 100 g et pour des comptages de l'ordre de 24 h (Bonté, 1999), donnent les activités spécifiques en  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{210}\text{Pb}$  ainsi que les teneurs en potassium, uranium et thorium (tableau 1). Tous les échantillons présentent une activité de  $^{137}\text{Cs}$  largement supérieure au seuil de détection. Ces résultats sont encourageants et démontrent la faisabilité de la méthode dans cette région tropicale.

Les sédiments du lac sont largement plus riches en potassium, uranium et thorium que les sols de l'amont. Cette différence systématique est sans aucun doute la conséquence de l'entraînement sélectif des particules les plus fines par les processus érosifs, car les particules plus grossières (quartz) sont pauvres en ces éléments. Toutefois, nous ne comprenons pas la très faible teneur en potassium de l'échantillon de la zone de Bougouni, alors que les teneurs en uranium et thorium sont « normales ». La fraction fine des sols, nourricière pour les cultures, est donc irrémédiablement lessivée vers les cours d'eau pour être accumulée dans les plaines et les lacs du delta intérieur.

Les niveaux d'activité du  $^{137}\text{Cs}$  dans les sédiments du lac sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés dans les sols (de 1,5 à 3  $\text{Bq kg}^{-1}$ ). Les rapports  $^{137}\text{Cs} / \text{K}$  des sédiments du lac sont très faibles comparativement à ceux des zones sources (tableau 1). Cette diminution des teneurs en césium par rapport au potassium correspond à une correction des différences de granulométrie et indique une dilution des apports sédimentaires amonts par des particules fines d'une autre origine : soit une remise en suspension de sédiments antérieurs aux années 60, soit/et une érosion des berges amont du fleuve constituées de sédiments très anciens. En effet, le marquage par le  $^{137}\text{Cs}$  ayant partout eu lieu à la même époque (les années 60), toutes les particules sont *a priori* porteuses d'un signal de même intensité.

■ Tableau 1

Résultats des analyses par spectrométrie gamma  
(pourcentage de K déterminé par le  $^{40}\text{K}$ ).

Description	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	$^{210}\text{Pb}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	$^{137}\text{Cs}/\text{K}$	$^{210}\text{Pb}/\text{K}$
<i>sédiments du lac Débo</i>							
0 à 2,5 cm	2,1 ± 0,4	56 ± 5	1,01	3,9	14,5	2,1	55
2,5 à 12 cm	1,5 ± 0,2	41 ± 4	1,00	2,9	12,1	1,5	41
12 à 24 cm	2,6 ± 0,1	34 ± 2	0,94	3,2	12,9	2,7	36
<i>sols amonts (horizon de surface)</i>							
Bandiagara	2,1 ± 0,1	19 ± 1	0,24	1,2	3,7	8,7	79
Bougouni	3,4 ± 0,1	26 ± 2	0,08	1,2	2,3	41	32
Kolokani	1,3 ± 0,1	19 ± 1	0,21	1,2	3,1	6,1	90

Quels que soient ces phénomènes de dilution, le signal stratigraphique est sans équivoque : il s'agit d'une sédimentation postérieure aux années 60 de l'ensemble des dépôts. Cette information est confirmée par l'activité des sédiments en  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  (correspondant à l'excès d'activité du plomb-210), dont la demi-vie est de 22,26 ans. Le  $^{210}\text{Pb}$  est présent naturellement dans tous les minéraux contenant de l'uranium et en équilibre radioactif avec lui (*i.e.* de même activité spécifique) ; une activité supplémentaire est apportée à la surface des sols par la désintégration du radon atmosphérique, ce qui va marquer les particules de surface des sols

ou en suspension des cours d'eau. Cette activité supplémentaire (excès de  $^{210}\text{Pb}$ ) va diminuer au cours du temps une fois les particules porteuses enfouies dans les sédiments. Aussi seul un sédiment relativement jeune (quelques décennies au maximum) sera porteur d'un excès de  $^{210}\text{Pb}$ , ce qui est le cas des échantillons du lac Débo (tableau 1). L'enrichissement en  $^{210}\text{Pb}$  des sédiments par rapport aux sols est dû à un marquage supplémentaire pendant le transit des matières en suspension dans la rivière. Comme pour le césium, les rapports  $^{210}\text{Pb}/\text{K}$  des sédiments du lac sont inférieurs à ceux des sols de l'amont, indiquant une dilution des particules fines provenant des zones érodées.

## ■ Dynamique hydrosédimentologique du lac Débo

Toutes les analyses sédimentologiques et radio-isotopiques indiquent donc que les sédiments du lac Débo proviennent de particules érodées et déposées récemment. En année de bonne hydraulité, une partie des dépôts – en particulier ceux non consolidés de l'année précédente – sont repris par charriage ou en suspension pour être évacués hors du lac. Cette succession de phases de dépôt et de reprise a permis au lac Débo de survivre des années durant sans remplissage significatif. Cependant la disparition de certaines couches sédimentaires en plusieurs endroits du lac, le changement de taille des particules, la coloration des strates, l'accumulation importante des dépôts dans les zones de sortie, la faible viscosité des dépôts et les résultats d'analyse du  $^{137}\text{Cs}$  et du  $^{210}\text{Pb}$  indiquent qu'il y a eu une réduction significative de la capacité des eaux du lac à remobiliser les sédiments déposés d'une année sur l'autre depuis les sécheresses successives des années 70 et 80. Les strates contenant des tests ou coquilles d'organismes aquatiques (sables et sables limoneux blanchâtres) résultent d'une bonne hydraulité tandis que les vases argileuses (ou sablo-limoneuses) noires à grisâtres se déposent en période d'hydraulité basse.

La répartition spatiale des vases met en évidence le rôle du bourgou dans le fonctionnement hydrosédimentologique du lac. Au voisinage des colonies de bourgou, les dépôts prennent un

caractère vaseux à argileux souvent noir traduisant une sédimentation fine due au ralentissement du courant par les tiges et une activité importante de décomposition de la matière organique. En ces endroits attribués à une colonisation récente du bourgou à partir de documents photographiques (photographie aérienne et imagerie Spot), les dépôts sableux grossiers se trouvent sous les dépôts vaseux traduisant un changement récent de dynamique sédimentaire. De plus, une partie de ces dépôts argileux noirs (présents à l'entrée, dans les zones latérales d'épandages et aux sorties du lac) semble remobilisée par les courants de fond vers les sorties, où leur épaisseur et leur consolidation en font foi. L'accumulation actuelle de ces vases noires aux sorties du lac peut aboutir à un bouchon vaseux extrêmement préjudiciable pour la navigabilité. Enfin l'envahissement du fond du lac par ces vases noires peut avoir des conséquences importantes sur la vie biologique du lac et être à l'origine d'un processus d'eutrophisation. La comparaison simultanée de l'état sédimentologique des trois sorties d'eau du lac Débo et de leur niveau d'hydraulicité donne un argument supplémentaire pour penser que la répartition spatiale du bourgou est un facteur majeur de la dynamique actuelle de sédimentation dans ce complexe lacustre. Depuis la fin des années 80, le Koli Koli s'est complètement envasé et est devenu non navigable à cause du bourgou et de l'envasement. Dans le même temps, le cône d'entrée dans le Bara Issa tend aussi à s'envaser et on constate conjointement un développement important du bourgou. Finalement, seule la sortie de l'Issa Ber reste aujourd'hui navigable sans problème majeur. En fait, à la faveur de la sécheresse – et donc de la baisse des hauteurs de crue –, le bourgou a pu coloniser le lac vers le lit. Cette succession de faibles niveaux d'eau a permis au bourgou de s'installer durablement vers le centre du lac, et plusieurs années sèches consécutives ont permis la formation de dépôts argileux à vaseux et organiques au droit des colonies de bourgou qui, ralentissant les écoulements, favorisent la sédimentation fine. De plus, cela a été accentué par le fait que le bourgou est maintenant souvent cultivé, ce qui est tout à fait nouveau. Ensuite, malgré le retour d'années à fortes crues (comme en 1994), les nouveaux sédiments accumulés au niveau du bourgou sont protégés et restent en place malgré leur faible tassement. Ainsi seule la sortie du lac la plus large – et donc où les écoulements sont les plus forts – a pu résister efficacement contre l'envahissement par le bourgou, à l'opposé de ce qui s'est passé à l'entrée du Koli

Koli et maintenant à l'entrée du Bara Issa. Cependant la plus grande partie des vases noires (en provenance des zones latérales d'épandages à proximité des îlots du lac) se retrouve sous la forme d'un bouchon vaseux à l'entrée de l'Issa Ber du fait de la concentration de plus en plus importante des écoulements sur cette sortie, processus pouvant à terme devenir dangereux pour l'équilibre trophique de l'ensemble du lac.

## Conclusion

Le fonctionnement hydrosédimentologique du lac Débo est donc fortement dépendant de l'hydraulicité du fleuve Niger. En effet, les fortes valeurs en  $^{137}\text{Cs}$  dans les sédiments quelle que soit la profondeur démontre d'une part, une sédimentation actuelle dans ce complexe lacustre situé au centre du delta intérieur du Niger, et d'autre part que tous les sédiments aujourd'hui présents dans le lac sont postérieurs aux années 60. Avant les années 60, les sédiments, qui étaient sablo-argileux à argilo-sableux, se déposaient majoritairement à l'entrée du lac à la faveur de la baisse du courant, puis étaient évacués d'une année sur l'autre à la faveur des courants de fond relativement importants. Mais les années consécutives de sécheresse pendant plus de deux décennies depuis 1970 ont permis une colonisation de plus en plus importante du lac par le bourgou, qui a favorisé la sédimentation fine et organique dans le lac et empêché la reprise des dépôts par les courants de fond. Ainsi, les dépôts sédimentaires, constitués à l'origine de sables limoneux, sont aujourd'hui des argiles limoneuses à fortes teneurs de matières organiques, donnant lieu à des vases noires qui tendent à coloniser l'ensemble du fond du lac et à s'accumuler à la sortie principale au niveau de l'Issa Ber, sous forme d'un bouchon vaseux qui pourrait à terme aboutir à la fermeture du lac.

### Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la zone atelier Zadin avec le soutien du GIP-Hydrosystème (du Ministère de la recherche, Paris), du projet de recherche Gihrex (du département Milieux et environnement de l'IRD) et du projet « Techniques isotopiques appliquées aux études sur la dynamique des sédiments » de l'AIEA.

## Bibliographie

- Bonté P., 1999 – *Rapport de mission AIEA : évaluation radio-isotopique de l'érosion et du transport sédimentaire en zones soudano-sahéliennes au Mali (nov. 1999)*. Etudes et rapports Gihrex, ER44, IRD, Bamako, Mali, 40 p.
- Bricquet J.-P., Mahé G., Bamba F., Diarra M., Mahieux A., Des Tureaux T., Picouet C., 1997 – « Erosion et transport particulaire par le Niger : du bassin supérieur à l'exutoire du delta intérieur (bilan de cinq années d'observation) ». In : *Regional hydrology : concepts and models for sustainable water resource management*, IAHS publ., 246 : 335-346.
- Gourcy L., 1994 – *Fonctionnement hydrogéochimique de la cuvette lacustre du fleuve Niger (Mali)*. Thèse doct., univ. Paris-XI, 271 p.
- Murray A. S., Marten R., Johnston A., Martin P., 1967 – Analysis for naturally occurring radionuclides at environmental concentrations by gamma spectrometry. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 115 : 263-288.
- Orange D., 2000 – *Rapport d'activité Zadin, année 1999 (GIP-Hydrosystème, Paris)*. Etudes et rapports Gihrex, ER48, IRD, Bamako, Mali, 33 p.
- Picouet C., 1999 – *Géodynamique d'un hydrosystème tropical peu anthropisé : le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur*. Thèse doct. Sciences, univ. Montpellier, 454 p.
- Sogon S., 1999 – *Erosion des sols cultivés et transport des matières en suspension dans un bassin versant de Brie. Application des traceurs radioactifs naturels et magnétiques*. Thèse doct., Géographie, univ. Paris-I, 304 p.
- Walling D. E., Quine T. A., 1990 – Calibration of caesium-137 measurements to provide quantitative erosion rate data. *Land Degradation and Rehabilitation*, 2 : 161-175.
- Walling D. E., Quine T. A., 1995 – "Use of fallout radionuclide measurements in soil erosion investigations". In : *Nuclear and related techniques in soil-plant studies on sustainable agriculture and environmental preservation*, proc. int. symp., Vienne, 17-21 octobre 1994, IAEA et FAO : 597-619.
- Walling D. E., He Q., Quine T. A., 1995 – "Use of caesium-137 and lead-210 as tracers in soil erosion investigations". In : *Tracer technologies for hydrological systems*, IAHS publ., 229 : 163-172.