Chapitre 1

Un anthroposystème dynamique

La vision statique et conservative d'un écosystème considéré comme un ensemble particulier d'espèces en interaction dans un environnement en équilibre est maintenant caduque. De même, compte tenu de ses dimensions, le lac Victoria ne peut être considéré comme un système homogène, mais plutôt comme un patchwork dans lequel les conditions environnementales varient, tant dans le temps que dans l'espace. En réalité, les écosystèmes évoluent en permanence sous la contrainte de divers facteurs d'origine naturelle ou anthropique. Ces changements ne sont souvent perceptibles que sur des échelles de temps de plusieurs années. C'est ce que nous enseignait Magnuson (1990) en nous parlant du « présent invisible » à propos des grands lacs nord-américains.

⋆

La dynamique à long terme d'un système aquatique tel que le lac Victoria est sous la contrainte de nombreux facteurs qui agissent à différentes échelles d'espace et de temps :

- Les changements climatiques ne sont pas un fait nouveau, et ils ont fortement marqué l'histoire des systèmes aquatiques sur le long terme. Ils agissent tout à la fois sur la température, le régime hydrologique, l'extension des milieux lacustres, etc. La biodiversité actuelle est en réalité l'héritage de ces changements permanents, et non celui d'un supposé état d'équilibre.
- Les changements de composition des peuplements biologiques résultent de la dynamique des populations : extension de l'aire de distribution des espèces ou introductions d'espèces, volontaires ou accidentelles, par l'homme, par les animaux, par les événements géologiques qui ont isolé ou au contraire assuré la connexion entre bassins hydrographiques. Ces changements peuvent se manifester aussi bien par l'apparition de nouvelles espèces dans l'hydrosystème, que par la disparition d'espèces (Beisel & Lévêque, 2010).
- Les changements liés aux activités humaines qui affectent de nombreux hydrosystèmes à l'exemple de l'eutrophisation, des pollutions diverses, des barrages,

des extractions d'eau, mais aussi de la pêche, etc. Ces changements peuvent être le résultat d'activités à des échelles locales, régionales ou globales.

1 De l'écosystème à l'anthroposystème

On trouve de manière récurrente dans la littérature scientifique, l'affirmation selon laquelle les écosystèmes aquatiques sont les plus menacés de la planète par les activités humaines. Dans cet esprit, on peut parler classiquement du lac Victoria comme d'un écosystème naturel soumis aux impacts (nécessairement négatifs...) des activités humaines, et beaucoup d'auteurs et de médias ne s'en sont pas privés. Cette démarche, qui consiste à stigmatiser les activités humaines, est fortement teintée d'idéologie. Il n'en reste pas moins que les comportements humains ne sont pas exempts de critiques. Et le lac Victoria en offre quelques exemples caricaturaux.

En bref, à l'échelle temporelle du millénaire, le lac Victoria a été fortement marqué par les changements du climat qui ont pu conduire à un quasi assèchement, et dont les effets pourraient se faire sentir de nouveau dans les décennies futures. À l'échelle du siècle dernier cette fois, le lac Victoria a été soumis à deux principaux facteurs de forçage d'origine anthropique (*driving factors*) : les activités de pêche, y compris les introductions d'espèces, et l'eutrophisation.

En effet, les ressources naturelles du lac Victoria et de son bassin ont attiré sur ses rives des populations humaines [1]. Leurs activités de subsistance ont progressivement modifié l'environnement lacustre. Puis, avec le développement des cultures de rente, une nouvelle main-d'œuvre s'est installée, créant de nouveaux marchés pour la pêche notamment. La demande accrue en poisson, et l'introduction d'engins de pêche plus performants, ont rapidement épuisé les stocks disponibles. D'où l'idée d'introduire de nouvelles espèces supposées pallier à l'épuisement des stocks natifs. Ces espèces se sont bien installées dans le lac au point d'éliminer bon nombre d'espèces indigènes. Simultanément, les pollutions issues de l'agriculture, de l'industrie, et du développement urbain, qui se sont accumulées dans le lac, sont à l'origine du phénomène d'eutrophisation qui a modifié la qualité de l'eau. Certaines espèces en ont souffert, d'autres au contraire semblent avoir profité d'une production primaire accrue pour se développer en abondance à l'exemple des crevettes et du petit cyprinidé pélagique *Rastrineobola argentea* ou *dagaa.* La prolifération du *Lates* qui se nourrit des petits cichlidés endémiques a été en partie responsable de leur raréfaction, ce qui a suscité beaucoup d'émotion dans les milieux conservationnistes. Et la plupart des autres espèces de poissons indigènes ont également fortement régressé, à l'exception du tilapia introduit, *Oreochromis niloticus.* Mais le plus paradoxal, est que, actuellement, la production de la pêche, basée essentiellement sur quelques espèces, a décuplé par rapport aux années 1970. La pêche du *Lates* est à l'origine d'un marché d'exportation qui a, modifié les circuits commerciaux et sociaux et nécessité la construction d'usines de conditionnement. Pour les alimenter, on a intensifié la pêche des perches du Nil, à tel point que l'on parle maintenant de surexploitation. Ainsi, Getabu *et al.* (2003) ont montré, lors de campagnes hydroacoustiques, que la biomasse des *Lates* avait décliné

1. Rappelons qu'autour du lac on dénombrait 4,6 millions d'habitants en 1932 et que la population actuelle dépasse 35 millions (estimée à 47 millions en 2015) (UNEP, 2008).

de 50 % entre 1999 et 2001. Ils attribuent cette baisse à la pression de pêche, tout en mentionnant que les facteurs environnementaux ont pu également jouer un rôle. Une hypothèse contestée par Kolding *et al.* (2008) qui considèrent, quant à eux, que le principal responsable du déclin de *Lates* est l'eutrophisation, pas la pêche, malgré l'augmentation de l'effort de pêche.

La pêche aux *dagaa* a, quant à elle, attiré de nombreux pêcheurs au lamparo. La production s'exporte elle aussi en grande partie. La bonne nouvelle, pour les naturalistes, est que depuis quelques années, une partie des petits cichlidés endémiques qui semblaient avoir disparu, est réapparue dans les eaux du lac !

Le concept d'anthroposystème

Le concept d'anthroposystème tente de dépasser la vision écocentrique. Il se définit comme un système interactif entre deux ensembles constitués par un (ou des) sociosystème(s) et un (ou des) écosystème(s) naturel(s) et/ou artificialisé(s) s'inscrivant dans un espace géographique donné et évoluant avec le temps. Ces écosystèmes sont occupés, aménagés et utilisés par les sociétés qui y vivent et utilisent cet espace. L'anthroposystème est donc un système hybride et dynamique qui s'inscrit sur une trajectoire dans un espace-temps (Lévêque *et al.*, 2003).

Le concept d'anthroposystème se démarque ainsi à la fois de l'approche d'origine naturaliste (écosystème) et des approches purement sociales (sociosystème ou système socio-économique) ou géographiques (géosystème). D'un point de vue fonctionnel, l'anthroposystème implique une co-évolution des systèmes naturels et sociaux au fil du temps.

Généralement, la démarche qui consiste à stigmatiser les activités humaines, est fortement teintée d'idéologie. Elle suppose implicitement qu'il existe une démarcation entre homme et nature et que la biodiversité se porterait beaucoup mieux si l'homme ne modifiait pas les systèmes écologiques. La réalité est toute autre car l'homme interagit avec la nature. Il doit à la fois s'en protéger et en tirer profit. Il doit l'aménager en fonction de ses besoins sans pour autant tuer la poule aux œufs d'or. Un système écologique modifié n'est pas nécessairement un système dégradé. Pour preuve, la Camargue, ce milieu complètement artificialisé, est pourtant perçu comme un haut lieu de naturalité en France.

Quand une ressource est disponible, comme c'est le cas pour les poissons, la tendance est de l'exploiter le plus rapidement possible, sans trop se préoccuper des conditions de sa durabilité. Ce comportement est très répandu dans tous les milieux aquatiques, où les tentatives de régulation des pêches sont en général inapplicables et inopérantes. On peut le regretter, mais c'est un fait ! D'autre part, dans tous les endroits du monde, on se trouve confronté à des problèmes de pollution consécutifs à l'utilisation non raisonnée d'intrants et de pesticides agricoles, mais aussi à des rejets domestiques et industriels non contrôlés. En Europe, on ne sait pas gérer les pollutions diffuses. Quant aux pollutions domestiques et

industrielles, si elles sont en grande partie contrôlées, c'est au prix d'investissements fort coûteux que les pays africains n'ont pas les moyens de s'offrir. Sans fatalisme, nous devons néanmoins regarder les réalités en face et ne pas sombrer dans les discours vertueux et moralisateurs !

La nature n'est ni hostile ni généreuse, elle est indifférente. Il y a des hommes qui essaient de vivre, avec les moyens dont ils disposent, dans un environnement qui leur est parfois hostile, mais dont ils tirent certains profits. Ils exploitent des ressources naturelles, modifient les systèmes écologiques en place et, sans aucun doute, commettent certains abus. Il est absolument regrettable que des poissons endémiques disparaissent. Mais il est tout aussi regrettable que des hommes continuent à vivre dans des conditions précaires, alors que les pays développés sont surtout préoccupés de protection de la biodiversité.

2 L'écosystème lacustre

Le lac Victoria, qui est le deuxième lac du monde par sa surface (après le lac Supérieur [2]), est habituellement classé parmi les grands lacs d'Afrique de l'Est. Mais il est bien différent des lacs Tanganyika et Malawi qui sont des lacs profonds, occupant des fossés d'effondrement (lacs de rift), isolés depuis des millions d'années, et qui ont parfois connu d'importantes fluctuations de niveau mais ne semblent pas s'être asséchés (Gasse, 2009). Au contraire, le lac Victoria est un lac moyennement profond (maximum 84 m pour une moyenne de 40 m), relativement jeune (500 000 ans) et qui se serait en partie asséché il y a 17 000 ans (pour plus de détail, voir le chapitre 2, « Origine et genèse d'un grand lac tropical »).

Un lac n'est pas un système homogène, mais une mosaïque d'habitats qui ont chacun leurs caractéristiques et leur dynamique propre. En l'occurrence, le lac Victoria possède une vaste zone littorale en relation avec de grandes zones marécageuses, une zone pélagique, des fonds rocheux, sableux ou vaseux. Les communautés s'organisent en fonction de la profondeur, du type de substrat et de l'éloignement à la côte. Cette hétérogénéité participe à ce que certains appellent la résilience, c'est-à-dire la capacité à faire face à des stress et à des modifications de l'environnement.

Sa flore et sa faune sont riches mais de nature nilotique, connues en grande partie des autres grands bassins sahélo-soudaniens. Une exception notable cependant : la grande diversité des petits cichlidés du groupe des haplochromines représentés par des foules d'espèces équivalentes à celles observées dans les lacs Tanganyika et Malawi. C'est la disparition de nombreuses espèces de cichlidés, suite à l'introduction du *Lates*, mais aussi en raison de l'eutrophisation du lac, qui a été à l'origine d'une mobilisation de la communauté scientifique et des associations de protection et de conservation de la nature.

2. D'un point de vue juridique, la mer Caspienne est considérée comme un lacet non comme une mer. De même, on peut considérer que les lacs Huron et Michigan ne constituent qu'une identité. Dans ce cas, le lac Victoria se situe à la quatrième place.

3 Une démographie galopante

La construction d'une ligne de chemin de fer débute à Mombasa en 1896, atteint Nairobi en 1899 et se termine à Kisumu en 1901 sur la rive orientale du lac Victoria. Après la Première Guerre mondiale, la ligne principale a été poursuivie vers l'Ouganda pour atteindre Kampala en 1931. Quoi qu'en aient pensé certains détracteurs, le chemin de fer est devenu stratégiquement et économiquement essentiel pour l'Ouganda et le Kenya. Il a d'abord permis le désenclavement et le développement économique de la région du lac en permettant, l'exportation des ressources naturelles et agricoles, et l'importation de produits manufacturés tels que les filets maillants. En contrepartie, les activités économiques ont nécessité de plus en plus de main d'œuvre, entraînant une immigration importante.

L'amélioration des soins de santé sous l'administration coloniale a par ailleurs permis de réduire le taux de mortalité, entraînant un accroissement rapide de la population.

Autour du lac Victoria, la croissance de la population est significativement plus élevée (3,1 %) que dans le reste de l'Afrique (2,2 % en moyenne entre 2005 et 2010) en raison de la richesse des ressources naturelles et économiques de la région du lac (figure 1).

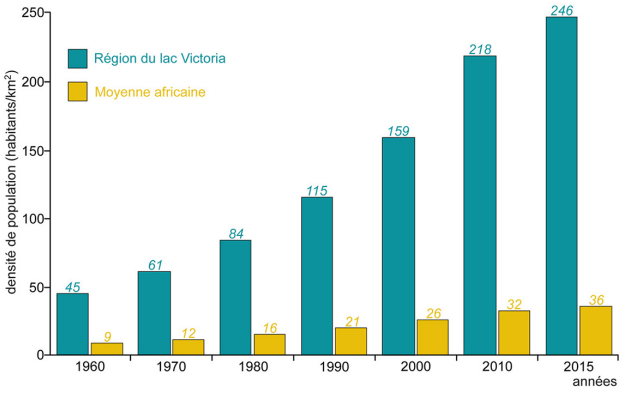


Figure 1 – Croissance comparée des densités de populations (projection estimée pour les années 2010 et 2015) de la moyenne africaine et autour du lac Victoria (redessiné d'après UNEP, 2008)

Autour du lac, la population, au début des années 2000, était estimée à plus de 36 millions d'habitants. Sur une bordure d'environ 100 km autour du lac, la densité de population est passée en moyenne de 60 à plus de 240 habitants par km^2 (figure 2), ce qui est nettement supérieur à la densité moyenne observée dans les pays riverains.

Selon certaines prévisions, la population devrait tripler, voire quadrupler, d'ici les années 2050 pour atteindre 120 à 160 millions d'habitants. Une telle augmentation entraînera bien évidemment une forte pression sur les terres cultivables et des exploitations de plus en plus petites puisque 75 % de la population subsistent désormais sur un hectare ou moins. Elle a aussi des répercussions sur l'environnement, sur l'économie agricole locale et sur la capacité de subvenir à ses besoins matériels y compris la santé et l'éducation.

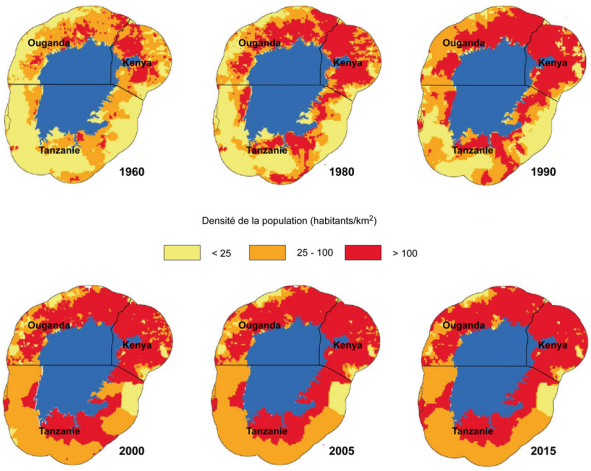


FIGURE 2 – Évolution de la densité de la population (habitants/km^2) dans la région du lac Victoria (redessiné d'après UNEP, 2008). Les données 2015 sont issues d'une projection. À noter l'augmentation de la population dans une zone qui s'étend d'environ 100 km autour du lac Victoria depuis 1960, mais surtout à partir à la fin des années 1990 et des années 2000

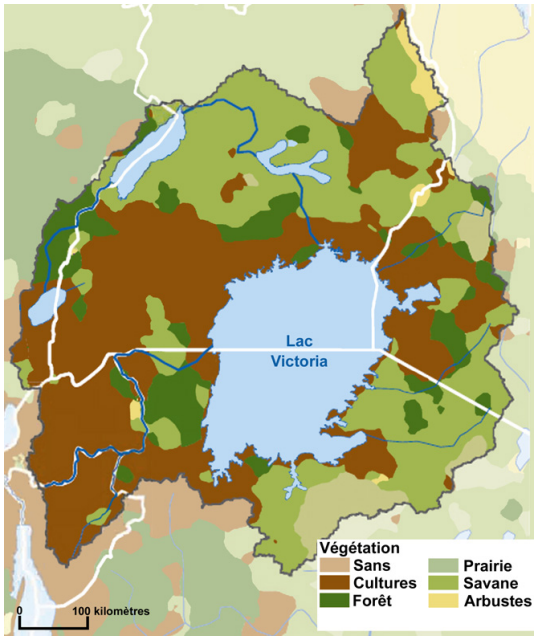


FIGURE 3 – Occupation des sols dans la région du lac Victoria au début des années 2000 (redessiné d'après Odada *et al.*, 2004). On note que, hormis la région sud-est du lac qui correspond à la zone des grandes réserves de faune de Tanzanie, presque toute la ceinture lacustre est en culture

4 Les activités agricoles

Actuellement, presque toute la ceinture du lac est cultivée (figure 3 ; tableau 1). L'agriculture concerne un peu l'élevage (bovins, porcins et volailles), les cultures vivrières, mais surtout la culture industrielle de canne à sucre, de riz, de thé, de coton, d'oléagineux, de maïs, de bananes et, depuis quelques années, de fleurs coupées (figure 4). Toute cette production nécessite l'utilisation de puissants systèmes d'irrigation. Elle est, en effet, grosse consommatrice d'eau, et nécessite aussi l'usage important d'intrants (engrais, produits phytosanitaires) dont une partie, tôt ou tard, du fait du ruissellement, se déposera dans le lac.

Tableau 1 - Surfaces agricoles cultivées dans le bassin versant du lac Victoria à la fin des années 1990 (source : Scheren *et al.*, 2000)

	Surface (10^3 ha)		
Pays	**Total**	**Cultures**	**Cultures (%)**
Kenya	4 870	1 470	30,2
Ouganda	3 500	1 400	40,0
Tanzanie	7 040	1 500	21,3
Rwanda	2 060	930	45,1
Burundi	1 310	670	51,1
Total	18 780	5 970	31,8

L'emprise agricole, ainsi que la nécessité de trouver du bois de feu ou pour fumer les poissons, ont entraîné, comme ailleurs, un important déboisement qui mène inéluctablement à des phénomènes d'érosion des sols. La majeure partie de la couverture forestière du Kenya a disparu et, aujourd'hui, seulement 6 % des terres restent boisées.



Figure 4 – L'augmentation des activités agricoles industrielles se multiplie. Plantations de thé en Ouganda (gauche ; © IRD / D. Paugy) et d'œillets au Kenya (droite ; © IRD / M. Roche)

Au Kenya, en Tanzanie et en Ouganda, l'érosion des sols, consécutive à une occupation plus ou moins anarchique, représente désormais une des principales préoccupations en matière d'environnement. Selon les régions 25 à 80 % du sol peuvent être considérés comme gravement dégradés (UNEP, 2008).

Les activités agricoles sont une des causes de la pollution du lac du fait de l'apport important de nutriments (azote et phosphore en particulier) qui contribuent de principalement à l'eutrophisation de l'écosystème.

5 L'eutrophisation

L'eutrophisation du lac est la conséquence des apports en nutriments issus des activités agricoles, mais aussi des pollutions d'origine domestique et des industries agroalimentaires (voir chapitre 8, « Pourquoi le lac s'est-il eutrophisé ? Quelles en ont été les conséquences ? »).

Des études paléolimnologiques ont établi que les apports en nutriments sont devenus significatifs dès les années 1930 (Verschuren *et al.*, 2002) et que l'eutrophisation avait déjà débuté lors des recherches menées par Talling dans les années 1960, soit bien avant l'explosion des populations de *Lates* dans les années 1980. Des modifications de la structure et de l'abondance des communautés algales en réponse à l'accroissement des apports en nutriments ont été mises en évidence par l'analyse des sédiments.



Figure 5 – Depuis le début des années 1990, la jacinthe d'eau, originaire d'Amérique du Sud, a commencé d'envahir le lac Victoria. Son développement est tel que, dans certaines régions, elle peut nuire gravement à la pratique de la pêche. Nous sommes ici au débarcadère de Ggaba près de Kampala, Ouganda (© Sarahemcc)

Depuis les années 1960, des recherches plus intensives ont été réalisées. Les apports en nutriments ainsi que la production primaire ont doublé entre 1969 et 1993. Quant à la biomasse algale, elle a augmenté de 6 à 10 fois.

L'eutrophisation du lac a eu de multiples conséquences sur le fonctionnement du système lacustre : modification de la transparence des eaux, multiplication de certaines macrophytes (figure 5), création et extension de zones anoxiques en profondeur, changements dans la structure des populations planctoniques, benthiques et pélagiques,

avec notamment un accroissement important de la densité des crevettes et de certains groupes d'insectes (*Chaoborus* et Chironomides par exemple).

6 Le système pêche

L'histoire de la pêche dans le lac Victoria, depuis un siècle, a été marquée par l'épuisement successif des stocks exploités (tilapias locaux, *Labeo*, *Haplochromis*) et la quête d'espèces de substitution (voir chapitre 9, « Pourquoi y a-t-il eu des introductions d'espèces ? Pourquoi les espèces introduites ont-elles proliférées ? »). Puis, l'eutrophisation du lac est venue interférer avec les pratiques des gestionnaires des pêches et la situation leur a, dans une large mesure, échappé ! Ces gestionnaires ont en effet essayé d'appliquer des mesures de régulation afin de protéger les stocks. Mais les mesures, portant tant sur la taille des mailles que sur l'interdiction de certains engins de pêche, ont été largement contournées ou ignorées. La pêche dite « illégale » s'est imposée. On peut ainsi estimer que, comme un peu partout en Afrique, la pêcherie est en accès libre.

La prolifération des *Lates* dans les années 1980, suivi par la raréfaction des haplochromines, l'expansion des populations de petits pélagiques (*Rastrineobola argentea*) et des crevettes, mais aussi l'excellente acclimatation des tilapias introduits (*Oreochromis niloticus*), ont bouleversé les pratiques de pêche tout en créant de nouveaux circuits économiques.

Ainsi, le nombre de pêcheurs et de bateaux a été multiplié par 7 depuis les années 1970 (Kolding *et al.*, 2005). Et, paradoxalement, la production de la pêche a décuplé en quelques décennies, passant de l'ordre de 100 000 tonnes par an, au cours des années 1960-1970 à 1 000 000 de tonnes par an au début des années 2000.

Pour le *Lates*, des ateliers de filetage ont été créés afin de conditionner le poisson pour l'exportation vers l'Europe (environ 25 tonnes traités par jour). Cela a nécessité des investissements en équipements de traitement et de stockage adaptés aux normes européennes. Afin de s'assurer un approvisionnement suffisant, les responsables des ateliers ont fourni aux pêcheurs des engins de pêche et leurs ont assuré un prix fixe. Malgré cela, la quantité de *Lates* pêchée a diminué ces dernières années ainsi que la taille moyenne des poissons capturés, et nombre d'ateliers de filetage ont dû fermer. Mais un marché parallèle et actif de valorisation des sous-produits du *Lates* s'est également mis en place (voir chapitre 14, « Les produits de la pêche dans l'économie locale »).

Parallèlement, on a assisté à une véritable explosion de la pêche au *dagaa* au début des années 1990 notamment, avec la généralisation de la pêche aux lamparos. On estime que dans les années 2000, on pêchait environ 500 000 tonnes de ces petits poissons. Ici également, des circuits de traitement, de conservation et de commercialisation se sont mis en place pour le marché domestique et régional, que ce soit pour la consommation humaine ou pour l'alimentation du bétail (voir chapitre 14, « Les produits de la pêche dans l'économie locale »).

Le système pêche illustre bien le couplage entre les domaines écologiques et socio-économiques. L'accroissement des stocks et les modifications de l'abondance des es-

pèces, ont attiré des pêcheurs migrants et ouvert de nouvelles perspectives en matière de marchés. Dans ce contexte, c'est la pression du marché qui pousse à pêcher. Et tant qu'il existe une demande, l'effort de pêche ne cesse de s'accroître, puisque entre 2000 et 2005, le nombre de pêcheurs a augmenté de 52 % et celui de bateaux de 63 % (Johnson, 2010).

7 Les introductions d'espèces

La demande accrue en poissons pour nourrir une population de plus en plus nombreuse, a suscité une pression de pêche de plus en plus forte sur les stocks exploitables. L'introduction de filets maillants industriels au début du XX^{e} siècle, puis des filets en nylon après la seconde guerre mondiale (voir chapitre 12, « Les méthodes de pêche : un siècle d'évolution ») a par ailleurs fortement amélioré l'efficacité des engins de pêche. Sans surprise, les espèces les plus recherchées, notamment les *ngege* (*Oreochromis esculentus*) et les *mbiru* (*Oreochromis variabilis*), ont donc été rapidement surexploitées.

Pour essayer d'améliorer la situation, les gestionnaires des pêches ont proposé d'introduire de nouvelles espèces susceptibles de se substituer aux espèces épuisées. Cette politique était tout à fait à la mode au cours de la période coloniale et a été pratiquée dans de nombreux plans d'eau africains. C'est ainsi qu'ont été successivement introduits des tilapias en 1953 et le *Lates niloticus* (capitaine ou perche du Nil) en 1962-1963 (Pringle, 2005) [3]. Les conditions et les conséquences de ces introductions sont largement développées dans le chapitre 9 (« Pourquoi y a-t-il eu des introductions d'espèces ? Pourquoi les espèces introduites ont-elles proliféré ? »), mais la conjonction des introductions avec l'eutrophisation du lac, a été à l'origine de spectaculaires changements dans le fonctionnement du système lacustre. On a ainsi assisté à la prolifération de quelques espèces (*Lates, Rastrineobola*, crevettes), à la raréfaction de nombreuses espèces de poissons, dont les cichlidés endémiques, et à l'extrême simplification des chaînes trophiques.

Une espèce végétale introduite, la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes*, s'est mise, elle aussi, à proliférer dans les années 1990, avec des conséquences écologiques, sanitaires et économiques importantes. En 1995 par exemple, de nombreuses baies étaient complètement obstruées par d'épais tapis de jacinthes, contrariant la circulation des bateaux et bien sûr les activités de pêche.

8 Les pollutions

Il n'y a guère de développement économique qui ne s'accompagne de pollutions (figure 6). Les activités économiques dans le bassin, et sur les bords du lac, n'échappent pas à cette règle, d'autant que les stations d'épuration sont rares (seules certaines usines kenyanes semblent, en effet, équipées de systèmes d'épuration) ou ne fonctionnent plus comme c'est le cas à Mwanza en Tanzanie.

3. Il s'agit là des dates officielles d'introduction dans le lac proprement dit. Rappelons que des essais d'introduction avaient été faits dans le Nil Victoria en aval du barrage de Owen Falls et en amont des Murchinson Falls entre 1954 et 1955 (voir chapitre 9, « Pourquoi y a-t-il eu des introductions d'espèces ? Pourquoi la perche du Nil a-t-elle proliférée ? »).



Figure 6 – La pollution urbaine est croissante, car les stations d'épurations sont rares et qu'aucune législation ne réprime les contrevenants. Il peut s'agir de rejets domestiques de lessive (gauche) ou d'évacuation industrielle (droite), Jinja, Ouganda (© IRD / D. Paugy)

L'accroissement des surfaces agricoles industrielles et vivrières, outre une utilisation de plus en plus importante d'engrais, a entraîné également l'usage de pesticides. Toutes les analyses montrent que les rejets vont croissants et que pour de nombreux composants les teneurs ont dépassé les normes sanitaires fixées par l'OMS. De plus, une charge importante en nutriments contribue, en contre coup, à la diminution de la teneur en oxygène dans l'écosystème. Enfin, certains pesticides, comme le DDT ou l'endosulfan (deux organophosphorés), ont parfois été utilisés pour des pêches illégales. On voit les conséquences environnementales et sanitaires que ce type de pratiques peut entraîner.

Dans la région du lac Victoria, les apports principaux en mercure semblent être d'origine naturelle. Toutefois, les concentrations retrouvées dans l'eau ou le sol, assez élevées, demeurent dans des limites sanitaires admises. En revanche, chez les poissons prédateurs, comme la perche du Nil, on trouve des concentrations en mercure supérieures au seuil fixé par l'OMS.

La concentration de divers métaux lourds dans les eaux (cadmium, fer, plomb, manganèse et zinc) dépasse souvent les normes requises pour l'« eau de boisson » ou pour la « protection de la vie aquatique » (Nshimiyimana *et al.*, 2010).

Références

Beisel J.-N. & Lévêque C., 2010. *Les introductions d'espèces dans les milieux aquatiques. Faut-il avoir peur des invasions biologiques* ? Éditions QUAE, Versailles, Synthèses, 232 p.

Gasse F., 2009. Évolution des grands lacs du Rift : 63-77. *In* Hirsch B. & Roussel B. (dir.), *Le Rift est-africain, Une singularité plurielle*. IRD Éditions, Marseille, Publications Scientifiques du Muséum, Paris, 422 p.

Johnson J.L., 2010. From Mfangano to Madrid : the global commodity chain for Kenyan Nile perch. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 13, 1 : 20-27.

Kolding J., van Zwieten P., Manyala J., Okedi J., Mgaya Y.D. & Orach-Meza F., 2005. *Regional synthesis report on fisheries research and management. States, trends and processes*. Lake Victoria Environmental Management Program (LVEMP). Final Report, Maun Wageningen, Dar Es Salam, 126 p.

Lévêque C., Muxart T., Abbadie L., Weill A. & van der Leeuw S., 2003. L'anthroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions société-milieux : 110-129. *In* Lévêque C. & van der Leeuw S. (eds).

Quelles natures voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement. Elsevier Masson, Paris, 324 p.

Magnuson J.J., 1990. The invisible present. *BioScience*, 40, 7 : 495-501.

Nshimiyimana F., Nhapi I., Wali U.G., Nsengimana H., Banadda N., Nansubuga I. & Kansiima F., 2010. Assessment of heavy metal pollution in a trans-boundary river : the case of the Akagera River. *International Journal of Mathematics and Computation*, 9, 10 : 26-45.

Odada E.O., Olago D., Kulindwa K.A.A., Bugenyi F., West K., Ntiba M. Wandiga S. & Karimumuryango J., 2004. *East African Rift Valley Lakes*. GIWA Regional Assessment, 47, University of Kalmar, Sweden, 157 + XV p.

Pringle R.-M., 2005. The origins of the Nile perch in Lake Victoria. *BioScience*, 55, 9 : 780-787.

Scheren P.A.G.M., Zanting H.A. & Lemmens A.M.C., 2000. Estimation of water pollution sources in Lake Victoria, East Africa : Application and elaboration of the rapid assessment methodology. *Journal of Environmental Management*, 58 : 235-248.

Talling J.F., 1966.- The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East Africa). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 51 : 545-621.

UNEP, 2008. *Africa's Lakes : Atlas of Our Changing Environment*. Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, 393 p.

Verschuren D., Johnson T.C., Kling H.J., Edgington D.N., Leavitt P.R., Brown E.T., Talbot M.R. & Hecky R.E., 2002. History and timing of human impact on Lake Victoria, East Africa. *Proceeding of the Royal Society of London*, B, 269 : 289-294.