Chapitre 2

Origine et genèse d'un grand lac tropical

Le lac Victoria suscite depuis très longtemps l'intérêt des explorateurs et des scientifiques. Mais, il est difficile de se faire une idée très claire de son origine, tant son histoire est jalonnée d'évènements géologiques, hydrologiques et climatiques, parfois assez confus, qui sont à l'origine de sa configuration actuelle.

Compte tenu de ses dimensions et de la diversité de ses côtes, le lac est un ensemble hétérogène dont l'étude demeure très complexe. C'est pourquoi, son origine et son histoire ont longtemps fait l'objet d'importantes controverses. Mais il est certain que ce lac ne résulte pas du simple remplissage de failles qui se sont produites lors de la formation du Grand Rift.

⋆

Si le « *rifting* » proprement dit a débuté il y a environ 100 millions d'années, ce n'est qu'il y a environ 30 millions d'années (durant l'Oligocène), que se met en place une série d'énormes failles entre les trois grandes plaques arabique, africaine et somalienne. Cet évènement géologique majeur s'étend actuellement de la Jordanie (au nord) au Zambèze (au sud) sur plus de 9 500 km de longueur. Prenant naissance dans la vallée du Jourdain, il traverse la mer Rouge puis se divise, en Afrique de l'Est, en rift occidental (également appelé « *Albertine Rift* ») et rift oriental (également appelé « *Gregory Rift* »). Sa largeur moyenne est d'environ 40 à 60 km, mais dans le désert du Danakil (Érythrée et Éthiopie), elle peut dépasser 450 km (figure 1).

La forme actuelle de la vallée du Rift est une étape d'un long processus de déchirement du continent qui est toujours actif : on estime en effet que les bords de la mer Rouge continuent à s'écarter, en moyenne, de 10 à 20 mm par an. Il est probable que les trois plaques finiront par se séparer et que l'actuelle corne de l'Afrique se détachera, à terme, du reste du continent.



FIGURE 1 – Le système du Rift est-africain (modifié d'après Davies, 2009). On constate que le lac Victoria n'est pas un véritable lac du Rift. Il occupe néanmoins la dépression, encadrée par les branches occidentale et orientale qui se sont formées lors des mouvements tectoniques qui ont soulevé les bords du rift

On a longtemps cru que le bassin du Victoria occupait l'emplacement d'un champ de fractures comme les autres grands lacs d'Afrique de l'Est (Tanganyika, Malawi ou Kivu). Mais dès 1911, Fritz Jaeger [1] avance une théorie, tout à fait nouvelle pour l'époque, sur l'origine de cette immense masse d'eau. Il réfute l'hypothèse selon laquelle le lac serait né des fractures tectoniques et, en étudiant la géomorphologie du pourtour du lac, prouve que les eaux ont envahi une topographie en creux dont l'écoulement des eaux a été obstrué par un barrage situé en aval. En effet, il existe bien au nord du lac de très épaisses accumulations volcaniques qui peuvent avoir causé la submersion des parties les plus déprimées de ce bassin situé entre les deux grabens est-africains (voir encadré « Les horsts et les grabens »). Cette théorie énoncée, il y un siècle, est en accord avec ce que l'on sait actuellement. Mais, il restait à établir la nature et la chronologie des évènements à l'origine de ce phénomène.

1. Géographe allemand (1886-1966), professeur à l'Université de Berlin, qui travailla beaucoup en Afrique, notamment en Tanzanie et en Namibie.

Les horsts et les grabens

En géologie et géomorphologie, un **horst** (figures 2 et 3) désigne un compartiment resté haut entre des grabens, et bordés par des failles normales. On y oppose le terme **graben** (figures 2 et 3), qui désigne les compartiments abaissés. Ces structures se retrouvent dans les contextes extensifs, comme les **rifts**.

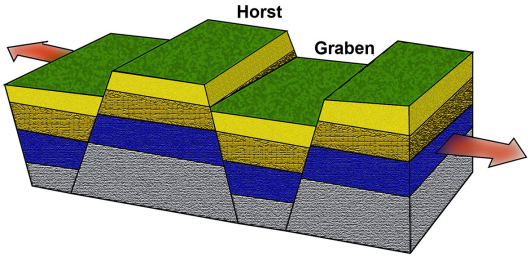


Figure 2 – Succession de horst et de graben



Figure 3 – Lac Manyara (Tanzanie) : le horst, structure élevée (à droite) succède au graben, zone basse, remplie, en partie, par le lac proprement dit (à gauche) (© IRD / D. Paugy)

1 Quand la tectonique des plaques campe le décor

Au cours du Jurassique (il y a environ 160 Ma BP), le Gondwana se morcèle et l'Afrique commence à se séparer de l'Inde. Au Crétacé, la fragmentation se poursuit et l'Inde se sépare définitivement de l'Afrique (125 Ma BP). L'Afrique et 'Amérique du Sud se sépareront quelques Ma plus tard (80 Ma BP) (figure 4). En Afrique orientale, dès l'Éocène (40 Ma BP), d'importants mouvements tectoniques se produisent accompagnés de sérieuses manifestations volcaniques. Plus tard, au cours de l'Oligocène (30 Ma BP), une série de failles se met en place entre les trois grandes plaques arabe, africaine (ou nubienne) et somalienne. Enfin, au début du Miocène (20 Ma BP), un puissant mouvement tectonique modifie la physionomie de la région, avec l'apparition

simultanée d'une quarantaine de sites volcaniques. C'est à cette époque que la Mer Rouge commence à se former. Mais la fracture du continent divise également les hauts plateaux éthiopiens en deux parties. C'est la naissance du processus de formation de la vallée du Grand Rift est-africain. Le Rift est globalement asymétrique, mais des grabens bien définis forment le Rift éthiopien et le Rift Gregory (figure 5).

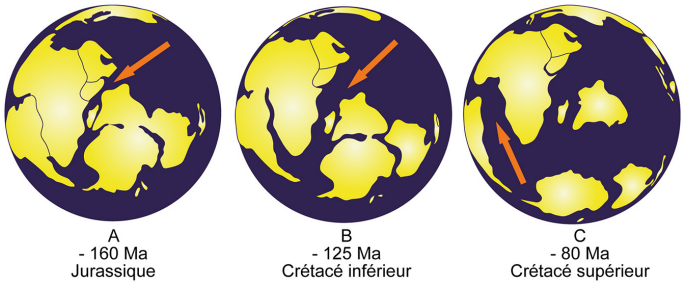


FIGURE 4 – Morcellement progressif du Gondwana. Au cours du Jurassique, un rift commence à séparer l'Afrique de l'Inde (A). Cette séparation est définitive au début du Crétacé (B). Enfin au Crétacé supérieur l'Amérique du Sud est également complètement séparée de l'Afrique (C) (redessiné d'après ITC University of Twente, Pays-Bas, 2000 ; http ://kartoweb.itc.nl/gondwana/gondwana.html)

Au Miocène (20 Ma BP), la topographie africaine est encore considérablement différente de ce qu'elle est actuellement. Toutefois, on estime que la vallée du Nil existait certainement à cette époque. On sait aussi, avant que le Grand Rift ne se forme, qu'il existait une crête de hautes terres qui s'étendait du nord au sud sur ce qui constitue actuellement la rive orientale du lac Victoria (Goudie, 2005).

Cette crête, issue de l'activité volcanique, a créé une ligne de partage des eaux. Vers l'ouest s'écoulaient alors de longs fleuves rejoignant l'océan Atlantique, comme le Congo par exemple, tandis que vers l'est coulaient des fleuves plus courts et plus rapides se jetant dans l'océan Indien (Cooke, 1958). Des lacs remplissaient les failles bloquées par des écoulements volcaniques. Ils étaient différents de ceux que l'on connaît actuellement. C'est ainsi que se serait formé, par exemple, le « Protolac Karunga » qui occupait la zone actuelle s'étendant, à l'est, du Golfe de Kavirondo, jusqu'aux îles de Rusinga, à l'ouest (Beadle, 1981). La présence de ce lac, a été prouvée grâce à l'analyse des dépôts qui sont restés en place et en raison de l'existence de restes fossiles de crocodiles, de tortues et de poissons, datant d'environ 18 millions d'années (Van Couvering & Miller, 1969). Parmi les poissons présents dans le « Protolac Karunga », on a pu identifier des formes proches de celles connues aujourd'hui et que l'on rapporte aux genres *Tilapia* ou *Coptodon* s.l., *Lates* (perche du Nil) et *Polypterus* (polyptères ou bichir). Il est paradoxal de noter qu'actuellement, ni *Lates* ni *Polypterus* n'existent naturellement dans le lac Victoria.

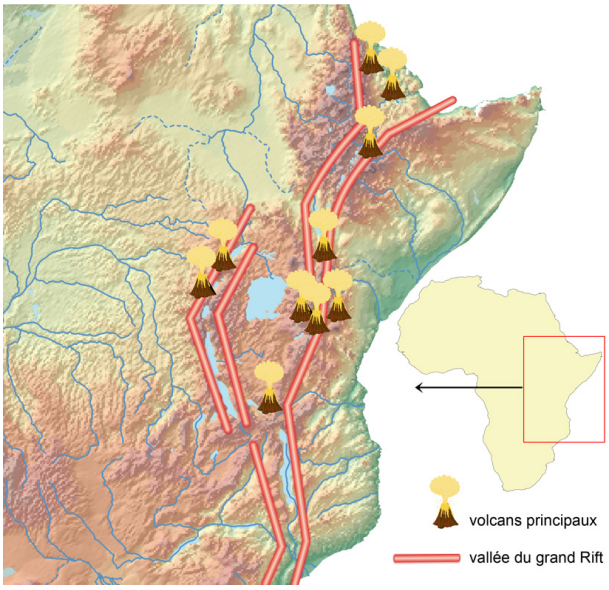


FIGURE 5 – Le système du Rift et les principales zones de volcans est-africains. Cet événement géologique majeur s'étend actuellement de la Jordanie (au nord) au Zambèze (au sud) sur plus de 9 500 km de longueur. Après être née dans la vallée du Jourdain, la faille traverse la mer Rouge puis se divise, en Afrique de l'Est, en rift occidental (également appelé « *Albertine Rift* » ou « *Rift Gregory* ») et rift oriental (également appelé « Rift éthiopien »). Le lac Victoria occupe la dépression formée par des mouvements tectoniques et encadrée par les deux branches de la vallée du grand rift formée il y a environ quatre millions d'années

2 Une première période d'assèchements

Par la suite, les lacs se sont asséchés et différentes hypothèses ont été émises pour expliquer leur évolution et leur dynamique (Fryer & Iles, 1972). On estime par exemple que le climat du Miocène est devenu graduellement plus aride et que les lacs ou protolacs, comme le Karunga, se sont asséchés. Cette sécheresse a vraisemblablement été totale puisque les polyptères, pourtant résistants à des conditions sévères, semblent également avoir totalement disparus à cette époque.

3 Les Rifts se mettent en place

Nous sommes à l'époque de Lucy, il y a quatre millions d'années. Le rift est africain continue de se mettre en place. Les fossés sont encadrés par des hauts reliefs liés au volcanisme et au soulèvement de leurs marges qui ont accompagné l'effondrement. Hormis le lac Turkana, les lacs de la branche est sont petits et peu profonds. À l'inverse, la branche ouest est occupée par des lacs grands et profonds : Albert, Kivu, Tanganyika et Malawi. Rappelons que les rifts oriental et occidental ne sont pas des cuvettes continues et qu'il s'agit en fait d'une série de dépressions qui possèdent chacune son lac.

L'origine du lac Victoria est différente de celle des autres lacs profonds du Grand Rift. Sur l'ancien plateau séparant les deux branches du système du Rift est africain, l'ancien système hydrologique qui coulait d'est en ouest a été modifié par le soulèvement graduel des bordures du rift occidental. Cette surrection qui a débuté dès le Miocène a provoqué l'inversion du cours des rivières il y a 1,6 et 0,8 Ma BP (Pliocène), voire même peut-être plus récemment. Certains cours d'eau, comme la Kagera et la Katonga, capturés par cette cuvette, commencent alors à la remplir entre 750 000 et 400 000 ans BP (moyen Pléistocène). Cette inversion de cours qui a entraîné l'inondation du plateau est à l'origine de la naissance du lac Victoria (figure 6).



Figure 6 – Bassins versants d'Afrique de l'Est, tels qu'on peut les supposer juste avant le Pléistocène (d'après Beadle, 1981, p. 249)

Dans l'état actuel des connaissances il semble qu'il y ait un consensus pour estimer que le lac Victoria est apparu au milieu du Pléistocène, il y a environ 500 000 ans BP, ce qui signifie que cette véritable mer intérieure est assez jeune.

4 Un lac sous influence climatique

Par la suite, pour expliquer la spéciation des poissons du groupe *Haplochromis*, certains évolutionnistes ont suggéré que tout au long de son histoire, le lac avait été sous l'influence de nombreux changements climatiques. Tantôt, le bassin était réduit à une série de petits lacs ou de marécages déconnectés les uns des autres, tantôt il présentait, comme actuellement, une très vaste superficie. Ces variations climatiques ont très bien pu jouer un rôle au cours de l'histoire du lac, mais actuellement on pense que les principaux facteurs en jeu ont certainement été d'ordre tectonique (voir les explications de la figure 7).

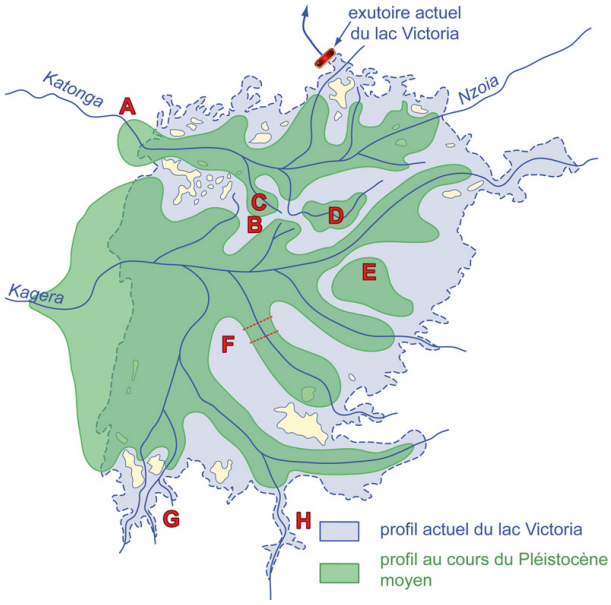


FIGURE 7 – Un stade antérieur du développement du lac Victoria (en vert) redessiné d'après Fryer & Iles, 1972). À cette époque, les rivières qui traversent le lac actuel coulaient de l'est vers l'ouest. Ainsi, la Katonga était vraisemblablement une prolongation occidentale de la Nzoia. Vers l'ouest, elles étaient ensuite bloquées par l'érection de la région occidentale du lac. Par la suite, ce soulèvement a entraîné l'inversion de l'écoulement et à présent la Kagera et la Katonga s'écoulent vers l'est. Le profil des lacs du Pléistocène n'est qu'indicatif et n'est qu'une interpolation basée sur le profil des rivières actuelles et sur la topographie sub-lacustre du lac actuel. Il faut noter que le ou les lacs anciens étaient plus étendus vers l'ouest qu'à l'heure actuelle. Les évènements importants qui ont façonné la topographie de la région peuvent être résumés selon certaines hypothèses théoriques :

A. région où une connexion intermittente avec le lac Edouard s'est certainement produite ;
B. bas fond qui au moment de l'élévation du niveau d'eau a permis la jonction entre les deux principaux lacs ;
C. bassin inondé qui pourrait s'isoler si le niveau du lac principal venait à baisser ;
D. lac isolé dans une basse vallée qui reste en relation avec un lac principal par le biais d'un affluent. Ce lac peut, dans un premier temps, s'isoler du lac situé au nord puis, se connecter au lac situé au sud comme conséquence d'une capture de la rivière ;
E. séparation lacustre ;
F. région qui pourrait donner naissance à un bassin isolé suite à un léger soulèvement ;
G et H. vallées inondées désormais intégrées en bordure du lac actuel.

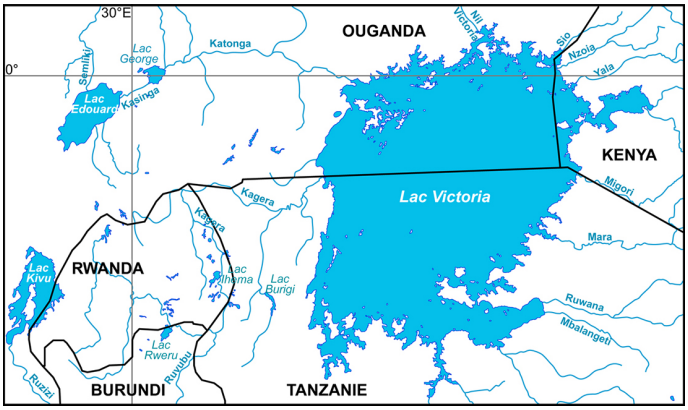


FIGURE 8 – Système hydrographique du bassin de lac Victoria

Au cours du pléistocène supérieur (± 60 000 ans BP), il semble que les limites du lac se situaient plus à l'ouest (environ 100 km) (figure 7) et des dépôts lacustres attestent que les vallées de la Kagera et de la Katonga ont alors été envahies (Bishop, 1969). Le fait que la Katonga ait été inondée, suggère qu'il a existé, à un moment donné, une relation étroite entre le lac Victoria et le lac Edouard (figure 8). Cette ancienne communication permet de comprendre l'origine de la faune ichtyologique de ce lac qui présente une grande affinité avec celle du lac Victoria (Trewavas, 1933). Les auteurs s'accordent, en effet, pour admettre que les essaims d'espèces des lacs Edouard-George et du lac Victoria sont très proches tant du point de vue phylogénétique que phénotypique.

5 La dernière phase d'assèchement, il y a 17 000 ans

On a estimé durant très longtemps que la dernière grande phase d'assèchement du lac s'était produite il y a environ 17 000 ans et qu'en conséquence, la radiation des espèces actuelles (environ 500 haplochromines endémiques) ne s'était produite qu'ensuite. Nous verrons plus loin (voir chapitre 6, « Le vivier de Darwin et la faune ichtyologique associée ») que ce n'est pas le cas et que les espèces actuelles sont d'origine beaucoup plus ancienne. Pour Fryer (2004), un tel endémisme construit en si peu de temps est improbable et les évolutionnistes semblent admettre également qu'il est impossible que tant d'espèces soient nées en moins de 15 000 années.

À cet égard, Seehausen et ses collaborateurs (2003) sont très affirmatifs puisqu'ils disent : « Nos données indiquent que la diversité nucléaire des essaims d'espèces des lacs Victoria-Edouard est identique à celle de l'essaim du lac Malawi. Ce qui signifie que la diversité génétique est considérablement plus ancienne que le temps qui s'est écoulé depuis la remise en eau du lac [2]. » Ces auteurs ne contestent pas l'assèchement total du lac, mais ils proposent un scénario différent de la colonisation ultérieure du système (après 14 000 ans BP).

2. Le texte original est : « *Our data indicate that the nuclear diversity of the Lake Victoria–Edward species flock is similar to that of the Lake Malawi flock, indicating that the genetic diversity is considerably older than the 15 000 years that have passed since the lake began to refill.* » (Seehausen *et al.*, 2003).

De leur côté, Verheyen et ses collaborateurs (2003) proposent une explication différente. Selon eux, le lac ne se serait pas totalement asséché et le bassin était alors réduit à une série de petits lacs ou de marécages déconnectés les uns des autres. Dans chacun d'eux une faune particulière de cichlidés se serait différenciée. Une fois l'humidité revenue, lors de la remise en eau totale du bassin, les nombreuses espèces se seraient mélangées conduisant à une faune riche et diversifiée. Il s'agit donc d'une addition d'espèces existantes et non de la naissance de nombreux nouveaux haplotypes [3].

Mais, de leur côté, les spécialistes des géosciences n'en démordent pas et donnent de nombreux arguments pour démontrer que leurs résultats sont incontestables et que la région du lac Victoria s'est bien totalement asséchée entre 17 000 et 14 500 ans BP (Stager *et al.*, 2004 ; Stager & Johnson, 2008).

6 En définitive...

On peut remarquer que les affluents du lac sont peu nombreux et, pour la plupart, de taille modeste (figure 9). Trois affluents principaux alimentant le lac : deux sur la rive ouest, la Kagera (590 km ; 30 200 km^2 ; 81-685 m^3/s) et la Katonga (230 km ; 60 500 km^2), et un sur la rive est, le complexe Nzoia / Yala (200 km ; 13 000 km^2 ; débit à l'embouchure 30-95 m^3/s). Mais compte tenu de la surface du lac, ces affluents jouent un rôle assez mineur et l'apport en eau au lac est essentiellement d'origine atmosphérique (± 80 %) (voir chapitre 5, « Les caractéristiques physiques et chimiques »).

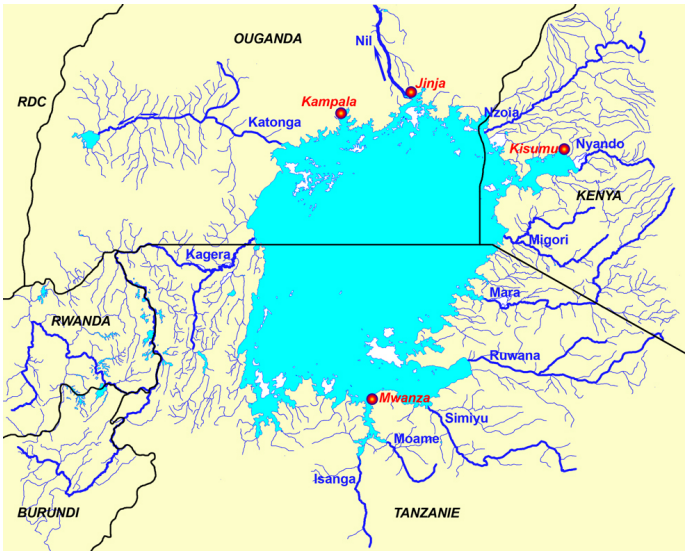


FIGURE 9 – Le bassin versant du lac Victoria. Le Nil est le seul cours d'eau qui sort du lac. Tous les autres contribuent au bilan positif de l'apport en eau

3. Le texte original est : « *The presence of more distinct and therefore older haplotypes (Fig. 3C) that originated long before this event strongly argues against the view that LV dried out completely. But, clearly, after refilling during the last 14,700 years, LV experienced a vast increase in the number of individuals, but not the origination of many new haplotypes.* » (Verheyen *et al.*, 2003).

La faible profondeur du lac et son fort rapport surface / volume le rendent donc sensible aux changements climatiques. Les carottages géologiques réalisés dans les sédiments ont montré que le lac Victoria s'est asséché au moins trois fois depuis sa formation. Le dernier grand assèchement du lac remonte à 17 000 ans BP et son remplissage à 14 700 ans BP. Depuis cette époque, même en l'absence d'aridité majeure, on sait néanmoins que le lac a quand même subi de nombreuses variations de niveau et qu'il suit essentiellement le cycle des pluies.

Références

Beadle, L.C., 1981. *The inland waters of tropical Africa. An introduction to tropical limnology.* Longman, London, 475 p.

Bishop W.W., 1969. *Pleistocene stratigraphy in Uganda.* Geol. Survey of Uganda, Mem., n° X, Govt. Printer, Entebbe, 128 p.

Cooke H.B.S., 1958. Observations relating to quaternary environments in East and Southern Africa. *Transaction of the Geological Society of South Africa*, 60, Annexure 5 : 1-73.

Fryer G., 2004. Speciation rates in lakes and the enigma of Lake Victoria. *Hydrobiologia*, 519 : 167-183.

Fryer G & Iles T.D., 1972. *The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa : their Biology and Evolution.* TFH Publications, London, 641 p.

Goudie A.S., 2005. The drainage of Africa since the Cretaceous. *Geomorphology*, 67 : 437-456.

Seehausen O., Koetsier E., Schneider M.V., Chapman L.J., Chapman C.A., Knight M.E., Turner G.F., van Alphen J.J.M. & Bills R., 2003. Nuclear markers reveal unexpected genetic variation and a Congolese-Nilotic origin of the Lake Victoria cichlid species flock. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences*, 270 : 129-137.

Stager J.C., Day J.J. & Santini S., 2004. Comments on "Origin of the superflock of cichlid fishes from Lake Victoria, East Africa". *Science*, 304 : 963.

Stager J.C. & Johnson T.C., 2008. The late Pleistocene desiccation of the Lake Victoria and the origin of its endemic biota. *Hydrobiologia*, 596 : 5-16.

Trewavas E., 1933. Scientific results of the Cambridge Expedition to the East African lakes (1930-1931). II : The Cichlid fishes. *Journal of the Linnean Society, Zoology*, 38 : 309-341.

Van Couvering J.A. & Miller J.A., 1969. Miocene stratigraphy and age determinations, Rusinga Isalnd, Kenya. *Nature*, 221 : 628-632.

Verheyen E., Salzburger W., Snoeks J. & Meyer A., 2003. Origin of the superflock of cichlid fishes from the Lake Victoria, Esat Africa. *Science*, 300 : 325-329.