

Effets de l'écoulement des-tributaires sur la dynamique des lacs de Léré (Mayo – Kebbi Ouest/Tchad)

The flowing out effects of tributary upon Lere's lakes dynamics (Chad/West Mayo-Kebbi)

PASSINRING K. (*)

Abstract: The Lakes Léré, located in the south western of Chad, are localized in a post-Cretaceous structural basin. They currently undergo phenomena of erosion causing the filling of their bottom with detrital materials. So, it is to understand this geomorphological threat through the role of the feeding system and the geological material in place that this study was undertaken. The goal is to call out to the actors of development and the political decision makers about the necessary safeguard measures to be taken. To understand this process of erosion around the lake ecosystems, we carried out the characterization of the hydrographic system by calculating the indices and geometrical parameters necessary to the evaluation of the potential of erosion of this system. Grain size and sedimentological analysis were carried out in order to appreciate the role of the geological material as well as the nature of the moved detrital material and the hydrodynamic force. The results show that the physiography of the hydrographic network plays a determining role on the dynamics of the lakes because the main tributaries cart significant sediments which accumulate in their content as well as on the shores.

Key-words: catchment, river erosion, lakes, silting.

Résumé : Les lacs de Léré, situés dans le sud ouest du Tchad, sont logés dans une cuvette structurale d'âge post – Crétacé. Ils subissent actuellement des phénomènes d'érosion provoquant le remplissage de leur fond en matériels détritiques. C'est pour comprendre cette menace géomorphologique à travers le rôle du système d'alimentation et du matériel géologique en place que cette étude a été entreprise. Le but est d'interpeler les acteurs de développement et les décideurs politiques sur les mesures nécessaires de sauvegarde à prendre. Pour comprendre ce processus d'érosion autour des écosystèmes lacustres, nous avons procédé à la caractérisation du système hydrographique en calculant les indices et paramètres géométriques nécessaires à l'évaluation du potentiel d'érosion de ce système. Des analyses granulométriques et sédimentologiques ont été réalisées afin d'apprécier le rôle du matériel géologique ainsi que la nature du matériel détritique déplacé et la force hydrodynamique. Les résultats montrent que la physiographie du réseau hydrographique joue un rôle déterminant sur la dynamique des lacs car les principaux tributaires charrient d'importantes quantités de sédiments qui s'accumulent autant dans leur fond que sur les rivages.

Mots – **clés**: bassin – versant, érosion fluviale, lacs, ensablement.

^(*) Département de Géographie, Université de N'Djaména/ENS de Bongor, Tchad E-Mail : gentil.passinring@yahoo.fr; kedeu.passinring-gentil@laposte.net

INTRODUCTION

Généralités

Les lacs de Léré sont situés à l'exutoire du bassin tchadien du *Mayo Kebbi*. La cuvette qui les retient comprend le lac de Tréné (7 km²) à l'Est et le lac de Léré (40 km²) à l'Ouest. Elle est traversée par le *Mayo Kebbi* qui rejoint la Bénoué. C'est une cuvette tectonique post-Mésozoïque où les lacs sont retenus en position d'angle de faille. Le réseau hydrographique qui l'alimente est organisé en trois sous – bassins versants à savoir *El Dallah*, *El Ouaya* et le *Mayo Binder*. En outre, le *Mayo Kebbi* alimente ces lacs qu'il traverse avant de rejoindre le bassin de la Bénoué au Cameroun.

Le modelé de surface est dominé par des collines arrondies. C'est une cuvette qui subit l'influence des reliefs environnants dont les hauts plateaux et les inselbergs de Pala à l'Est, les monts Mandara au Nord-Nord-Est, le plateau de l'Adamaoua au Sud-Ouest et ses hauts sommets qui se prolongent jusqu'à Guider (Cameroun), à l'Ouest.

Toutes ces données prédisposent l'écosystème lacustre à une menace des phénomènes d'érosion hydrique qui mobilisent d'importants matériels détritiques vers la cuvette.

L'objectif de cette étude est de comprendre le processus d'alluvionnement de ces lacs et d'interpeler les acteurs de développement sur les mesures de sauvegarde à prendre. Pour cela, l'étude du système d'alimentation des lacs a été privilégiée ainsi que l'influence du matériel géologique et du relief sur l'organisation et le régime de l'écoulement superficiel.

Après la problématique qui sera abordée sous l'angle de l'érosion fluviale qui menace de combler deux lacs structuraux, nous présenterons les données physiques du milieu tout en analysant l'interaction données géologiques – réseau hydrographique – manifestation de l'érosion. Dans les résultats et discussion, l'analyse du risque de la disparition des deux lacs sera abordée.

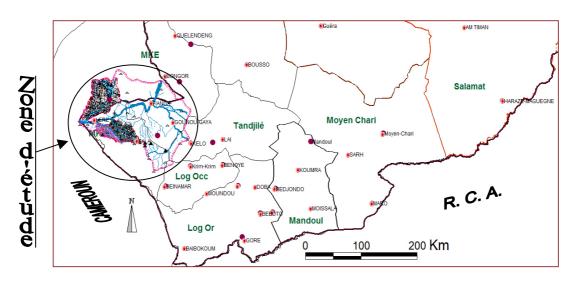


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude dans le sud du Tchad

Problématique

De part son substrat géologique, la cuvette de Léré renferme les conditions favorables à l'érosion hydrique. Le socle précambrien très dominant stimule un réseau hydrographique dense qui provoque un ruissellement de type aréolaire. Les matériaux tels que marnes, schistes, micaschistes, conglomérats et grès, fragiles, sont favorables à l'érosion hydrique. Le modelé collinaire qui domine le bassin accélère le ruissellement qui donne lieu à un transfert des matériaux détritiques importants.

Dans les embouchures, s'accumulent des alluvions sableuses et colluvions non différenciées (BACHIMON *et al.*, 2005). Face à cela, les lacs se réduisent comme une peau de chagrin, leurs principaux tributaires sont envahis de sables. Ce système d'érosion autour des lacs de Léré est animé par un régime climatique où les précipitations sont aléatoires et irrégulières et les températures relativement

élevées. Ces caractéristiques du climat entrainent le déficit en eau des plantes en saison sèche, réduisant le rôle protecteur du couvert végétal contre les phénomènes d'érosion hydrique.

CARACTERISATION DES DONNEES PHYSIQUES DU MILIEU D'ETUDE

Héritage géologique et configuration des modelés de surface

La cuvette lacustre se situe sur la bordure de la chaîne des Ougandides (Rodier, J. et al, 1966) qui constitue une partie du socle archéen métamorphisée, recouvert par les grès et conglomérats, les marnes schisteuses du Mésozoïque, les sables et grès fins du Tertiaire, ainsi que par des alluvions quaternaires, témoins d'une histoire du Pléistocène récent (PASSINRING, K., 2006). Le versant sud de la cuvette qui retient les lacs, reste dominé par les koros qui sont des affleurements des grès à quartz en damier et micas décolorés issus du Continental Terminal (Tertiaire). Ces affleurements sont de faible pente et portent une végétation boisée fortement dégradée par les activités humaines (CABOT, J., 1967).

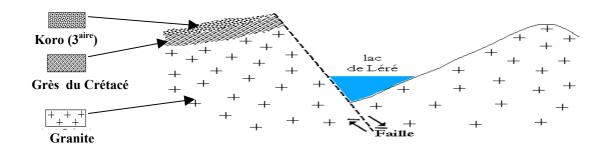


Figure 2. : Position structurale des lacs de Léré

Ces dernières formations géologiques ont subi des mouvements tectoniques dont l'essentiel est constitué par la vallée d'angle de faille occupée par les lacs et par des filons de dolérite affectant le socle précambrien (NONTANOVANH, M., 2002) et sa couverture détritique, au sud du lac de Léré. Les matériaux du Crétacé Inférieur, composés de conglomérats à la base, surmontés de grès grossiers à fins, qui alternent avec des marnes verdâtres à niveaux calcaires et graveleux, ont subi des manifestations tectoniques ayant donné lieu à la formation de la cuvette ainsi qu'à de nombreuses fractures dont le faisceau principal est la vallée du *Mayo-Kebbi* (CHEVERY, C. & FROMAGET, M., 1970). Les matériaux tels que marnes, schistes, micaschistes, conglomérats et grès, à cause de leur faible résistance à l'altération, galvanisent l'érosion hydrique.

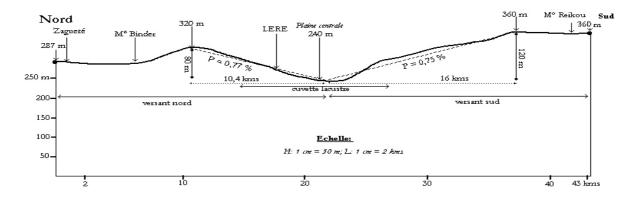


Figure 3 : Configuration du relief autour de la cuvette lacustre

La configuration du modelé de surface, quoique très irrégulière, fait de la région de Léré, une région de collines d'altitude comprise entre 300 et 480 m (CABOT, J., 1965), découpées par un réseau de talwegs peu profond.

Paramètres climatiques et influence du couvert végétal

Le rôle du climat est très fondamental dans la dynamique morphogénique. Les variables climatiques y interviennent selon les conditions topographiques et humaines locales.

Dans le bassin tchadien du Mayo-Kebbi, le climat a un régime tropical à deux saisons bien contrastées : une saison pluvieuse et une saison sèche. La pluviosité connait un rythme très irrégulier avec des précipitations réparties de façon aléatoire dans le temps et dans l'espace. Les températures, constamment élevées, sont favorables à d'intenses évaporations dont la moyenne annuelle est de 2 398 mm (PASSINRING, K., 2006). Elles connaissent des fortes variations avec des maximas qui dépassent 40°C et des minimas qui se situent au-delà de 25°C (PALOU, B.L., 2005).

Face à ces conditions climatiques peu favorables, la végétation, développée sur des sols légers, à faible capacité de rétention d'eau, reste très sensible au déficit hydrique qui en résulte : en saison sèche, le paysage se modifie, le sol se déshydrate, les graminées se dessèchent et deviennent la proie des feux de brousse, les feuilles des arbres, arbustes et buissons jaunissent et tombent (BIBENS, E., 2001). Alors que pendant l'hivernage, les plantes sont couvertes de feuilles et exercent de fortes activités chlorophylliennes, les graminées reverdissent et remplacent celles, desséchées, qui ont été brûlées au cours de la saison défavorable. Leur densité augmente considérablement, leur conférant le rôle d'écran protecteur du sol (PASSINRING, K., 2009). Cette végétation présente plusieurs faciès qui varient selon les stations topographiques. On distingue les formations des prairies marécageuses où dominent les espèces envahissantes telles que les *Mimosa pigra* et les *Andropogon gayanus* (PASSINRING, K., 2009). En s'éloignant des zones humides, on rencontre la savane arborée plus ou moins dense sur les bas-versants. Celle – ci, plus haute et polymorphe, est dégradée par endroits à cause de l'utilisation anthropique et des effets des feux de brousse qui laissent apparaître localement des tapis graminéens à *Andropogon gayanus, Pennisetum pedicellatum, Hyparrhenia rufa* et *Stenium elegans* (PIAS, J., 1970 b).

Sur les collines et plateaux sommitaux, domine une végétation de savane arborée claire qui prend une allure xérique sur les plateaux du versant nord. Le cortège floristique est composé généralement des *Monotes kerstinguii, Boswellia dalzielli*, des Acacias et des Combrétacés de plus en plus nombreux vers le Sud, notamment les *Anogeisus leocarpus, Steculie setigera, Combretum glutinosum, Terminalia vicenoïde* (PIAS, J., 1962).

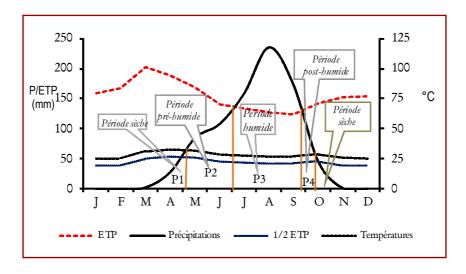


Figure 4 : Abaque hydrothermique de la cuvette de Léré (Station de Léré)

L'évapotranspiration potentielle largement supérieure à l'évapotranspiration réelle confirme les faits avec un déficit de l'écoulement fluvial de 1 596 mm.

7D 11 4	T 1'	1	1	1/0 :/:	1 , .	1 1 '
Lablaan	Indicac at	naramatrac	nour la	detinition	du ragima	de drainage
i aincau i.	muices et	Darameucs	ixui ia	acminimon	uu iceiiic	uc uramage
		0 000 00000	P			

N°	Caractères	Indices et Paramètres
1	Indice d'humidité	0,84 %
2	Indice d'aridité	66,20 %
3	Evapotranspiration potentielle (Er)	814,52 mm
4	Excédent d'écoulement	20,37 mm
5	Déficit d'écoulement	1 595,97 mm
6	Seuil d'écoulement	669,63 mm
7	Limite supérieure du déficit de l'écoulement	1 978,33 mm

Source: Passinring K., 2006.

La végétation se trouve alors soumise chaque année au déficit hydrique chronique durant des longues périodes sèches. Pendant ces périodes défavorables, l'indice d'aridité, calculé selon la formule de Thornthwaite est de 66,20 % (Fournier, F., 1960). La valeur du seuil de l'écoulement montre que celui-ci est en moyenne de faible importance, d'où la forte valeur de la limite supérieure du déficit de l'écoulement fluvial (Hervieu, J., 1968). En effet, g(T) s'élève à 1 978,33 mm alors que la moyenne annuelle des précipitations à Léré est de 833,81 mm et de 993,86 mm à Pala. Il en résulte une alimentation interrompue du drainage au cours de l'année avec des conséquences socio-écologiques considérables (PASSINRING, K., 2006).

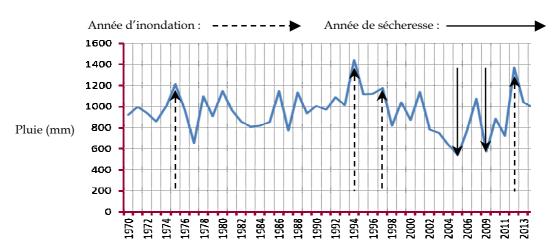


Figure 5 : Evolution pluviométrique de la région (Station de Pala)

En effet, les cinq dernières décennies (1970-2010) ont été marquées par des phénomènes pluviométriques extrêmes. C'est le cas des grandes inondations des années 1975, 1994, 1997 et 2012 durant lesquelles plus de 1 150 mm/an de pluie a été enregistrée et des grandes sécheresses ayant marqué les années 2005 et 2009, avec des précipitations annuelles inférieures à 600 mm. Les effets sont dévastateurs sur l'environnement : dégradation du couvert végétal, érosion hydrique, dégradation des terres, ...

Caractérisation du système hydrographique, cartographie et géométrie des bassins – versants

La cartographie des bassin-versants a été faite manuellement. Après la délimitation des bassins, nous avons procédé au calcul de certains indices et paramètres afin d'analyser le système hydrographique et son potentiel d'érosion.

Tableau 2 : Approche d'interprétation des paramètres hypsométriques

Paramètres	But	Interprétation		
Indice de sinuosité (Is)	Mesure les détours d'un lit fluvial	Si Is \Box 1,5 \Rightarrow méandre; Is $<$ 1,05 \Rightarrow rectiligne; 1,05 $>$ Is $<$ 1,50 \Rightarrow lobes		
Coefficient orographique (H²/S)	Mesure le risque d'érosion auquel un bassin-versant est exposé	Les fortes valeurs supposent un risque fort d'érosion.		
Indice d'intensité absolue d'apports détritiques (I _A)	Classe les bassins versants par ordre d'importance d'apports détritiques	Fortes valeurs = très grande capacité des cours d'eau en apports détritiques		
Indice de compacité (Kc)	Précise la vitesse de concentration des eaux et l'importance des crues	Si Kc est élevé (> 1) ⇒ bassin à rapide concentration des eaux		
hauteur du bassin versant (H)	Différence d'altitude amont - aval d'un bassin versant	Fortes valeurs = bassin élevé, influence les bassins inférieurs en produits d'érosion.		
Altitude du bassin versant (Alt)	Altitude moyenne d'un bassin versant par rapport aux autres bassins	Valeurs élevées = bassin incliné à relief très irrégulier.		
Coefficient de massivité du relief (H/S) Caractérise le relief d'un bassin versant		Valeurs fortes⇒ le relief accentué		
Coefficient d'énergie d'érosion ()	Apprécie le risque d'érosion en fonction de l'importance du relief	Fortes valeurs = relief massif = les risques d'érosion élevé		

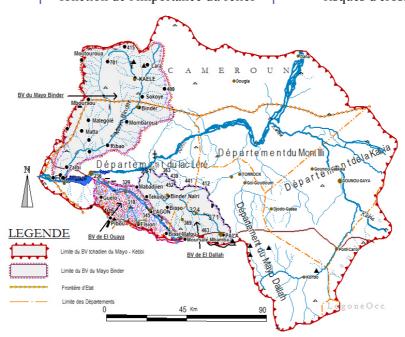


Figure 6 : Organisation du réseau de drainage dans le bassin tchadien du Mayo - Kebbi

RESULTATS ET DISCUSSION

La cartographie du système hydrographique montre la concentration des sous – bassins – versants à l'exutoire du grand bassin du *Mayo Kebbi*. Ils présentent des réseaux hydrographiques dendritiques (Bravard, J.-P., Petit, F., 2000) favorables à l'érosion hydrique. Ce réseau est développé sur du matériel géologique imperméable. Les lacs subissent alors une forte influence de ce réseau en matière d'apports détritiques. Ce risque d'apports est vérifié par les paramètres et indices calculés. L'indice (Is) qui évalue

les sinuosités des lits fluviaux, présente le *Mayo Binder* comme un chenal à fort potentiel d'érosion avec un *Is* de 0,67, suivi d'*el Dallah* et d'*el Ouaya*.

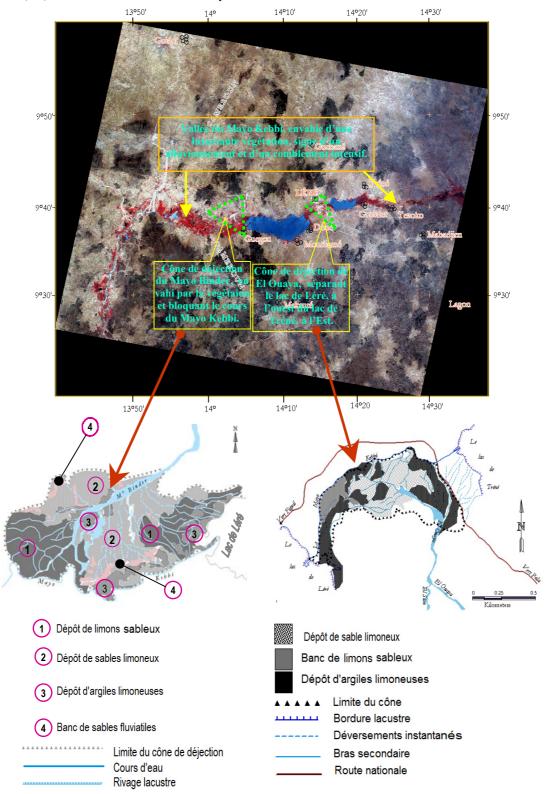


Figure 7 : Cônes de déjection sur les rivages lacustres

Sur l'ensemble du bassin, *el Dallah* constitue une grande menace pour les lacs car son coefficient orographique est plus élevé (78,25). Cette valeur est confirmée sur le lac de Tréné qui subit un intense alluvionnement à l'embouchure du *Mayo Kebbi* fortement chargé par les apports d'*el Dallah*. C'est ainsi que le lac de Tréné est menacé d'assèchement par colmatage avec les alluvions du *Mayo Kebbi*. Le

même phénomène est observé à l'exutoire du *Mayo Binder* dont le coefficient orographique est de 15,77. Ce cours d'eau construit un vaste cône de déjection qui obstrue l'écoulement du *Mayo Kebbi* vers la Bénoué, et l'empêche de jouer son rôle de vidange des fonds lacustres, puis alluvionne l'exutoire du lac. Il en résulte que ce dernier d'une part se réduit en profondeur et d'autre part voit ses zones marécageuses s'étendre.

La forme des bassins connue grâce à l'indice de compacité de Gravelius (Kc; FOURNIER, F., 1960) constitue aussi un bon indicateur du rôle géomorphologique des cours d'eau. Le *Mayo Binder* et *el Ouaya*, de forme allongée à très allongée, ont respectivement des indices de 1,28 et 1,42. Cela montre qu'au niveau de ces bassins, la concentration des eaux est rapide, avec des crues brutales d'une importante capacité érosive. Le cône d'*el Ouaya* en aval du pont sur le *Mayo Kebbi*, constitue une preuve de cette force mobilisatrice de matériaux.

Aussi, à l'origine, les deux lacs n'en faisaient qu'un seul. Progressivement, ce plan d'eau a été étranglé, puis scindé en deux par le cône d'el Ouaya avec en amont le lac de Tréné plus petit et en aval, le lac de Léré plus vaste. De nos jours, menacé d'obstruction totale, la vallée du Mayo Kebbi est en train de précipiter la disparition du lac amont par alluvionnement.

BV	S	P	K _c	LTP	Pente	I_A	I_s	H^2/S	T (heure)
MK	19 540	620	1,24	238	0,63	41,50	0,97	0,81	94,93
MB	2 931	248	1,28	118	2,68	121,40	0,67	15,77	33,56
ED	1 236	150	1,20	76	4,83	254,03	0,84	78,25	24,16
EO	785	142	1,42	66	0,95	258,13	0,90	4,14	35,03

Tableau 3 : Indices et paramètres hypsométriques des bassins - versant

MK: Mayo - Kebbi; MB: Mayo Binder; ED: El Dallah; EO: El Ouaya; BV: bassin-versant; S: $superficie en <math>km^2$; P: $p\'erim\`etre en <math>km$; K_c : coefficient de compacit'e; LTP: longueur du talweg principal en km; I_A : indice d'intensit'e absolue d'apport d'etritique; I_s : indice de sinuosit'e; H^2/S : coefficient orographique; T: temps de r'eponse d'une crue en heure.

Les coefficients orographique et d'énergie d'érosion, l'indice d'intensité absolue d'apports détritiques ainsi que la pente précisent le potentiel d'érosion des bassins – versants et déterminent virtuellement leur compétence en matière d'apports détritiques (Fournier, F., 1960). Ainsi, la pente topographique et le coefficient orographique confèrent au *Mayo Binder* et à *el Dallah* plus de compétence à l'action d'érosion par ruissellement, avec respectivement 2,68 % et 4,83 % pour la pente et 15,77 % et 78,25 % pour le coefficient orographique.

Cependant, c'est à travers l'indice d'intensité absolue d'apports détritiques qu'*el Ouaya* s'avère plus compétent pour la remobilisation des altérites : le bassin se distingue par un indice de 258,13. L'analyse des données géométriques confirme les observations de terrain. Le réseau du *Mayo Binder* évolue en digue naturelle obstruant le cours du principal émissaire, puis alluvionne l'exutoire du lac de Léré qui se rétrécit insidieusement devant la conquête végétale de ses abords. L'analyse granulométrique de ces matériaux présente des sables dominant à structure litée.

I. STATISTIQUE DES SÉDIME	NTS	7 100 90	
Sables (en %)	87,95	80	4
Limons	12,05] 60	i /
		50	
II. TEXTURE DES SABLES		_ 30	1 /
Sables grossiers (2-0,5mm) en %	70,12	20	
Sables moyens (0,5-0,2mm) en %	22,91] "	_╸ ┃
Sables fins (0,2-0,05mm) en %	6,97		1,500 1,200 1,500
a forme de la courbe leptokurtique (Kurtosis = .	1,28), convexe ver	rs le ciel av	ec une angulosité émoussée, consa

La forme de la courbe leptokurtique (Kurtosis = 1,28), convexe vers le ciel avec une angulosité émoussée, consacre la prédominance de la fraction grossière ; d'où le Skewness de 0,20 confirmé par les données du tableau des analyses physiques du sable ci – dessus (Chamley H., 2000).

Figure 8 : Granulométrie des dépôts alluviaux dans la plaine lacustre à Fouli (Léré)

Si la cuvette de Léré présente aujourd'hui un seuil détritique au niveau de Lao, c'est à cause du cône d'*el Ouaya* qui continue son évolution en bloquant d'une part le cours du *Mayo Kebbi* et d'autre part, alluvionne l'aval du lac de Tréné menacé en amont par les alluvions d'*el Dallah*.

Ce travail complète les recherches de l'ORSTOM dans les années 70 (CABOT, J., 1967, PIAS, J., 1970a, RODIER, J. et al. 1966), basées sur la description à petite échelle des phénomènes géographiques. Elle met en exergue les cartes délimitant les bassins – versants qui alimentent et alluvionnent la cuvette. Leur potentiel d'érosion ainsi que leur menace sur les lacs ont été estimés quantitativement à travers le calcul des paramètres et indices. Il en ressort que les bassins du *Mayo Binder* et de el *Ouaya* constituent de potentielles menaces pour la survie de ces deux lacs à cause d'une sédimentation active (COLLET, L.W., 1925).

CONCLUSION

Les lacs de Léré sont des lacs structuraux logés dans une cuvette tectonique. Leur régime hydrologique est solidaire d'un réseau hydrographique imposé par des roches imperméables et une topographie plus ou moins contrastée. Ce réseau favorise autant les apports liquides que solides. Il est structuré en trois sous – bassin – versants, tous concentrés à l'exutoire de la cuvette. La configuration du réseau hydrographique constitue une menace pour ces lacs. Malgré le rôle de vidange lacustre que joue le *Mayo Kebbi*, le réseau de l'écoulement hydrique reste favorable à la concentration des débris solides sur le fond et sur les rivages lacustres. Les cônes de déjection du *Mayo Binder* à l'ouest et de *el Ouaya* à l'Est, en constituent d'illustres exemples. Les indices et paramètres obtenus ont permis de comprendre l'importance du rôle joué par chacune des unités hydrographiques en matière d'érosion.

Cependant, il serait souhaitable que l'étude se poursuive de manière à évaluer quantitativement et dans le temps, le flux et le volume des matières solides qui continuent à s'accumuler sur les fonds et les rivages lacustres. Cette perspective doit intégrer des dispositifs expérimentaux au sol et des activités humaines tels que les exploitations agricoles et artisanales qui prennent de l'ampleur sur les versants et les abords des lacs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BACHIMON, Ph.., 2005. Géosystèmes lacustres: Etude des régions des lacs de Léré et Fitri (Tchad). Projet CAMPUS, Rapport scientifique, 318 p.

BIBENS, E., 2001. Analyse des formes de l'occupation de l'espace autour des lacs Fitri et Léré (Tchad) à partir d'images satellitales. Rapport de stage de DESS, université de Paris XII, 77 p.

BRAVARD, J.-P., 2000. Les cours d'eau : dynamique du système fluvial. 2 de éd., Paris, A. Colin, 222 p.

CABOT, J., 1965. Le bassin du moyen Logone. Mémoires ORSTOM, Paris, 327 p.

CABOT, J., 1967. Les lits du Logone. SEDES, Paris, 120 p.

CHAMLEY, H., 2000. Base de sédimentologie. Dunod, Paris, 2ème édition, 178 p.

CHEVERY, C. & FROMAGET, M., 1970. Notice explicative de la carte pédologique de reconnaissance à 1/200 000 de la république du Tchad, feuille de Léré. ORSTOM, Paris, n° 40, 88 p.

COLLET, L.W., 1925. Les lacs; leur mode de formation, leurs eaux, leur destin. Doin, Paris, 320 p.

FOURNIER, F., 1960. Climat et érosion. La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. PUF, Paris, 201 p.

HERVIEU, J., 1968. Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical. Mém. ORSTOM, n° 24, Paris, 465 p.

NONTANOVANH, M., 2002. Influence du substratum géologique et des sols sur l'occupation du sol dans la région de Léré (Sud-Ouest du Tchad): *Implication sur la répartition des ressources agropastorales et minières*. Mémoire de DEA ADEn, Université d'Orléans.

PALOU, B.L., 2005. La gestion de la plaine à l'Ouest du lac de Léré: *L'exemple de Guegou et Kahbi*. Mémoire de maîtrise, Université de N'Djaména, 83 p.

PASSINRING, K., 2006. Milieux naturels et paysages du bassin – versant des lacs de Léré (MKO – Tchad). Thèse de doctorat, Université Aix – Marseille I, 306 p.

PASSINRING, K., 2009. Impacts de la propagation des *Mimosa pigra* et des *Andropogon gayanus* sur la gestion des terres cultivables dans la plaine fluvio-lacustre à Léré (Tchad). Révue Scientifique du Tchad, Vol. 11, n° 3, P. 20 – 25.

PIAS, J., 1962. Les sols du moyen et bas Logone, du bas-Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr El Ghazal. Mémoire ORSTOM, n° 2, Paris, 439 p.

PIAS, J., 1970a. Les formations sédimentaires, tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et des sols qui en dérivent. ORSTOM, Paris, 425 p.

PIAS, J., 1970b. La végétation du Tchad. Paris, ORSTOM, 47 p. RODIER, J., BOUCHARDEAU, A. & BILLON, B., 1966. Les déversements du Logone vers la Bénoué. ORSTOM, coll. *Terres et eaux*, vol. 19, n° 49, 17 p.