

Ressources génétiques en tilapias pour l'aquaculture

édité par R.S.V. Pullin

traduit par

Catherine Lhomme-Binudin



SH
207
CP6
#16f
c.2

CENTRE INTERNATIONAL DE GES FICH DIES
RESSOURCES AQUATIQUES VIVANTES
INTERNATIONAL CENTER FOR LIVING AQUATIC
RESOURCES MANAGEMENT
MANILA, PHILIPPINES



Anal .

163

c

Ressources génétiques en tilapias pour l'aquaculture

**Actes de l'atelier sur les ressources génétiques
en tilapias pour l'aquaculture
23-24 mars 1987
Bangkok, Thaïlande**

Edité par

R.S.V. Pullin

1988

**Traduit par
Catherine Lhomme-Binudin**

**Avec l'assistance technique de
Jacques Moreau**

**CENTRE INTERNATIONAL DE GESTION DES
RESSOURCES AQUATIQUES VIVANTES**

**INTERNATIONAL CENTER FOR LIVING AQUATIC
RESOURCES MANAGEMENT
MANILA, PHILIPPINES**

SH
207
CP6
#16f
c.2

**Ressources génétiques en tilapias
pour l'aquaculture**

MAY 20 1997

Actes de l'atelier sur les ressources
génétiques en tilapias pour l'aquaculture
23-24 mars 1987
Bangkok, Thaïlande

ICLARM Conference Proceedings 16

Edité par
R.S.V. PULLIN

Traduit par
Catherine LHOMME-BINUDIN

Avec l'assistance technique de
J. MOREAU (Institut National
Polytechnique de Toulouse)

1988
Edition française 1989

Imprimé à Manille, Philippines

Publié par l'International Center for Living Aquatic
Resources Management, MC P.O.Box 1501, Makati,
Metro Manila, Philippines

Pullin, R.S.V., Editeur. 1988. Ressources génétiques en
tilapias pour l'aquaculture. ICLARM Conference
Proceedings 16, 129 p. Edition française 1989,
traduite par Catherine Lhomme-Binudin. Centre
international de gestion des ressources aquatiques
vivantes, Manille, Philippines.

ISSN 0115-4435
ISBN 971-1022-71-0

Couverture: tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) à
l'Institut des Savanes, Bouaké, Côte d'Ivoire
(photographié par R.S.V. Pullin)

ICLARM Contribution No. 568

13614

Table des matières

Préface à l'édition anglaise • <i>R.S.V. Pullin</i>	v
Préface à l'édition française • <i>R.S.V. Pullin</i>	vii
Session I. Documents de référence sur les tilapias d'Afrique	
Allocution d'ouverture	1
Distribution naturelle des tilapias et ses implications sur les possibilités de protection des ressources génétiques • <i>D.F.E. Thys van den Audenaerde</i>	2
Ecologie et distribution des tilapias d'Afrique jouant un rôle important en aquaculture • <i>R.H. Lowe-McConnell</i>	14
Session II. Les ressources génétiques en tilapias sauvages et d'élevage dans divers pays	
Afrique	
Cameroun • <i>D. Nguenga</i>	21
Côte d'Ivoire	
Elevage en eau saumâtre • <i>A. Cissé</i>	23
Elevage en eau douce • <i>C. Nugent</i>	25
Discussion	
Elevage en eau saumâtre	27
Elevage en eau douce	28
Ghana • <i>J.K. Ofori</i>	29
Madagascar • <i>J. Moreau</i>	33
Malawi • <i>O.V. Msiska</i>	37
Zimbabwe • <i>B. Marshall</i>	39
Complément de discussion sur les ressources génétiques en tilapias d'Afrique .	43
Asie	
Philippines • <i>R.D. Guerrero III et M.M. Tayamen</i>	48
Thaïlande • <i>Manob Tangtrongpiros</i>	52
Aspects régionaux: Singapour et Malaisie • <i>Chen Foo-Yan</i>	55
Autres pays	
Israël • <i>G. Hulata</i>	55
Etats-Unis • <i>R.O. Smitherman</i>	58
Complément de discussion	59

Session III. Méthodes de recherche appliquées à l'identification des tilapias et recherche génétique

Electrophorèse • R.S.V. Pullin	61
Recherches sur les groupes sanguins des tilapias • W. Villwock	64
Analyse à variables multiples des données méristiques et morphométriques • M.J.R. Pante	65
Taxonomie et clés d'identification	
R.H. Lowe-McConnell	68
D.F.E. Thys van den Audenaerde	69
Estimation des paramètres génétiques et évaluation des performances en élevage • G.W. Wohlfarth	70

Session IV. Banques de gènes et collections de poissons vivants

Banques de gènes. La cryoconservation : un outil • B.J. Harvey	75
Collections de géniteurs de tilapias aux Philippines • M.M. Tayamen	77
Complément de discussion	78

Session V. Discussion générale menant à la formulation de recommandations

Recensement et conservation des ressources génétiques en tilapias	
Populations naturelles	81
Stocks d'élevage	85
Evaluation des ressources génétiques en tilapias destinées à l'aquaculture	86
Banques de gènes et collections de poissons vivants	89
Coopération internationale pour la recherche et financement	91
Recommandations	95

Références bibliographiques	98
--	----

Liste des participants	104
-------------------------------------	-----

Appendices

Appendice I. Amélioration génétique des tilapias : problèmes et perspectives. R.S.V. Pullin et J.B. Capili. <i>In</i> R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds). <i>The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture</i> . ICLARM Conference Proceedings 15. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management	106
Appendice II. Considérations génétiques sur l'acquisition et la conservation de populations de référence de tilapias. R.O. Smitherman et D. Tave	114
Appendice III. Identification des populations de tilapias utilisées en pisciculture. Un guide de terrain préparé par R.H. Lowe-McConnell	116

Préface à l'édition anglaise

Les tilapias sont des poissons d'origine africaine que l'on utilise en aquaculture d'eau chaude dans le monde entier. Certaines espèces comme le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) sont très variées ; elles sont herbivores/microphages et conviennent parfaitement aux systèmes d'élevage de faible technicité des pays en développement. L'élevage des tilapias a considérablement progressé au cours des dix dernières années dans certains pays asiatiques, notamment aux Philippines, en Thaïlande et en Chine, mais elle reste peu développée en Afrique et dans d'autres régions.

Cet atelier met l'accent sur les ressources génétiques en tilapias et sur les perspectives de leur utilisation en aquaculture. Cet atelier est né du souci croissant que partagent l'ICLARM et ses collaborateurs à propos de l'élevage des tilapias en Asie et dans d'autres pays non africains qui repose actuellement sur une base génétique très étroite, issue de quelques petites populations originelles. En revanche, les pays africains, dont un grand nombre nécessitent une aide urgente pour développer leur propre aquaculture, détiennent la plus grande part des ressources génétiques en tilapias qu'il reste cependant à exploiter pour améliorer les espèces de tilapias d'élevage. De surcroît, de nombreuses populations sauvages de tilapias d'Afrique sont menacées de modifications ou de pertes irréversibles dues à l'action de facteurs comme les transferts d'eau et de poissons, et aux perturbations subies au niveau de l'habitat.

Aborder la question des ressources génétiques en tilapias destinées à l'aquaculture exige par conséquent une approche devant tenir compte de l'écologie, de la génétique, des techniques d'élevage, et des aspects politiques et économiques de la conservation et du développement. La plupart de ces sujets ont été évoqués lors du Second colloque international sur les tilapias en aquaculture (ISTA II) qui a également eu lieu à Bangkok du 16 au 20 mars 1987, quelques jours avant cet atelier (Pullin *et al.*, 1988).

L'occasion a ainsi été saisie pour inviter un petit groupe de participants de l'ISTA II (biologistes du tilapia, généticiens et éleveurs d'Afrique, d'Asie et d'autres pays) à discuter du recensement, de l'évaluation et de l'utilisation des ressources génétiques en tilapias. Afin de favoriser une discussion aussi agile que possible, les participants ont été invités à prendre librement la parole au lieu de présenter de longs documents.

Les contributions et discussions publiées dans cet ouvrage proviennent de la transcription de deux jours d'enregistrement au magnétophone. La participation à cet atelier a été limitée à un petit nombre de personnes provenant de certains pays et institutions collaborant avec l'ICLARM au niveau de la recherche génétique. Si cet atelier avait été ouvert à la participation de représentants de tous les pays et de toutes les institutions intéressées à l'élevage et à la génétique des tilapias, il se serait transformé en une grande conférence, ce qui n'aurait pas favorisé la discussion.

La formule utilisée tout au long de cet atelier s'est révélée efficace. Les discussions sur le recensement, la conservation, l'évolution et l'utilisation des ressources génétiques en tilapias ont été vivantes et productives, et ont mené à la formulation de recommandations claires quant à l'action à mener ultérieurement. Où cela conduira-t-il ? On peut espérer que cela aboutira à un nouveau programme international d'actions dans lequel s'engageront les personnes présentes et leurs collègues.

L'atelier a pu se dérouler grâce au généreux patronage du Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) (ministère de la Coopération technique de la République

fédérale d'Allemagne) et a été réalisé dans le cadre d'un programme de coopération (financé par cette institution) entre Israël, la R.F.A. et l'ICLARM, pour le développement de la coopération technique avec les pays en développement. L'ICLARM et tous les participants de l'atelier apprécient énormément ce soutien qui témoigne d'une grande générosité et d'une grande prévoyance. La participation des nations africaines a été subventionnée en partie par la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH (Office allemand de la coopération technique), au titre de son soutien aux projets de l'ICLARM.

Je suis convaincu que cet atelier sera perçu comme un événement important jalonnant la route de la conservation et de l'amélioration génétiques des poissons d'eau chaude les plus cultivés au monde, et j'espère que les lecteurs en conviendront.

R.S.V. PULLIN
Juillet 1988

Préface à l'édition française

Cette édition française des compte-rendus de l'atelier a été réalisée dans le but de porter ces précieuses informations sur les ressources génétiques en tilapias pour l'aquaculture à l'attention des pays francophones car une grande partie des ressources génétiques en tilapias revêtant une importance particulière se trouvent en Afrique francophone. La réalisation de l'édition française a été financée par une contribution offerte par le gouvernement français à l'ICLARM. Cette entreprise a pour but d'étendre la collaboration interrégionale pour la recherche aquacole entre l'Afrique et l'Asie.

Depuis la publication de l'édition anglaise en juillet 1988, l'ICLARM a été informé d'un transfert réalisé en 1980 d'une des espèces de tilapias les plus importantes pour l'aquaculture (*Oreochromis niloticus*), de Bouaké en Côte d'Ivoire à la station Richard Toll au Sénégal, en vue d'un projet d'aquaculture. On doute à présent que les plans d'eau du Sénégal, où ces poissons et leurs descendants ont pu s'établir, contiennent encore des populations sénégalaises pures de cette espèce. Des recherches sont actuellement menées par le musée royal de l'Afrique centrale à Tervuren (Belgique), le Zoologisches Institut und Zoologisches Museum de l'université de Hambourg, le laboratoire de génétique de l'Institut des sciences marines de l'université des Philippines, et l'ICLARM pour élucider cette question et définir clairement la situation actuelle des stocks sénégalais. Dans l'intervalle, de nouvelles notes et de nouveaux renvois en bas de page figurent dans la présente édition française apportant des réserves aux remarques publiées dans l'édition anglaise qui qualifient le Sénégal comme étant une source de stocks non contaminés. De plus amples informations sur d'autres transferts réalisés à l'intérieur de l'Afrique, faisant défaut lors de la publication de l'édition anglaise, devraient également nous parvenir. Ceci souligne l'importance capitale des quelques populations naturelles qui n'ont, en effet, pas encore été contaminées.

L'édition française a également permis de corriger deux erreurs présentes dans l'édition anglaise et d'insérer une note sur un ouvrage que D. Thys van den Audenaerde publiera prochainement sur la spéciation et la nomenclature des tilapias.

R.S.V. PULLIN
Juillet 1989

Ressources génétiques en tilapias pour l'aquaculture : situation actuelle

Première Session. Ouvrages de référence sur les tilapias d'Afrique

Président : Rosemary H. Lowe-McConnell

Allocution d'ouverture

Après avoir souhaité la bienvenue à tous les participants, R.H. Lowe-McConnell a présenté R.S.V. Pullin, organisateur de l'atelier qui, à son tour, a présenté les participants de l'atelier. R.S.V. Pullin a ensuite demandé à R.H. Lowe-McConnell de transmettre les hommages de toutes les personnes présentes à E. Trewavas (British Museum) qui n'a pas pu assister à cette réunion mais qui a envoyé des documents à inclure dans les discussions.

W. Villwock a précisé les buts et objectifs de la réunion après avoir remercié le ministère de la Coopération technique de la République fédérale d'Allemagne (BMZ) pour avoir subventionné l'atelier et pour l'intérêt que le BMZ et l'Office allemand de la coopération technique (GTZ) portent à la recherche génétique sur les tilapias pour le développement de l'aquaculture dans le monde en développement. Il a déclaré, en outre, que les recommandations adoptées par les participants fourniraient un cadre pour les recherches futures dans cet important domaine.

D'autres remarques ont été ajoutées par R.S.V. Pullin signalant que l'étude de Pullin et Capili (1988 ; Appendice I) reflétait les vues de l'ICLARM quant aux problèmes et perspectives d'amélioration génétique des tilapias d'élevage, notamment en ce qui concerne les ressources génétiques en tilapias d'Afrique et d'Asie. Cette étude souligne la nécessité d'entreprendre des recherches dans les domaines 1) du recensement, 2) de l'évaluation des ressources génétiques en tilapias et 3) de l'utilisation d'un matériel prometteur dans les programmes de sélection. R.S.V. Pullin a insisté sur cette approche méthodique et il a été convenu que la réunion suivrait cette même approche au niveau de ses discussions.

R.S.V. Pullin a cité les études de Balarin et Hatton (1979), Lowe-McConnell (1982), Philippart et Ruwet (1982) et Trewavas (1982, 1983) ainsi que les bibliographies de Thys van den Audenaerde (1968) et Schoenen (1982, 1984, 1985) comme étant les meilleures sources d'informations recueillies sur les tilapias en Afrique.

Distribution naturelle des tilapias et ses implications sur les possibilités de protection des ressources génétiques

D. F. E. Thys van den Audenaerde

Premières tentatives de pisciculture et attitudes face aux transferts.

L'élevage des tilapias utilisant *Oreochromis macrochir* et *Tilapia rendalli* fut entrepris dans le Haut-Katanga (actuel Shaba), au sud de l'ancien Congo belge, il y a environ quarante ans. Ces poissons, élevés en étangs, atteignaient leur taille marchande en 8 à 10 mois et se reproduisaient à n'importe quelle température supérieure à 23°C. De 18 à 23°C, leur croissance était adéquate mais ils ne se reproduisaient pas, et pendant la fraie (environ 4 fois par an), leur croissance était ralentie par une reproduction excessive. Des températures basses, en saison froide et sèche, provoquaient également un arrêt de croissance.

Les tilapias furent ensuite transférés dans ce qui est aujourd'hui le Zaïre central, notamment dans les étangs de Yangambi. La température de l'eau y était de 25 à 26°C tout au long de l'année et la reproduction des poissons de 5 à 6 cm de long y était excessive. Cette constatation conduit alors à penser que les espèces de tilapias ne devaient pas être transférées en vue de leur élevage en dehors de leur milieu naturel et incita à étudier la distribution naturelle des tilapias dans toute l'Afrique.

Certains transferts de tilapias ont eu lieu très tôt. A titre d'exemple, une population a été identifiée dans le sud Marocain dans les années 20. On aurait pu la considérer comme une population naturelle mais comme dans les années 20 et 30, la Légion étrangère française transportait du poisson d'un puits à l'autre, il est fort probable que ces tilapias aient été introduits. Le schéma de distribution des tilapias et des *Barbus* spp. dans le Sahara est ainsi devenu source de confusions.

A partir de 1945, il y eut de nombreux transferts et le statut de la distribution naturelle des tilapias en Afrique est actuellement source d'équivoques et de déceptions du point de vue de la conservation des ressources génétiques naturelles. Cependant, il existe encore certaines barrières écologiques à la dispersion naturelle de certaines espèces ; par exemple, *T. sparrmannii* peut vivre sur les hauts plateaux et ne descend jamais coloniser les eaux des forêts pluviales, même s'il n'existe aucun obstacle physique comme les chutes d'eau.

Situation actuelle de certains groupes d'espèces.

Les pondeurs sur substrat

La distribution de *Tilapia zillii* est de type "survivance" (Fig. 1). Autrefois, cette espèce était bien plus répandue que de nos jours mais l'"assèchement" d'une grande partie de l'Afrique conduit à cette situation, particulièrement dans les régions élevées. La zone de distribution s'étend jusqu'aux forêts pluviales et rejoint celle de *T. rendalli* aux alentours du Kisangani. *T. rendalli* a largement été distribué dans toute l'Afrique et au-delà, sous le nom mal approprié de *T. melanopleura*. Un autre pondeur sur substrat, *T. congica*, est une espèce des forêts pluviales équatoriales préférant les eaux acides (Fig. 2). Les zones de distribution de *T. rendalli*, *T. zillii* et *T. congica* ne se recouvrent pratiquement pas, même si ces espèces sont très étroitement apparentées. En général, on les considère comme herbivores mais elles sont pratiquement omnivores. *T. rendalli* est la plus importante de ces espèces pour l'aquaculture. On trouve *T. rendalli* dans le lac Tanganyika mais cette espèce reste sur les rives et ne colonise pas les eaux libres. La distribution de *T. rendalli* se trouve sur la figure 3.

T. guineensis (Fig. 4) est un pondeur sur substrat d'eau saumâtre qui peut même se reproduire dans l'eau de mer. Il se reproduit au Club nautique de Dakar (Sénégal). On rencontre *T. guineensis* dans les estuaires du Sénégal, fleuve à l'extrême nord de l'Afrique

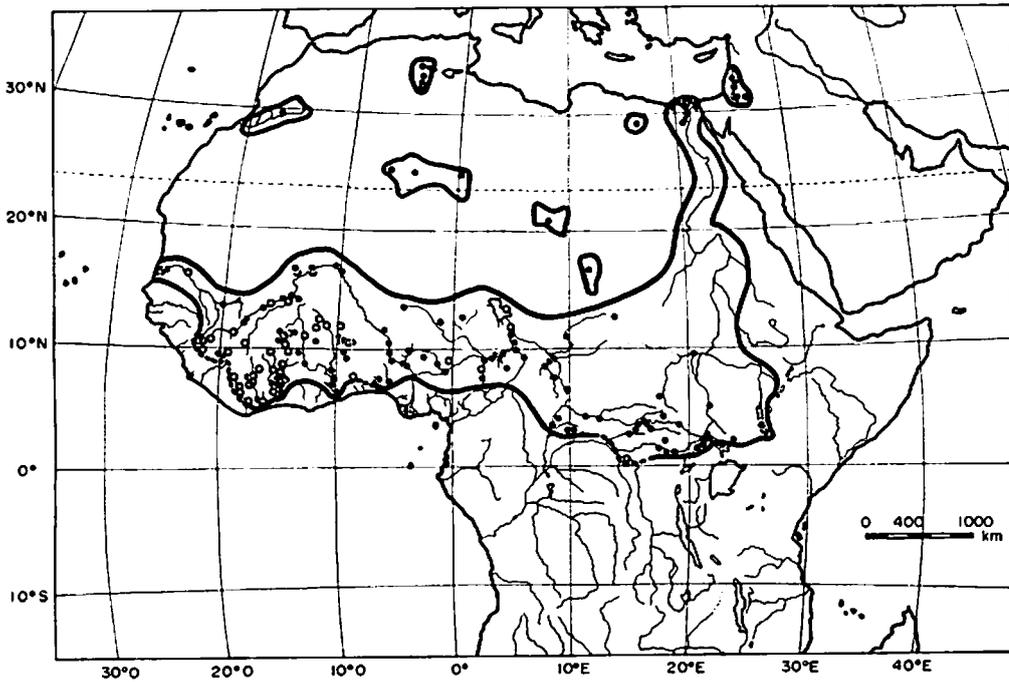


Fig. 1. Distribution de *Tilapia zillii*. Les points noirs signalent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les points blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables.

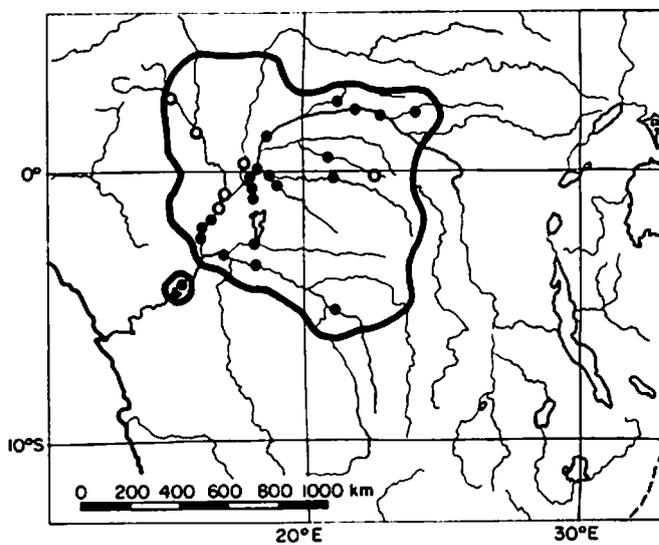


Fig. 2. Distribution de *Tilapia congica*. Les points noirs indiquent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les points blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables.

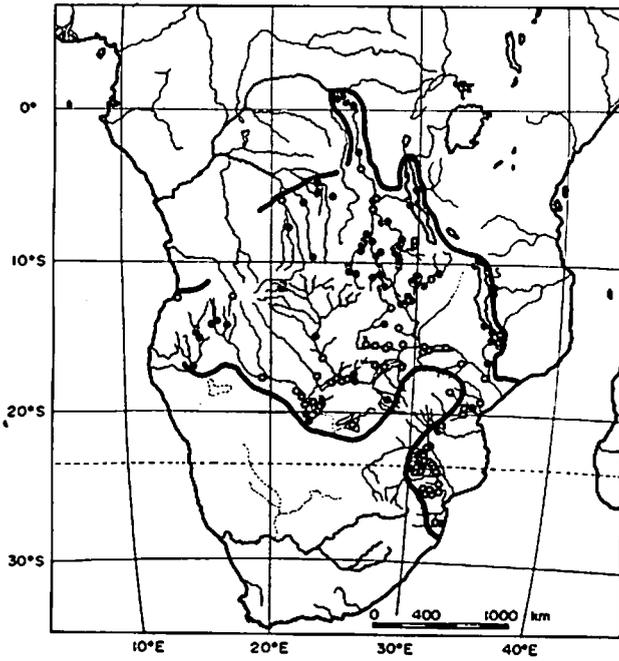


Fig. 3. Distribution de *Tilapia rendalli*. Les points noirs indiquent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les points blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables.

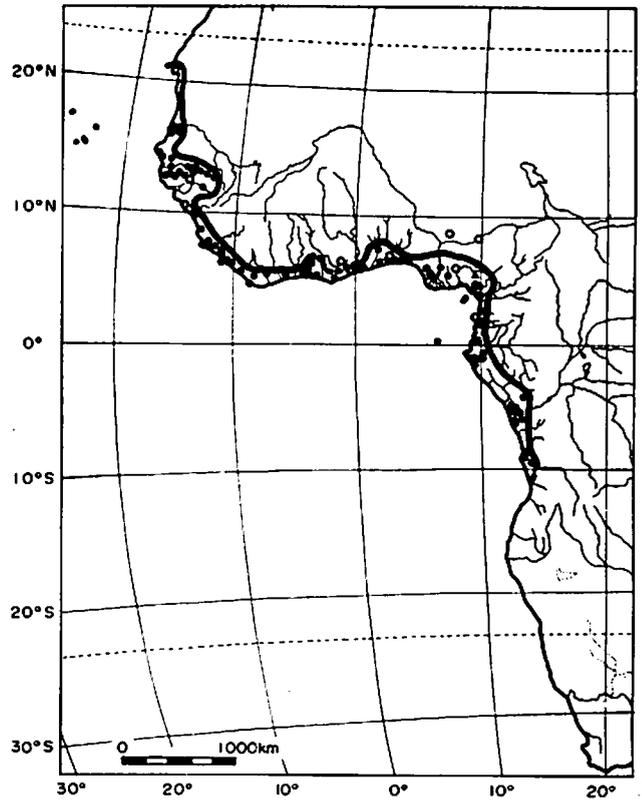


Fig. 4. Distribution de *Tilapia guineensis*. Les points noirs indiquent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les points blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables.

occidentale mais c'est *T. zillii* que l'on trouve dans les eaux franchement douces de ce fleuve. On ne rencontre pas *T. guineensis* au-delà de 150 à 200 km en amont durant la saison des pluies et aucun au-delà de 20 à 30 km de la côte au cours de la saison sèche. Il n'y a pas ou presque pas de courant durant la saison sèche ; les espèces sont maintenues à l'écart les unes des autres pour des raisons de compétition, et on ne rencontre pas *T. zillii* dans la Gambie et la Casamance, plus au sud. *T. guineensis* pénètre ces cours d'eau jusqu'à leur source et colonise ainsi les eaux franchement douces. [On rencontre *T. guineensis* en compagnie de *S. melanotheron* dans les eaux saumâtres des lagunes et dans le delta du Niger au Nigéria, mais *T. zillii* ne s'y trouve pas (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

Au Cameroun, la distribution de *T. guineensis* s'étend également jusqu'à la source du Ntem (au sud-ouest de la frontière entre le Cameroun et le Gabon). Cette espèce, qui vit habituellement dans les eaux saumâtres, peuple les rapides et les eaux franchement douces des forêts pluviales.

Les espèces pratiquant l'incubation buccale

Oreochromis macrochir peuple les hauts plateaux de la savane, au sud de la forêt pluviale. Il ne se dissémine pas naturellement en deçà du réseau fluvial du Kariba et au sud de l'Afrique. Au nord, la distribution de cette espèce s'arrête au niveau des chutes de l'Upemba où elle est remplacée par *O. upembae* et où les deux espèces restent totalement allopatriques. Le réseau fluvial Luapula-Moëro (deux lacs marécageux reliés par le Luapula) constitue l'extrême nord-est de la distribution de *O. macrochir* : pratiquement tout ce qui a été utilisé en pisciculture sous le nom de *O. macrochir* provient de cette région. En 1945, environ 10 couples de *O. macrochir* (grand poisson du Luapula) furent transportés de nuit (pour éviter les hautes températures diurnes) à Elisabethville (actuel Lubumbashi, Zaïre) où on les éleva en étangs. Par la suite, ces poissons furent disséminés sur tout l'ancien Congo belge (actuel Zaïre), au Rwanda, au Burundi, au Congo Brazzaville, en Côte d'Ivoire et au Cameroun. On les trouve également dans des régions reculées du Togo et dans une forêt pluviale également reculée du Libéria. La souche présente y est toujours la même, elle provient du Luapula-Moëro. Le nid que cette souche construit est en forme d'étoile très caractéristique mais la souche de la Kafue construit un nid totalement différent. Il existe probablement d'autres types de nids selon les souches mais l'information sur ce sujet fait défaut.

L'important est de savoir que presque tous les *O. macrochir* utilisés en aquaculture en Afrique proviennent d'environ 10 couples de poissons qui, à leur tour, provenaient du Luapula-Moëro et ne reflétaient pas la distribution naturelle de cette espèce.

O. macrochir (Fig. 5) est une espèce strictement d'eau continentale qui ne se disperse pas vers les écosystèmes côtiers ; sa tolérance à la salinité est très faible. Il existe, toutefois, des sources salées dans le Haut-Katanga (Shaba) où vit une population particulière de *O. macrochir*, appelée *O.m. salinicola* (Fig. 6). Elle constitue un bon exemple de "souche" autochtone s'adaptant à des conditions adverses que cette espèce évite habituellement. On pourrait en faire une espèce différente des autres. On ne peut, par conséquent, déduire la plasticité génétique des tilapias à partir de leur seule distribution naturelle.

La distribution de deux espèces étroitement apparentées - *O. mossambicus* et *O. mortimeri* (Fig. 7) est restreinte en raison de plusieurs facteurs tels que les montagnes et chutes d'eau, à l'ouest, ainsi que l'isotherme de 5 à 7°C au sud. Il existe une autre espèce étroitement apparentée, *O. ruvumae*, dans la Ruvuma, vers le nord. *O. mossambicus* vit presque partout à des températures appropriées et c'est à cette espèce que l'on doit d'avoir rompu avec la règle initialement acceptée selon laquelle les espèces de tilapias ne devaient pas être élevées en dehors de leur milieu naturel. [Cette espèce fut un mauvais choix pour de nombreuses raisons qui sont à présent bien connues. Moreau *et al* (1986) ont démontré que sa croissance dans des eaux naturelles était inférieure à la croissance d'autres espèces ; voir p.86 à 88) - note de l'Editeur].

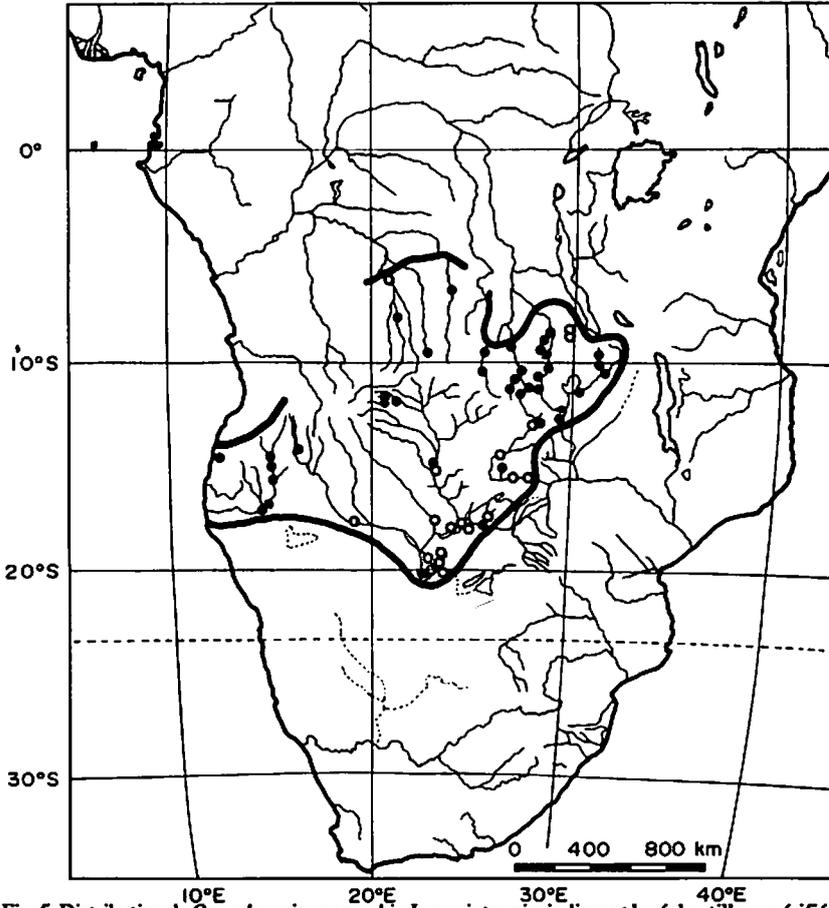


Fig. 5. Distribution de *Oreochromis macrochir*. Les points noirs indiquent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur; les points blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables.

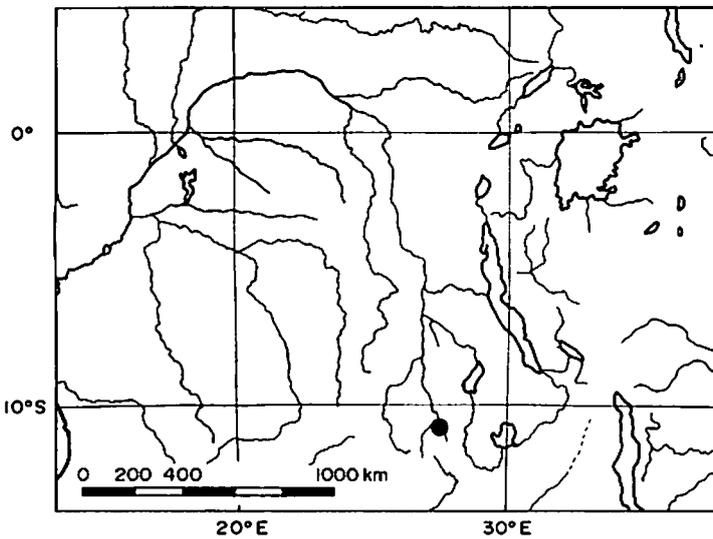
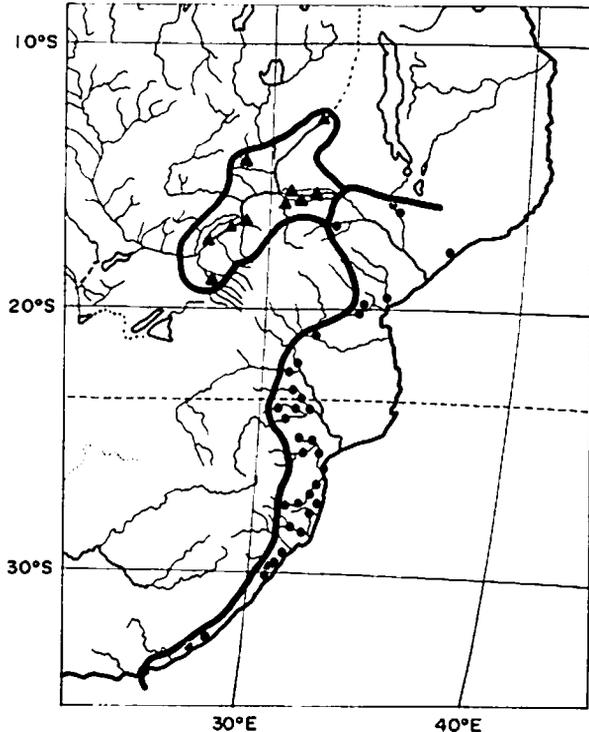


Fig. 6. Habitat de la population de *Oreochromis macrochir* (●) nommé "*Tilapia salinicola*".

Fig. 7. Distribution de *Oreochromis mossambicus* (●) et de *O. mortimeri* (▲).



Pour citer d'autres espèces comme *O. niloticus* (Fig. 8), espèce très importante en aquaculture, les premiers transferts en Afrique francophone ont été réalisés pour une grande part par un organisme français, le Centre technique forestier tropical (CTFT). Les premiers poissons (1956-68) provenaient tous d'une mare au Burkina Faso (ancienne Haute-Volta), près de Bobo-Dioulasso, du nom de "la Mare aux Hippos". [La Mare aux Hippos est également le nom donné à d'autres plans d'eau comme par exemple une partie du lit du Pendjari (Bénin), ce qui signifie que ce n'est pas une mare isolée mais plutôt de l'eau coulant pendant une partie de l'année (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)]. Ainsi, ces premiers transferts provenaient-ils d'une population isolée, proche d'un réseau fluvial. La population a dû subir un arrêt de croissance. Cette souche fut envoyée à Bouaké, en Côte d'Ivoire et de là vers de nombreux autres points. (Voir p.23 à 29 pour de plus amples informations sur *O. niloticus* à Bouaké - note de l'Editeur).

A Madagascar, cette espèce s'est hybridée avec *O. macrochir*. On l'a également fait se disperser à partir de Bouaké, jusqu'à Brazzaville et Bangui en République centrafricaine. La distribution naturelle de *O. niloticus* est, toutefois, très étendue et doit comprendre de nombreuses souches qui n'ont jamais été utilisées en pisciculture. Les premiers élevages de *O. niloticus* ont eu lieu en 1956 au Cameroun dans le but de le substituer à *O. macrochir* (Bard, 1960).

O. aureus a une distribution quelque peu étrange et discontinue (Fig. 9), et là encore, il existe probablement de nombreuses souches comme les populations de l'Afrique occidentale qui n'ont jamais été évaluées en vue de leur utilisation en pisciculture. La distribution naturelle de *O. aureus* s'étend à Israël, tout comme celle de *Sarotherodon galilaeus* qui est une distribution de survivance (Fig. 10), particulièrement dans le Sahara. *S. galilaeus* peuple le nord du bassin du fleuve Zaïre mais n'existe en aucun point de la partie centrale de ce réseau (qui est très acide et qui ne contient aucun tilapia microphage naturel). Cependant, il existe

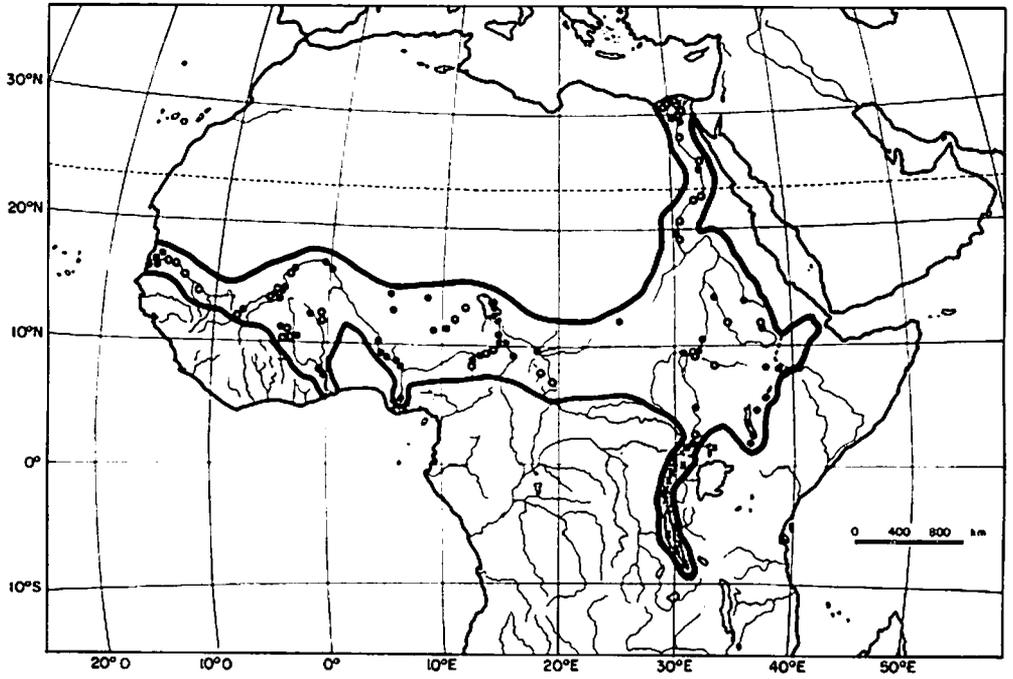


Fig. 8. Distribution de *Oreochromis niloticus niloticus*. Les points noirs (●) indiquent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les points blancs (○) se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables. La distribution de la sous-espèce *O.n. eduardianus* (x) est également indiquée. (cf. p.16 et Appendices I et III -note de l'Editeur).

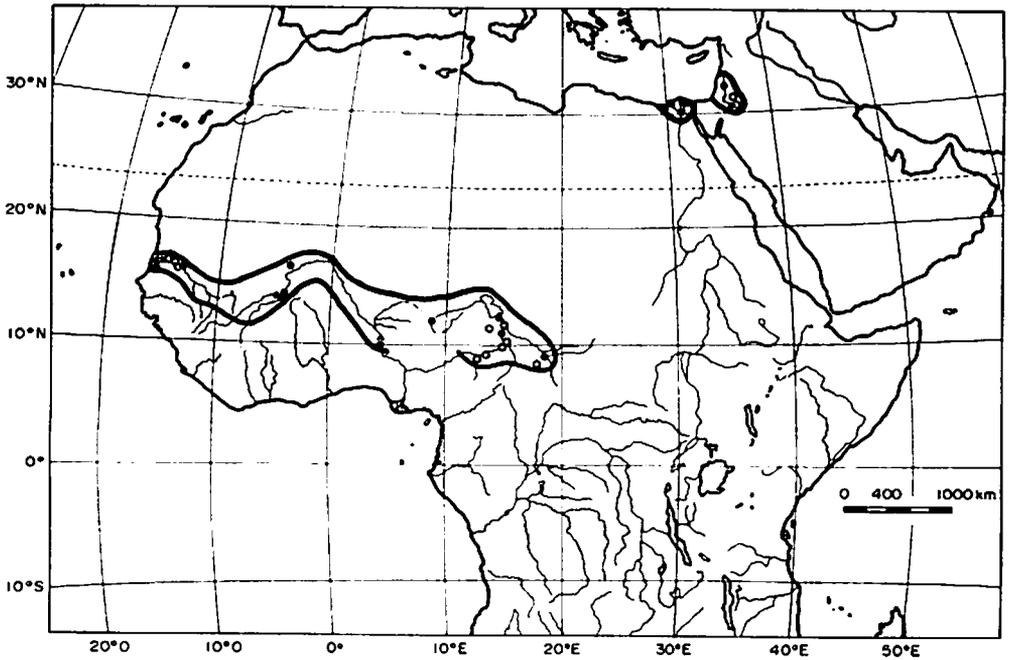


Fig. 9. Distribution de *Oreochromis aureus*. Les points noirs signalent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les points blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables.

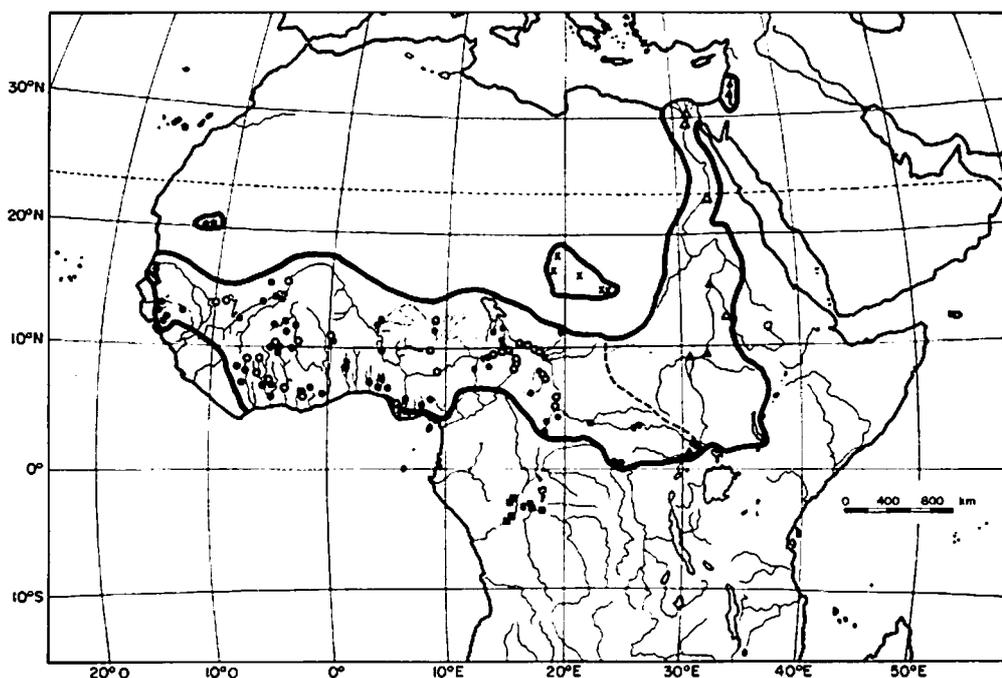


Fig. 10. Distribution de *Sarotherodon galilaeus* : *S. galilaeus galilaeus*, \blacktriangle , \triangle ; *S. g. multifasciatus*, \bullet , \circ ; *S. g. borkuanus*, \times ; *S. g. bouleengeri*, \blacksquare . Les symboles noirs indiquent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les symboles blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme exactes [(cf. Trewavas (1983), Fig. 36, p. 95 -note de l'Éditeur)].

une population de *S. galilaeus* dans le Malebo, lac naturel d'un réseau fluvial de la savane, au-delà de la forêt pluviale zairoise. Cette espèce se distingue par son petit nombre d'écaillés et par sa nageoire caudale écaillée et épaisse. Elle constitue un des nombreux cas de populations isolées, originaires des réseaux fluviaux des forêts pluviales qui ont atteint les eaux de la savane.

Conséquences au niveau de la nomenclature des tilapias

Cette situation, reflétant la situation naturelle, non le monde de l'aquaculture, comporte des implications sur la nomenclature des tilapias. Une espèce n'est jamais stable par nature. Elle peut s'éteindre ou se disperser pour former d'autres espèces. En taxonomie, les espèces dont la distribution est restreinte sont considérées comme de "jeunes" espèces alors que l'on considère comme "vieilles" celles dont la distribution est étendue. Une fois que la distribution d'une espèce s'étend considérablement, cette dernière peut "se désintégrer". Ceci se produit fréquemment chez certaines espèces de poissons lorsque les plans d'eau s'isolent les uns des autres et que les populations distinctes se modifient par de nouvelles mutations et flux génétiques. L'évaluation du niveau de différenciation nécessaire pour attribuer une population donnée à une nouvelle espèce, sous-espèce ou souche est une question d'opinion et un sujet de controverses parmi les taxonomistes : il s'agit du débat classique entre les partisans du regroupement ou de la subdivision des espèces. On a observé chez certains poissons, amphibiens, oiseaux et même chez certains singes que lorsque des espèces allopatriques, à l'origine isolées du point de vue de la reproduction, se rapprochaient en raison, par exemple, d'événements géologiques, elles se mettaient parfois à s'hybrider. Cette situation ambiguë a conduit au concept de "supra-espèce" - espèce largement distribuée qui "se désintègre" et dont les éléments isolés ne se croisent pas librement à moins d'être rapprochés par un hasard ou un

événement quelconque.

La distribution naturelle des tilapias évoque ce genre de situation. Par exemple, il existe une allopatrie entre *T. zillii* du nord de l'Afrique, *T. rendalli* de l'extrême sud de la savane et *T. congica* des forêts pluviales marécageuses (voir plus haut) ; mais dans le lac Victoria où *T. zillii* et *T. rendalli* ont été introduits, il existe certains hybrides naturels (Welcomme, 1966, 1967). *T. butikoferi* s'étend du sud du Sénégal en passant par la Guinée et la Guinée Bissau jusqu'au Libéria. La distribution de *T. brevipanus*, qui appartient à un groupe morphologique quelque peu différent, est approximativement la même (Fig. 11). Ils sont sympatriques mais ne s'hybrident pas, et sont considérés comme des espèces "vieilles", bien établies et différenciées. En revanche, les incubateurs buccaux utilisés en aquaculture, comme par exemple dans l'est Africain, se distinguent par leur allopatrie comme chez *O. spirulus niger* et *O. spirulus spirulus* (Fig. 12). *O. mossambicus* et *O. mortimeri* sont également allopatriques mais ils s'hybrident dans le cours inférieur de l'Ati au Kenya (contrairement à *O. niloticus* et *O. aureus* des lacs côtiers d'Egypte et du Delta du Nil qui sont sympatriques - note de l'Editeur).

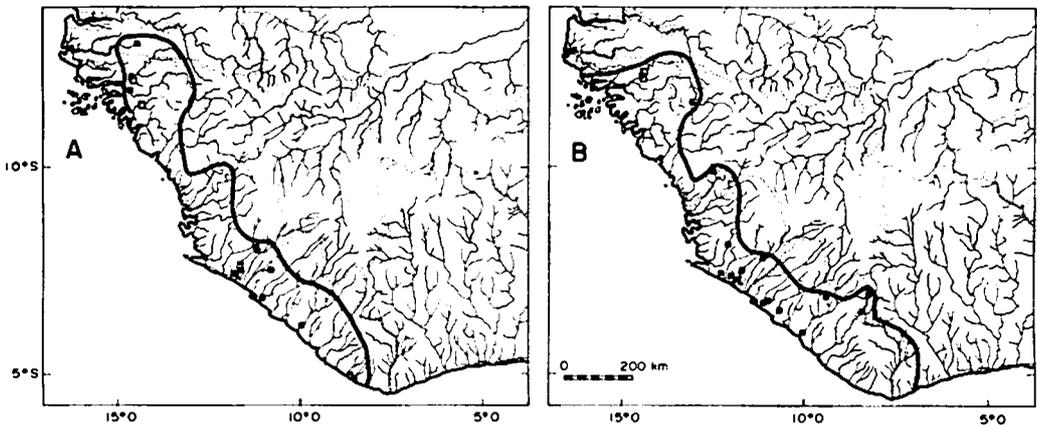


Fig. 11. Distribution de A. *Tilapia butikoferi* et B. *Tilapia brevipanus*.

Il existe, dans la nature, un grand nombre d'espèces allopatriques peuplant différents réseaux fluviaux ou différentes parties de ceux-ci - ces espèces empiètent légèrement les unes sur les autres mais s'hybrident rarement entre elles à moins d'avoir été rapprochées artificiellement, par exemple, dans des étangs où elles s'apparient alors le plus souvent assez facilement. Ceci constitue une raison supplémentaire pour considérer les tilapias comme une supra-espèce. En rapprochant différents tilapias au moyen des transferts, nous défaisons l'oeuvre de la nature : une sélection qui s'est opérée sur des milliers d'années.

La nomenclature conventionnelle (genre, espèce, sous-espèce) est adéquate pour décrire une situation naturelle mais elle devient incongrue appliquée à l'aquaculture, vu que des croisements peuvent intervenir. Il semble par ailleurs inadéquat d'utiliser des noms latins pour un grand nombre de tilapias d'élevage. Par exemple, les tilapias rouges sont souvent décrits comme un croisement entre deux espèces mais, en réalité, leur histoire est bien plus complexe que le simple croisement d'une femelle avec un mâle. Pour ces poissons, il vaudrait mieux ne pas utiliser de noms latins. De plus, la supra-espèce tilapia étant le résultat d'un mélange important du fait des transferts pour l'aquaculture et l'empeuplement, le moment est peut-être venu d'abandonner la terminologie latine pour les espèces d'élevage et d'adopter une autre système de codification. La nomenclature appliquée aux populations naturelles a cessé d'être un outil utile pour désigner les tilapias d'élevage.

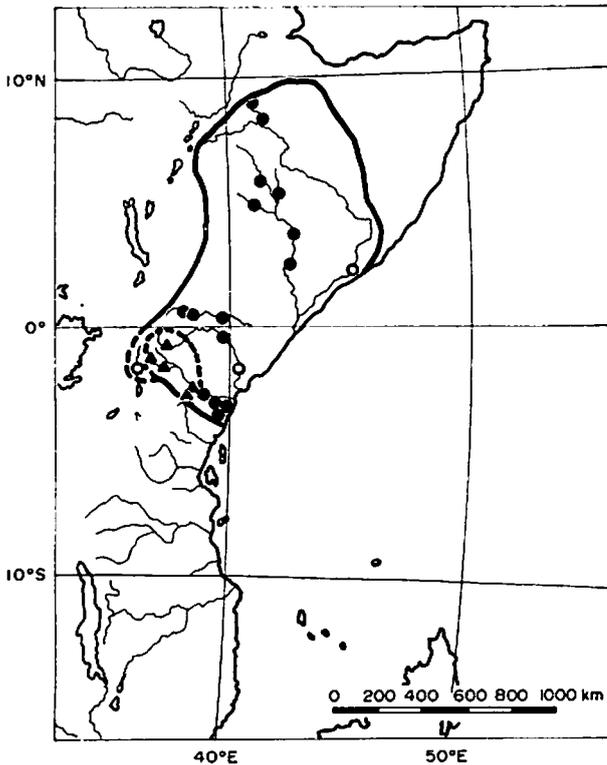


Fig. 12. Distribution de *Oreochromis spilurus*: *O. spilurus spilurus*, (●),(○) ; *O. spilurus niger*, (▲). Les symboles noirs indiquent les échantillons vérifiés personnellement par l'auteur ; les cercles blancs se réfèrent aux informations publiées et considérées comme fiables.

Conséquences au niveau de la protection et de l'utilisation des ressources génétiques en tilapias.

Si l'on s'en tient aux exemples donnés plus haut, on peut conclure que la distribution naturelle des tilapias est le résultat de l'évolution et qu'elle reflète certains hasards : par exemple, une espèce en exclue une autre. Or, ceci n'est pas un bon indicateur "d'amplitude écologique", c'est-à-dire, d'adaptabilité au milieu. Si nous trouvons un tilapia dans un milieu naturel, il est évidemment bien adapté pour y vivre mais cela ne prouve pas que cet habitat soit le plus favorable ou le plus typique pour ce poisson (même si l'on considère des différences aussi importantes comme l'eau douce ou l'eau de mer). En outre, les souches utilisées actuellement en pisciculture ne reflètent pas, en général, la population entière comme par exemple *O. macrochir* (voir plus haut).

Quant aux conséquences de la distribution naturelle sur la protection des ressources génétiques, l'existence d'une énorme quantité de matériel possédant à la fois bons et mauvais caractères pour la culture est chose évidente. De quelle manière peut-on alors aborder le problème ? Lors du Premier colloque international sur les tilapias en aquaculture (ISTA I) (Fishelson et Yaron, 1983) des recommandations pour la protection des "souches sauvages" de tilapias ont été adoptées. Il est vrai que les eaux naturelles africaines ne peuvent pas toutes être protégées. Les transferts incontrôlés de tilapias continuent d'être pratiqués dans toute l'Afrique, à l'exception éventuelle de la région sahélienne et les poissons ayant été introduits se sont reproduits avec des souches autochtones. Il faudrait fournir un effort considérable pour documenter cette situation et il serait malgré tout impossible de recueillir toute l'information nécessaire. De nombreux transferts n'ont d'ailleurs jamais été recensés. Des efforts

pourraient toutefois être consentis pour protéger les ressources importantes. *O. niloticus* est, il va sans dire, une espèce importante ; elle atteint une grande taille dans les eaux alcalines, comme dans le lac Turkana, mais sa taille est plus petite en Afrique occidentale. L'évaluation des différentes souches de *O. niloticus* mérite un effort important.

Résumé

- a. Les distributions naturelles des tilapias ne sont pas de bons indicateurs des possibilités d'utilisation de ceux-ci dans différents milieux d'élevage.
- b. Les distributions naturelles des tilapias devraient être amplement étudiées afin de mieux connaître l'habitat des souches sauvages importantes et la manière de les protéger.
- c. Les tilapias se comportent comme une supra-espèce mais les aquaculteurs contrarient le travail de l'évolution naturelle par les transferts et les rapprochements qu'ils effectuent. Il est par conséquent nécessaire d'adopter un nouveau système d'identification des souches et une nouvelle nomenclature pour les tilapias d'élevage. Ceci exigera de faire appel à des techniques autres que les descriptions purement morphologiques utilisées pour les populations naturelles.

A l'égard des problèmes de spéciation et de nomenclature, D. Thys van den Audenaerde publiera prochainement un ouvrage intitulé "Les noms scientifiques des tilapias". Dans cet ouvrage, l'auteur considère que la dénomination scientifique des tilapias a été perturbée pendant la dernière décennie par des propositions de changement des noms génériques, notamment pour *Sarotherodon* et *Oreochromis*. Il estime par ailleurs que ces changements ne sont pas nécessaires et apporte des arguments à ce sujet.

Discussion

R.H. Lowe-McConnell a constaté le grand nombre d'espèces de tilapias disponibles, le petit nombre d'entre elles réellement utilisées en aquaculture et le très petit nombre de populations de base d'où proviennent la plupart des stocks d'élevage.

R. Smitherman a demandé si la distribution naturelle de *O. niloticus* n'avait vraiment aucune importance lors de la recherche de poissons montrant une plus grande tolérance au froid.

D. Thys van den Audenaerde a répondu que les poissons vivant dans les régions froides étaient évidemment cryorésistants mais que les poissons des régions plus chaudes de la distribution naturelle pouvaient également avoir une bonne tolérance au froid. La distribution naturelle ne peut servir de guide fiable pour apprécier la tolérance au milieu des poissons déplacés en dehors de leur zone de distribution naturelle. *O. mossambicus* en est un bon exemple : il vit dans les eaux douces ou les eaux de mer. Il serait cependant judicieux, si l'on veut rechercher des poissons cryorésistants, de les récolter dans des régions froides. *O. mossambicus* montre également une grande tolérance au froid dans les eaux salines, comme par exemple dans les eaux de la Baie d'Algoa en Afrique du Sud.

D. Nguenga a signalé que des éleveurs au Cameroun n'étaient pas sûrs de l'origine de certains des stocks camerounais de *O. niloticus* et a consulté D. Thys van den Audenaerde à ce propos.

D. Thys van den Audenaerde a répondu que *O. niloticus* avait été amené de la Bénoué aux étangs de Yaoundé et de là, avait été dispersé dans tout le pays : tout d'abord à partir d'un petit barrage à Tibati, et de là, vers le barrage plus grand de Mbakaou. Cette souche a ensuite descendu la Sanaga. A partir des années 70, on a pu la trouver dans les chutes du Nachtigal et même jusqu'à Edéa. On attribue cette situation à des fuites qui se sont produites à partir de Tibati. Or, on ne sait pas vraiment si la même souche a été introduite dans d'autres régions du Cameroun. Ultérieurement, en 1963, le CTFT/FAO amena une souche *O. niloticus* de Bangui (République centrafricaine) au Cameroun. Cette souche provenait de la station

de la Djoumouna près de Brazzaville (Congo). *O. niloticus* est aussi autochtone dans la Bénoué, le Logone et le Chari au nord du Cameroun.

[Une souche de *O. niloticus* fut envoyée de la station de la Landja (République centrafricaine) au Cameroun en 1958. J. Bard commença les essais d'élevage avec *O. niloticus* à Yaoundé en avril 1959 (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

R.S.V. Pullin a approuvé la suggestion de D. Thys van den Audenaerde quant à la mise au point d'une nouvelle nomenclature des tilapias d'élevage et a attiré l'attention sur le problème continu auquel sont confrontés les chercheurs qui utilisent du matériel médiocre identifié et d'origine inconnue pour la plupart. Des chercheurs du Japon, de l'université des Philippines et de l'ICLARM ont montré que de nombreuses populations que l'on croyait être de l'espèce *O. niloticus* provenaient en fait d'hybridations introgressives avec *O. mosambicus* (Taniguchi *et al.*, 1985 ; Maracanas *et al.*, 1986). De plus, la plupart des chercheurs et éleveurs se fient aux fournisseurs quant à l'identité des poissons et oublient souvent de la vérifier auprès des descriptions publiées comme celles de Trewavas (1983). L'adoption d'une nouvelle nomenclature ne sera cependant pas sans problème, un de ceux-ci étant la tentation des sélectionneurs de désigner leurs "souches" sous le nom d'institutions, de sociétés et de personnes, et de soutenir qu'elles sont "hautement performantes", "sélectionnées", "améliorées", "supérieures", etc. - en l'absence de toute évidence scientifique d'un acquis génétique. R.S.V. Pullin a demandé aux participants s'ils ne connaissaient pas de systèmes reconnus sur la scène internationale et appliqués actuellement à d'autres espèces, pouvant être utilisés pour les tilapias afin d'éviter ce genre de problèmes.

D. Thys van den Audenaerde a signalé que la codification des souches pour le riz et autres cultures était bien établie et semblait avoir échappé aux problèmes d'intérêts personnels. Il a également fait observer qu'en agriculture, où de gros progrès ont été réalisés en génétique (riz, bétail), les noms latins ne sont pas employés mais sont remplacés par des noms de souches et des numéros.

R. Smitherman a convenu qu'il existait des dangers à désigner des souches et à faire des affirmations non fondées quant à leur performance pour des raisons commerciales. Il a signalé que le problème de savoir ce qu'était une "souche" restait entier. Des universités et autres institutions ont donné leurs noms à des "souches" essentiellement pour indiquer leur origine.

W. Villwock a mentionné que le Conseil international pour l'exploration de la mer (ICES) avait prescrit des recommandations concernant l'appellation des souches de Salmonidés (ICES, 1984). Un registre des souches a également été mis au point pour les truites (Kincaid, 1981). Procéder de la même manière pour les tilapias exigerait la création d'un groupe de travail.

I. Payne est resté perplexe quant à l'idée selon laquelle les souches de tilapias étaient suffisamment reconnaissables et/ou stables pour mettre au point une nomenclature, et a recommandé d'étudier davantage les marqueurs génétiques pour désigner les souches. Par exemple, la mère bouclée de toutes les souches de bétail de Hereford peut servir d'analogie. Chez les tilapias, le caractère pâle récessif homozygote de *O. niloticus* décrit par Mires (1988) en est un exemple.

D. Thys van den Audenaerde a attiré l'attention sur la difficulté croissante que représente le maintien de la stabilité des souches de poissons par rapport au bétail et aux plantes. Les Salmonidés s'hybrident moins facilement que les tilapias et constituent ainsi un matériel plus facile à manier, à partir duquel il est possible de développer des souches stables.

B. Harvey a mentionné la plasticité considérable des tilapias dans leurs réponses aux différents milieux et a évoqué les remarques de D. Thys van den Audenaerde sur la grande taille de *O. niloticus* dans le lac Turkana par rapport à certaines autres populations. [Pour comparer le taux de croissance des tilapias sauvages et d'élevage, voir Moreau *et al.* (1986) et Pauly *et al.* (1988) - note de l'Editeur]. L'importance relative de l'élément génétique du potentiel de croissance et de la réponse au milieu est ici une question clé. La plasticité des tilapias est clairement mise en évidence par la modification des réponses des spermatozoïdes,

c'est-à-dire, leur activation par divers moyens dans des milieux changeants. Les spermatozoïdes de *O. mossambicus*, provenant de poissons placés en eau douce, sont activés par l'eau douce mais si l'on place les poissons dans un milieu salin, les spermatozoïdes sont plus facilement activés. La modification se produit pratiquement d'un jour à l'autre.

Ecologie et distribution des tilapias d'Afrique jouant un rôle important en aquaculture

R.H. Lowe-McConnell

Transferts de poissons

Des biologistes ont étudié les tilapias dans les grands lacs africains, les barrages et autres plans d'eau, de 1945 à la fin des années 50, période qui fut intéressante car c'est à cette époque que les premières tentatives de pisciculture, comme l'a mentionné D. Thys van den Audenaerde, virent le jour en Afrique. Toutefois, on ne ressentait pas, à l'époque, la nécessité de séparer les tilapias pour les empêcher de s'hybrider. A titre d'exemple, il a été rapporté que le directeur d'une pêcherie à Korogwe en Tanzanie avait coutume d'offrir du poisson à des exploitants et fonctionnaires du Kenya. Ce genre d'échanges au-delà des frontières était fréquent.

A cet égard, les transferts de poissons "au petit bonheur" devraient, dans la mesure du possible, être évités et la recherche sur les populations naturelles devrait être intensifiée. La distribution gratuite de "poisson que l'on a à revendre" pour empoissonner les plans d'eau ou faire de l'élevage doit cesser. Une attitude plus responsable est désormais requise.

Espèces importantes pour l'aquaculture - leur distribution

R.H. Lowe-McConnell et E. Trewavas partagent l'opinion de R.S.V. Pullin (1983) sur les espèces de tilapias revêtant une importance particulière pour l'aquaculture (Tableau 1). Le groupe le plus important comprend des espèces dont les femelles pratiquent l'incuba-

Tableau 1. Tilapias d'élevage les plus importants: modifié d'après Pullin (1983). Les espèces d'importance locale ont été omises.

A. Espèces et hybrides les plus largement cultivés	Observations
1. <i>Oreochromis niloticus</i>	Croissance rapide, particulièrement sous les tropiques; opportuniste dans son alimentation
2. <i>Oreochromis aureus</i>	Croissance rapide, opportuniste dans son alimentation; cryorésistant; difficile à seiner en étangs, il est donc préférable de l'élever en cages ou de l'utiliser comme parent pour l'hybridation
3. <i>Oreochromis</i> hybride mâle monosexé, essentiellement <i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i>	Croissance rapide, surtout s'il est nourri avec des granulés
B. Autres espèces d'élevage	Observations
1. <i>Tilapia rendalli</i>	Macrophytophage; emploi possible en polyculture avec des tilapias microphages
2. <i>Oreochromis spilurus spilurus</i>	Croissance rapide; tolérance au sel; se nourrit d'algues épiphytiques
3. <i>Oreochromis andersonii</i>	Croissance adéquate et cryorésistance
4. <i>Sarotherodon melanotheron</i>	Tolérance à la salinité; bonne croissance en élevage où la séparation des sexes est pratiquée

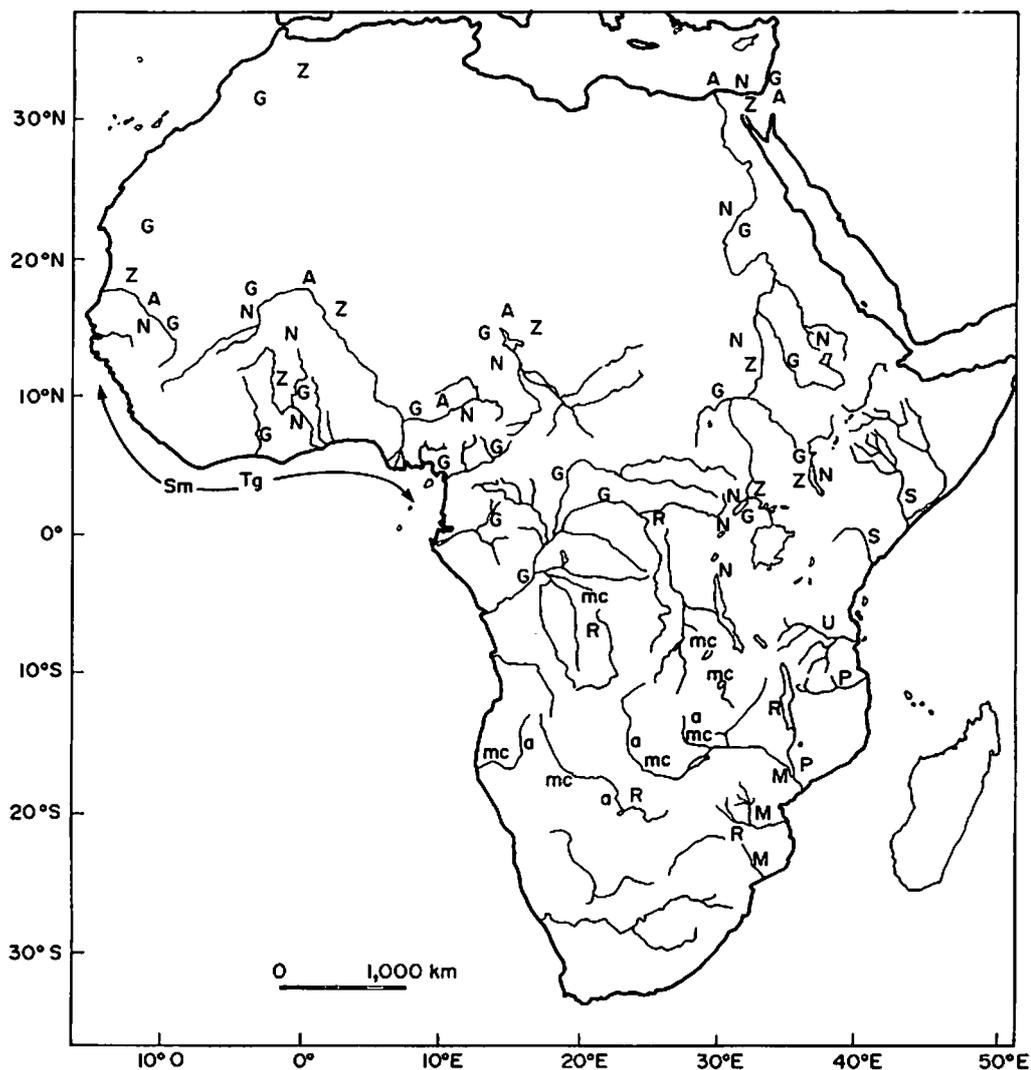


Fig. 13. Distributions naturelles des tilapias utilisés en aquaculture. Les espèces *Oreochromis niloticus* (N), *O. aureus* (A), *Sarotherodon galilaeus* (G) et *Tilapia zillii* (Z) ont toutes une distribution soudanienne de l'Afrique occidentale à la vallée du Nil. *O. aureus*, sympatrique avec *O. niloticus* dans le delta du Nil, s'étend jusque dans la vallée du Jourdain. *T. rendalli* (R) est une forme australe largement distribuée en Afrique centrale comme *O. macrochir* (mc) et *O. andersonii* (a). *S. melanotheron* (Sm) et *T. guineensis* (Tg) peuplent les lagunes côtières d'Afrique occidentale. La distribution des espèces des cours d'eau coulant vers l'est (y compris *O. spilurus* (S), *O. urolepis* (U) et *O. mossambicus* (M)) est indiquée sur la figure 15. D'après Trewavas (1983).

tion buccale mais *Sarotherodon galilaeus* est utilisé par certains pisciculteurs et *S. melanotheron* a de bonnes possibilités pour l'élevage en eau saumâtre. Des pondteurs sur substrat, *T. rendalli* est l'espèce la plus utilisée.

La figure 13 montre la distribution naturelle des espèces les plus largement utilisées et de quelques autres présentant un certain intérêt pour les pisciculteurs. La figure 14 donne davantage de détails sur la distribution naturelle de l'espèce la plus importante, *O. niloticus*, et la figure 15 donne la distribution naturelle du genre *Oreochromis* dans les cours d'eau de

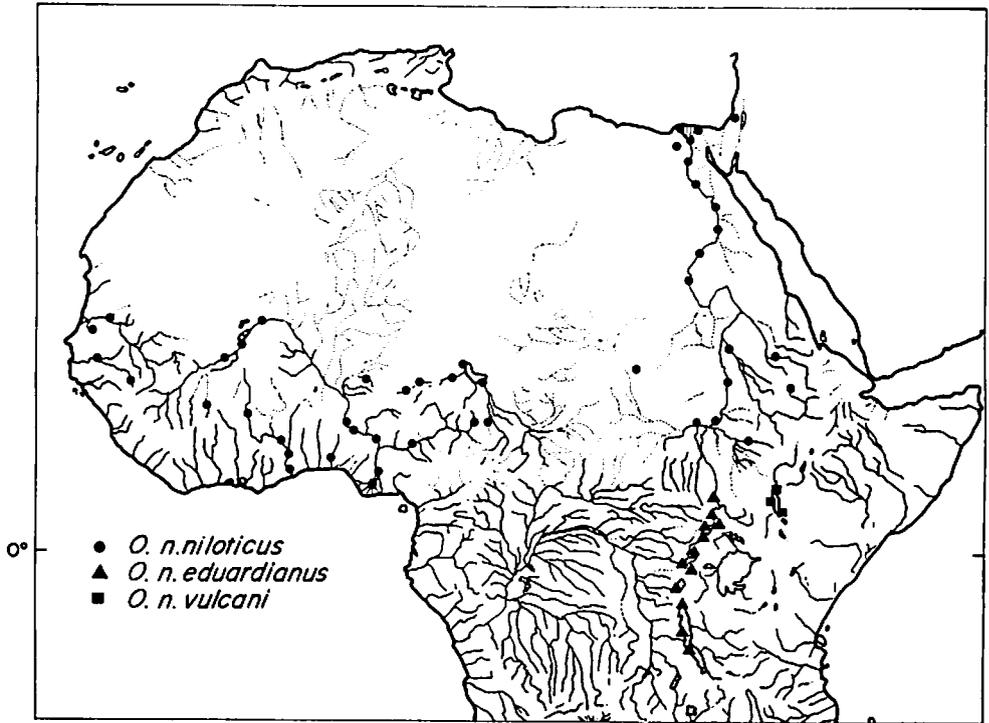


Fig. 14. Distribution naturelle des sous-espèces *Oreochromis niloticus* utilisées en aquaculture. D'après Trewavas (1983) qui donne des détails sur la distribution d'autres sous-espèces.

l'Afrique orientale.

Il serait peut-être aussi utile de se pencher sur certaines des autres espèces lacustres, par exemple, quatre des cinq incubateurs bucaux du lac Malawi, *O. saka*, *O. squamipinnis*, *O. karongae* et *O. lidole* ; *O. variabilis* (à l'heure actuelle malheureusement presque évincé du lac Victoria) ; les espèces des marécages de la Malagarasi, *O. malagarasi* et *O. karomo* (qui atteint également une grande taille) ; *O. upemba* des lacs de l'Upemba, et d'autres espèces des lacs de l'Afrique centrale et orientale. Ces espèces lacustres, chez lesquelles la présence d'une "floche"* chez le mâle facilite l'identification, appartiennent toutes au sous-genre *Nyasalapia* (Thys), distinct du groupe *Oreochromis Oreochromis* (Trewavas, 1983).

On trouve le groupe *Oreochromis O.* dans les cours d'eau d'Afrique orientale. Du nord au sud, ce groupe comprend : *O. spilurus* (Somalie/Kenya) ; *O. korogwe* ; *O. wrolepis* ; *O. placidus* et *O. mossambicus* que l'on trouve plus au sud. Certains d'entre eux ont des sous-espèces reconnues. Ceci s'explique en raison des deux formes que l'espèce possède ; l'une pouvant tolérer l'eau saline des cours d'eau aux abords des côtes, et l'autre vivant en eau douce dans le cours supérieur des rivières ; par exemple, *O. spilurus spilurus* se trouve dans le cours inférieur de l'Athi et *O. niger* dans son cours supérieur. *O.s. niger* (*Tilapia nigra*) était utilisé dans les premiers travaux de pisciculture à la station de Sagana au Kenya ; il a pratiquement disparu en tant que sous-espèce naturelle. En 1981, les tentatives de R.H. Lowe-McConnell et de E. Trewavas de localiser la sous-espèce naturelle *O.s. niger* se sont soldées par un échec. La raison en est probablement le mélange considérable des populations flu-

* Traduction proposée par D. Thys van den Audenaerde pour "genital tassel" - NdT.

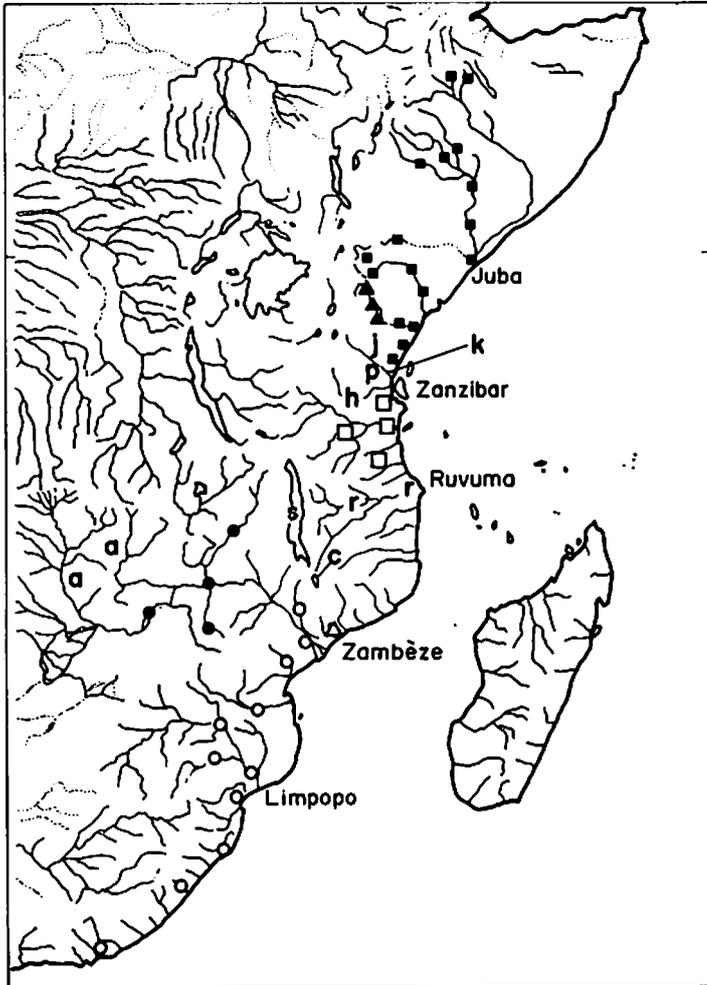


Fig. 15. Distributions naturelles de *Oreochromis* dans les réseaux fluviaux d'Afrique orientale. La plupart des espèces des cours inférieurs vivent en eau douce mais peuvent tolérer l'eau saumâtre ou l'eau de mer.

Somalie et Kenya : *O. spilurus* (■) (*O.s. niger* dans le cours supérieur de l'Athi (▲) ; Tanzanie : cours inférieur du Pangani *O. korogwe* (k) avec *O. pangani* (p) en amont et *O. jipe* (j) dans le lac Jipe ; *O. urolepis* (□) (*O.u. honorum* (h) dans le Wami et Zanzibar) ; *O. placidus ruvumae* (r) dans le Rovuma ; système du Zambeze : cours inférieur du Zambeze, *O. placidus* (Δ), *O. mossambicus* (o) (que l'on trouve également dans les cours d'eau côtiers d'Afrique australe), remplacé par *O. mortimeri* (e) dans le cours moyen du Zambeze ; *O. andersonii* (a) dans le cours supérieur du Zambeze et dans la Kafue ; *O.s. chilwae* (c) dans le lac Chilwa ; *O. shiranus* dans le lac Malawi (s). D'après Trewavas (1983).

viales dû aux fuites de poissons des projets d'aquaculture.

On pense actuellement que "*O. honorum*" est une sous-espèce de *O. urolepis* (espèce trouvée dans les cours d'eau côtiers de Tanzanie) qui a également reçu le nom de "Tilapia de Zanzibar" (Hickling, 1960). Quand celle-ci a été introduite en Asie, on pensait que ce nouvel apport de *O. mossambicus* viendrait compléter le stock local. Hickling utilisa "*honorum*", introduit à la station de recherche piscicole de Malacca en Malaisie pour les premiers travaux

sur les hybrides monosexes mâles. *O. hornorum* a été largement utilisé en aquaculture expérimentale et à des fins de production au Brésil (Lovshin, 1982). On pense à présent que *O. urolepis hornorum* a probablement été introduit à Zanzibar à partir du réseau fluvial du Wami en Tanzanie avant qu'un système approprié de notification des transferts de poissons n'ait été mis au point.

On trouve *O. placidus* en compagnie de *O. mossambicus* dans le cours inférieur du Zambèze. Il serait utile d'étudier les caractéristiques de ces espèces avant que d'autres transferts n'aient lieu et que des mélanges d'espèces ne se produisent dans ce réseau. *O. mortimeri* est une espèce d'eau douce proche qui vit plus à l'intérieur. D'autres espèces doivent être mentionnées à juste titre, il s'agit de *O. pangani* provenant du Pangani, *O. shiranus shiranus* et *O. sh. chilwae*, du Malawi.

Il manque à toutes ces espèces de rivières une "floche" chez les mâles et (à l'exception de *O. niloticus*) elles se distinguent facilement par la joue élargie du mâle parvenu à maturité.

La situation de l'espèce endémique *Oreochromis tanganycae* dans le lac Tanganyka est ambiguë. On trouve également *O. niloticus* dans le lac Tanganyka ; celui-ci provient du lac Kivu, son déplacement étant attribué à des modifications topographiques naturelles.

Quant à l'hybridation dans les eaux naturelles, nous ne pouvons fournir aucun exemple évident. Cependant, toutes les fois que nous avons introduit deux espèces dans un lac, par exemple, le lac Naivasha (*O. spirilus niger* et *O. leucostictus*), elles se sont hybridées (Elder *et al.*, 1971 ; Siddiqui, 1979).

Informations supplémentaires sur *Oreochromis niloticus* et sur ses relations avec d'autres espèces.

Oreochromis niloticus et *O. aureus* sont de loin les espèces les plus importantes pour l'aquaculture. Leur distribution s'étend du réseau fluvial du Nil jusqu'à l'Afrique occidentale. On attribue ce phénomène aux conditions climatiques beaucoup plus humides qui régnaient au cours du Pléistocène. *O. aureus* s'étend également jusque dans la vallée du Jourdain.

Chez *O. niloticus*, Trewavas (1983) reconnaît un certain nombre de sous-espèces dont trois groupes présentent un intérêt particulier pour les aquaculteurs (Appendice I, Fig. 1). Le groupe *O.n. niloticus* s'étend de l'Afrique occidentale à l'Egypte. Il existe également un groupe provenant des lacs du Rift occidental appelé *O.n. eduardianus* et un autre du nom de *O.n. vulcani* provenant du lac Turkana (ancien lac Rodolphe). D'autres sous-espèces identifiées par Trewavas sont très localisées (Fig. 1, Pullin et Capili, 1988), Appendice I].

Les premiers travaux sur la maturité et la croissance de *O. niloticus* dans les eaux de l'Afrique orientale ont fait l'objet d'un bilan par Lowe-McConnell (1982). Les poissons les plus gros ont été trouvés dans le lac Turkana. Leur croissance était excellente. Cependant, une des populations restée bloquée dans un plan d'eau plus petit d'une île du lac (lac-cratère "C") a gardé une plus petite taille. C'est à une population de poissons noirs, un peu plus gros, d'un autre lac-cratère (lac-cratère "A") que l'on doit le nom de "vulcani".

Dans le lac Albert, lac relié au Nil, les populations de *O. niloticus* (*O.n. eduardianus*, selon Trewavas, 1983) atteignent de grandes tailles mais les populations restées bloquées dans les lagunes (par exemple, la lagune de Buhuku) sont souvent de très petite taille. Chez ces populations, la taille de maturité est également très petite et les femelles sont beaucoup plus petites que les mâles. Les coefficients de condition de tous ces poissons sont très médiocres par rapport aux poissons de pleine eau. Toutefois, les mâles et les femelles de pleine eau atteignent les mêmes tailles et leur taille de maturité est approximativement la même. La même "souche" atteint ainsi une taille importante dans le lac mais sa taille est beaucoup plus petite dans les lagunes. Les poissons de lagunes peuvent atteindre des tailles importantes une fois qu'ils regagnent le lac. On a rencontré ce phénomène ailleurs (pour les tilapias des lacs Chilwa et Rukwa) ainsi que pour les poissons placés dans les étangs de Sagana, au Kenya.

A l'origine, il existait deux espèces naturelles dans le lac Victoria : *O. esculentus* et

O. variabilis. Ce lac fut ensuite peuplé avec *T. zillii* qui provenait du lac Albert ; l'intention étant alors d'introduire une espèce herbivore pouvant s'alimenter de l'abondante végétation marginale. Toutefois, le lot de *T. zillii* comprenait également quelques *O. niloticus* et *O. leucostictus* (envoyés par inadvertance). Par ailleurs, quelques essais d'élevage furent conduits avec *O. niloticus* à Kajansi en Ouganda dans une région où les eaux se jettent dans le lac Victoria et *O. niloticus* a dû emprunter cette voie pour rejoindre le lac qui a donc tout d'abord reçu la sous-espèce *O.n. eduardianus*. Des rapports verbaux révèlent que d'autres sous-espèces ont été introduites à partir du lac Turkana (*O.n. vulcani*). On a également rencontré *O. niloticus* en 1967 dans les étangs du pénitencier de Mwanza au bord de la pointe sud du lac (A.I. Payne, comm. pers.)

Ainsi, *O. niloticus* a supplanté l'espèce endémique *O. esculentus* (presque complètement) ou il s'est hybridé avec celle-ci, se développant dans le lac Victoria et atteignant de grandes tailles. *O. leucostictus* s'est aussi bien établi, essentiellement dans les zones marécageuses marginales. *T. zillii* s'est également bien développé et a largement évincé l'espèce endémique *O. variabilis* comme Fryer et Iles ont pu le démontrer (1972 : p. 263). L'introduction récente de la perche du Nil (*Lates niloticus*) n'est pas non plus sans conséquence. Ce prédateur a considérablement saigné les eaux de quelques unes des espèces autochtones d'*Haplochromis* (Barel *et al.*, 1985) [mais il semble qu'il n'ait pas trop affecté les populations de tilapias (J.D. Balarin, comm. pers. à l'Editeur)]. Ainsi, la composition des poissons a complètement changé dans le lac Victoria du fait des introductions (Welcomme, 1966, 1967), et des modifications interviennent encore. Que *O. niloticus* ou un hybride de celui-ci soit, à présent, le tilapia le plus performant dans le lac Victoria est peut-être un fait significatif. *O. niloticus* coexiste avec *Lates niloticus* dans le Nil et dans les lacs Albert, Turkana et Kioga.

[En dépit de son éviction par *O. niloticus* du lac Victoria, *O. esculentus* l'emporte actuellement sur les espèces naturelles *O. pangani* et *O. jipe* à la suite de son introduction dans le barrage de Nyumba ya Mungu sur le Pangani en Tanzanie occidentale (A.I. Payne, comm. pers. à l'Editeur)].

Dans le lac George en Ouganda, *O. niloticus* (*O.n. eduardianus*) atteint une taille importante et se maintient en bonne condition mais les pressions dues à la pêche ont eu, sur une période de onze ans, un effet réducteur sur sa taille et sur sa taille de maturité (Gwahaba, 1973 ; Lowe-McConnell, 1982).

Conclusion

La conclusion que l'on peut tirer de ces observations est que les facteurs du milieu ont une telle incidence sur le potentiel de croissance et sur la taille de maturité des tilapias qu'il est inutile que des aquaculteurs se rendent dans des endroits comme le lac Turkana pour y chercher de grands poissons destinés à servir de population de base pour l'aquaculture. Toutefois, selon un nouveau courant d'opinions qui s'est propagé au cours du Second colloque international sur les tilapias en aquaculture, les poissons issus de ces populations naturelles d'individus de grande taille donnent de bons résultats en élevage. Il est nécessaire d'intensifier la recherche sur l'importance relative des facteurs génétiques et de ceux liés au milieu, et sur les conséquences de leur interaction sur la croissance des tilapias. Il faut aussi poursuivre les recherches sur les populations naturelles avant que d'autres transferts et d'autres mélanges ne se produisent.

Discussion

J. Moreau a demandé des précisions sur la situation des tilapias dans le lac Kivu. R.H. Lowe-McConnell a répondu qu'il existait dans ce lac un *O. niloticus* autochtone (*O.n. eduardianus*).

D. Thys van den Audenaerde en a convenu et a signalé que le premier spécimen avait été trouvé en 1890, deux ans après la découverte du lac et que ce spécimen, qui ressemble au *O. niloticus* du lac Edouard, se trouvait actuellement au British Museum (musée d'Histoire naturelle). Il est possible que l'espèce fluviale *O. niloticus* s'étendant jusqu'au lac Edouard soit restée prisonnière du lac Kivu quand ceux-ci se sont séparés. Plus tard, les eaux du lac Kivu montèrent et débordèrent. La même sous-espèce (*O. niloticus eduardianus*) vit actuellement dans la vallée de la Ruzizi et dans le lac Tanganyka, près des rives uniquement. *T. rendalli* et *O. macrochir* (tout d'abord la souche du Luapula-Moëro et plus récemment la souche de la Kafue) ont été introduits dès 1950 dans le voisinage du lac Kivu en vue des projets de pisciculture. Des individus de ces espèces se sont échappés et vivent à présent dans le lac. Les hybridations entre *O. niloticus eduardianus* et *O. macrochir* ont fait qu'il est désormais impossible d'attribuer certains spécimens à l'une ou l'autre de ces espèces. Aussi, le lac Kivu contient-il à présent une espèce autochtone (*O.n. eduardianus*), trois espèces de tilapias qui ont été introduits (*T. rendalli* et deux souches de *O. macrochir*) et des hybrides.

A. Coche a cité *O. andersonii*, espèce d'importance croissante pour l'aquaculture en Zambie.

R.H. Lowe-McConnell a convenu que c'était une espèce importante et a signalé que là où de telles espèces existaient (par exemple, *O. andersonii* et *T. rendalli* se trouvent au Botswana), il était peu sage d'introduire des espèces exotiques comme *O. niloticus* sans avoir tout d'abord évalué l'utilité des espèces autochtones.

B. Marshall a mentionné qu'au Zimbabwe, *O. mortimeri* atteignait une grande taille.

R.S.V. Pullin a fait observer que les aquaculteurs de Zambie avaient déjà importé *O. niloticus* et *O. aureus* d'Israël, et *O. niloticus* de l'université de Stirling, en dépit des mérites reconnus à *O. andersonii*. Il se peut que d'autres poissons s'échappent et rejoignent le réseau fluvial de la Kafue.

D. Thys van den Audenaerde a signalé que la souche *O. macrochir* de la Kafue avait été introduite sous le nom de *O. andersonii* dans les étangs de pisciculture à Kipopo au Katanga (actuel Shaba) près de Lumumbashi (Zaïre). L'espèce sauvage *O. macrochir* que l'on trouve aux alentours semble être différente (plus allongée) de la souche du Luapula-Moëro. L'erreur de nomenclature a été corrigée mais on rencontre encore ce nom dans certains ouvrages. *O. mortimeri* fut introduit au Katanga (Shaba) sous le nom de "*mossambica*". Cette espèce ne s'est guère répandue dans le Haut-Shaba mais on la rencontre dans le voisinage du barrage de la Lufira. Ainsi, *O. mortimeri* a atteint le réseau fluvial du Zaïre mais sa situation actuelle et son expansion future ne font toutefois l'objet que d'hypothèses, et cette espèce porte encore probablement le nom de "*mossambica*" du fait d'une erreur de nomenclature.

J. Moreau a attribué certaines des performances de croissance de *O. niloticus* dans les eaux naturelles aux différents régimes alimentaires et aux degrés de digestibilité du phytoplancton disponible.

R.H. Lowe-McConnell en a convenu et a déclaré que le régime alimentaire des populations des lagunes et des petits plans d'eau était en général médiocre. Le manque de nourriture semble être le facteur principal responsable de la petite taille. Les cyanophycées représentent la source alimentaire la plus importante pour *O. niloticus* (Moriarty, 1973 ; Moriarty et Moriarty, 1973). Dans ce cas, l'alcalinité ne peut être un facteur principal de bonne croissance dans la mesure où les lagunes et les petits plans d'eau sont aussi alcalins ou plus alcalins que les lacs.

B. Harvey a demandé quelles espèces, autres que *O. niloticus*, digéraient les cyanophycées.

B. Marshall a répondu que *O. mossambicus* et *O. macrochir* pouvaient digérer ces algues et que cette aptitude était probablement très répandue chez les tilapias.

Deuxième Session. Les ressources génétiques sauvages et d'élevage dans divers pays

Président : R.S.V. Pullin

Afrique

Cameroun

D. Nguenga

L'aquaculture au Cameroun, vieille de 40 ans, a été essentiellement pratiquée à un niveau de subsistance en raison de l'absence de tradition dans ce domaine. Les premiers étangs furent aménagés en 1947 et plus de douze mille cinq cents, d'une surface de 200 à 400 m² environ furent mis en opération dans les années 60. Aujourd'hui, il n'en reste plus que trois à cinq mille encore opérationnels (B.P.N. Satia, comm. pers.). Plusieurs facteurs sont responsables de ce déclin :

- Une mauvaise gestion a porté préjudice au développement de l'aquaculture. Les espoirs mis dans l'élevage des tilapias dans les années 50 dans le but de contribuer à la production de protéines ont tourné en désenchantement en raison d'une reproduction excessive dans ces étangs.
- La construction des étangs était médiocre et les techniques d'élevage inefficaces (Balarin, 1985).
- Des restrictions budgétaires et une réduction de l'aide bilatérale n'ont fait qu'aggraver la situation.

Les pêcheries maritimes et continentales du Cameroun sont actuellement en voie de surexploitation. Chaque année, près de trois mille tonnes de poissons sont importées pour subvenir aux besoins du pays. En raison des besoins croissants en protéines animales à bon marché, l'aquaculture offre une solution viable et peut être considérée comme une source supplémentaire de protéines.

Balarin (1985) a rapporté que les tilapias autochtones, *Sarotherodon galilaeus*, *Tilapia tholloni*, *T. margaritacea* et *T. zillii* avaient été testés et que tous avaient donné des résultats médiocres, leur taille étant petite. Aussi, les efforts de développement furent-ils cessés.

On trouve les populations les plus importantes de *Oreochromis niloticus* sauvages dans le nord du Cameroun (Fig. 16). La température moyenne y est de 25°C, ce qui est idéal pour la production de poissons d'eau chaude tout au long de l'année. Il existe cependant peu de cours d'eau permanents dans ces régions et aucune station de pisciculture n'y a été établie. La région est irriguée, à partir de l'extrême nord, par deux bassins hydrographiques principaux, les cuvettes du Tchad et du Niger. Le Logone et le Chari sont des affluents de la cuvette du Tchad ; la Bénoué et le Faro sont des affluents de la cuvette du Niger. Deux importants barrages, Maga et Lagdo ont été construits récemment sur le Logone et la Bénoué respectivement.

Oreochromis niloticus a également été introduit au Cameroun en 1975 à partir de Bangui en République Centrafricaine. *O. macrochir*, *T. rendalli* et *T. zillii* (à partir du Congo, du Zaïre et du Congo respectivement) ont également été introduits au tout début du développement de la pisciculture au Cameroun et sont établis à divers degrés dans des voies fluviales naturelles (Balarin, 1985).

Discussion

R.S.V. Pullin a invité les participants à discuter des ressources génétiques en tilapias du lac Tchad et de leur importance pour l'aquaculture.

D. Nguenga a précisé que *S. galilaeus* et *O. niloticus* y étaient les espèces les plus importantes.

Le lac est actuellement surexploité et il existe certaines possibilités pour les programmes de repeuplement. Le ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries animales au Cameroun possède une station à Kousséri qui recueille des données sur les pêcheries du lac Tchad. Cependant, ces données ne constituent encore que des fragments d'information en raison d'un manque d'équipement à usage sur le terrain et de main d'oeuvre qualifiée. On trouve *O. aureus* dans le lac Tchad et dans les marécages du Logone.

Côte d'Ivoire

Elevage en eau saumâtre Adou Cissé

Les premiers essais d'élevage de tilapias dans les eaux saumâtres de Côte d'Ivoire ont été réalisés avec *Oreochromis niloticus* par le Centre technique forestier tropical (CTFT) en 1978 et 1979. Cette espèce donne sans aucun doute les meilleurs résultats dans les eaux saumâtres de Côte d'Ivoire. Or, malgré ces bons résultats, la maladie et la mortalité massive posent de nombreux problèmes, même dans les eaux modérément salées (5‰); les raisons de cette mortalité ne sont pas encore clairement établies.

Des expériences ont été menées à Layo (Fig. 17) dans le but d'évaluer les possibilités d'élevage de deux espèces locales de tilapias d'eau saumâtre, *Tilapia guineensis* et *Sarotherodon melanotheron*, espèces naturellement adaptées aux conditions écologiques des lagunes côtières.

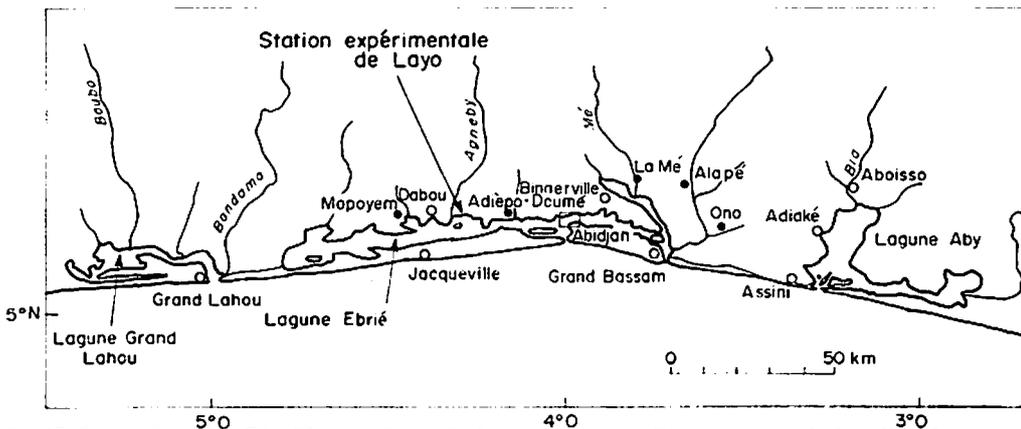


Fig. 17. Carte du littoral de Côte d'Ivoire indiquant les lagunes et les cours d'eau principaux ainsi que l'emplacement de la station expérimentale de Layo pour l'aquaculture d'eau saumâtre.

La croissance de ces deux espèces a été comparée à la fois dans des élevages mixtes et monosexes ; des cages ou enclos* ont été utilisés à cet effet. Les résultats s'avèrent bons pour l'élevage monosexé des mâles *S. melanotheron*. Toutefois, la viabilité économique de l'élevage intensif de cette espèce est, même dans ce cas, restreinte en raison de la médiocrité de la conversion des aliments artificiels donnés sous forme de granulés (31% de protéines). *S. melanotheron* est mieux adapté aux algues épiphytiques et à l'*aufwuchs*.

L'élevage des tilapias dans les lagunes saumâtres de Côte d'Ivoire pose par conséquent certains problèmes. Une espèce exotique peut avoir une bonne croissance mais avoir du mal à survivre alors que les espèces endémiques (*S. melanotheron* et *T. guineensis*) bien adaptées à ces lagunes ont soit une croissance médiocre, soit des problèmes de conversion alimentaire (Tableau 2).

Tableau 2. Performance de *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis* en élevage en cages dans les eaux saumâtres (5 ‰) de Côte d'Ivoire: densité d'empoissonnement = 20/m². La croissance a été suivie entre 10 et 150 g). D'après M. Legendre, Centre de recherches océanographiques, Abidjan (Legendre, 1983).

	Croissance (g/jour)	Mortalité %	Conversion alimentaire
<i>O. niloticus</i>	1,2 - 2,5	> 80 (au bout de 4 mois)	1,26
<i>S. melanotheron</i>	0,3 - 1,2	15 (au bout de 10 mois)	> 5
<i>T. guineensis</i>	0,2 - 0,8	13 (au bout de 10 mois)	> 5

L'aquaculture expérimentale de *T. guineensis* est désormais abandonnée. Les travaux se poursuivent avec *S. melanotheron* sur deux fronts : 1) la mise au point d'un aliment artificiel plus rentable pour l'amélioration de la croissance et des taux de conversion alimentaire dans le cadre de l'élevage intensif, et 2) l'adoption des méthodes d'élevage moins intensives pour réduire, voire abandonner l'emploi des aliments artificiels.

A cet égard, la possibilité d'associer l'élevage en enclos à la technique "acadja" déjà employée au Bénin est actuellement à l'étude. Des acadjas sont placés dans les eaux peu profondes ; ils servent d'abri aux poissons et de substrat pour le développement des algues et des micro-organismes, sources précieuses d'aliments pour les poissons comme *S. melanotheron*. Au Bénin, *S. melanotheron* est l'espèce principale que l'on capture dans les acadjas.

Les premiers essais utilisant les enclos-acadjas ont été réalisés en 1986 et une extrapolation de la production annuelle a donné 7 t/ha/an de *S. melanotheron* sans emploi de fertilisants ni d'alimentation artificielle. Ce résultat est très encourageant. Ce système doit cependant être amélioré, notamment pour déterminer la meilleure densité de peuplement ainsi que la densité et la taille de l'acadja par rapport à la densité de peuplement et à la taille de l'enclos.

D'autres recherches sur l'élevage des tilapias dans les eaux saumâtres sont menées depuis peu en Côte d'Ivoire par le CTFT. Elles portent sur des espèces exotiques, *O. aureus* principalement et sur des hybrides (*O. niloticus* x *O. aureus*, *O. niloticus* x *O. urolepis hornorum* et *O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*).

* En français dans le texte - NdT.

Elevage en eau douce C. Nugent

Populations naturelles

La Côte d'Ivoire possède les tilapias autochtones suivants : *Oreochromis niloticus*, espèce limitée à quelques cours d'eau du nord ; *Sarotherodon galilaeus* ; *S. tournieri* ; *S. melanotheron*, et dans les eaux saumâtres des lagunes, *Tilapia brevimanus*, *T. mariae*, *T. guineensis* et *T. zillii* (Daget et Iltis, 1965 ; Albaret et de Merona, 1978).

Introductions

La distribution actuelle des tilapias en Côte d'Ivoire est dominée par les introductions de *O. niloticus*, espèce devenue la plus importante pour les pêches intérieures et pour l'aquaculture. On ne trouve *S. galilaeus*, autrefois abondant, que rarement dans les pêches du lac principal, le lac de Kossou. La Côte d'Ivoire est dépourvue de lacs naturels mais il existe de nombreux lacs artificiels aménagés pour l'irrigation et/ou pour la production d'hydro-électricité. *O. niloticus* a été introduit dans tous ces lacs quelle que soit sa taille. La plupart des *O. niloticus* qui ont été introduits dans tout le pays provenaient de stocks de la station de pisciculture de Bouaké (autrefois gérée par le CTFT et actuellement par l'Institut des Savanes-IDESSA). Ces souches ont reçu le nom de "souche Côte d'Ivoire" ou souche "Bouaké".

Des introductions de stocks de tilapias en Côte d'Ivoire ont été réalisées à de nombreuses reprises dès le milieu des années 50 (Moreau, 1979b) et des transferts de ces stocks dans d'autres pays ont également eu lieu régulièrement. Parmi les premières introductions, on compte *O. niloticus*, *O. macrochir*, *T. rendalli* et *O. urolepis hornorum*. *O. macrochir* fut introduit en 1958 (à partir du Centre de la Djoumouna, à Brazzaville) et il existe toujours à Bouaké. *T. rendalli*, introduit également à partir de Brazzaville (1957), a depuis disparu.

O. urolepis hornorum fut introduit en 1967 (40 juvéniles) à partir de la station de recherche piscicole de Batu Berendam en Malaisie. Ils se reproduisirent dès le mois de décembre 1967 et furent utilisés dans des expériences d'hybridation. En 1972, ce stock s'était complètement mélangé et un nouveau stock de *O. urolepis hornorum* fut introduit à Bouaké en 1981 à partir d'Auburn aux Etats-Unis, en vue des expériences d'hybridation mentionnées par Adou Cissé. Ce stock provenait d'un stock originel que l'on trouvait à Bouaké dès 1967 et qui a transité par le Brésil et les Etats-Unis avant de revenir !

En 1981, *O. aureus* (d'origine israélienne) fut introduit à partir de Tihange en Belgique. *O. mossambicus* fut introduit, également en 1981, à partir du Mozambique. Les descendants hybrides de ces stocks furent utilisés par certains éleveurs aux alentours de Bouaké et dans les lagunes près d'Abidjan.

O. niloticus est de loin l'espèce la plus importante. Il existe des populations naturelles de *O. niloticus* dans les affluents du Mouhoun (Volta noire) dans l'extrême nord-est de la Côte d'Ivoire et dans les affluents du Niger à l'extrême nord-ouest. Cette souche est actuellement utilisée pour l'élevage et a reçu le nom de "souche Côte d'Ivoire". Elle est développée à Bouaké où il n'existe pas de populations naturelles de *O. niloticus*.

Par ailleurs, il existe une certaine confusion quant aux premières introductions de *O. niloticus* à Bouaké. Celles-ci ont débuté en 1956 à partir de "la Mare aux Hippos", dans ce qui est aujourd'hui le Burkina Faso. "La Mare aux Hippos" est un assez grand lac, productif, dans le bassin versant du Mouhoun. Une seconde introduction fut réalisée à partir de la même source via la station de Bérégadougou au Burkina Faso entre 1966 et 1968.

Une introduction de *O. niloticus* provenant du Nil a sans aucun doute été réalisée dans le but de comparer les poissons du Nil aux souches de Bouaké. L'introduction de 17 juvé-

niles (5 femelles et 12 mâles) a été faite à partir de la station de Kajansi en Ouganda (près de Kampala) en juin 1968. Ceux-ci commencèrent de se reproduire en juillet.

En 1969, les chercheurs de la station de Bouaké ont mené des expériences de croisements entre *O. niloticus* et *O. urolepis hornorum*, et entre *O. niloticus* provenant de la Volta et *O. niloticus* provenant du Nil. Les stocks du Nil et de la Volta se sont mélangés à partir de 1971 ; aussi, les espèces de *O. niloticus* envoyés à cette époque au Brésil avec *O. urolepis hornorum* sont-elles peut-être un mélange entre les souches du Nil et celles de la Volta (voir également les commentaires de J. Moreau, page 29)

O. niloticus est à présent répandu dans toute la Côte d'Ivoire. L'identité génétique des individus transférés (Volta, Nil, Volta + Nil ou la "souche Côte d'Ivoire" actuelle) dépend de la date des transferts et de l'étendue de l'hybridation entre les souches de Bouaké. Or, nous manquons d'éléments sur ce point.

Une nouvelle introduction de onze spécimens (8 mâles, 3 femelles) a été réalisée en mars 1987 à Bouaké. Ces spécimens provenaient de la même région au Burkina Faso que les premiers individus (Vallée de Kou, bassin versant du Mouhoun). Ces poissons seront comparés à la "souche Côte d'Ivoire" reconnue.

Suite à l'empoisonnement considérable des barrages et des étangs, on est maintenant certain que la "souche Côte d'Ivoire" de *O. niloticus* est présente dans les bassins versants du Niger et de la Volta. Les lacs d'Ayamé ayant été empoisonnés en 1961 et 1962 (Daget et Iltis, 1965 ; Doudet, 1979), on la trouve également dans le système de la Bia dont une grande partie du bassin versant est au Ghana. Cette souche a aussi été introduite le long de la frontière du Libéria dans le bassin versant du Cavally et dans les lacs artificiels de Kossou (R. Bandama) et Buyo (R. Sassandra).

O. niloticus a été expédié de Bouaké vers de nombreuses destinations, y compris le Paraguay (1968), la Sierra Leone (1970), le Venezuela (1971), le Brésil (1971), l'Afrique équatoriale (1959), l'Afrique centrale et la France. Plus récemment, des poissons ont été envoyés au Bénin (1979), en Sierra Leone (1978), en Guinée (1978, 1983) et au Burkina Faso (1982). Ceci ne constitue pas une liste exhaustive, et dans certains cas, des poissons ont été réexpédiés à partir de ces points vers d'autres destinations [Par exemple au Sénégal, voir la préface à l'édition française et p. 46 et 83 -note de l'Editeur].

Situation actuelle de la "souche Côte d'Ivoire"

En général, la "souche Côte d'Ivoire" a été introduite en petites quantités : au mieux 200 poissons, au pis quelques dizaines. Par exemple, la "souche Côte d'Ivoire" de *O. niloticus* expédiée au Brésil en 1971 (60 juvéniles) provenait d'une population originelle de petite taille. Un petit nombre de poissons furent ensuite envoyés du Brésil à l'Université d'Auburn.

Lors du Premier colloque international sur les tilapias en aquaculture, à Nazareth en 1983, on a rapporté que dans certains cas les poissons de la "souche Côte d'Ivoire" ne parvenaient pas à donner 100% de descendance mâle lors des croisements avec *O. urolepis hornorum*. Lors du Second colloque international sur les tilapias en aquaculture, à Bangkok en 1987, la croissance des poissons de la "souche Côte d'Ivoire" fut considérée comme inférieure à celle d'autres souches comme les poissons égyptiens (Kharter et Smitherman, 1988). Il se peut que des goulets d'étranglement ou des hybridations par inadvertance aient modifié les caractéristiques de certains de ces stocks. Un autre facteur a pu avoir un effet sélectif sur certains stocks dans les pays où la commercialisation des tilapias de petite taille (80 g, voire moins) est possible : au moment de la récolte, peut-être deux fois par an, les plus gros poissons (des deux sexes) sont triés par sexe et vendus, et on se sert des plus petits pour repeupler les étangs, ceux-ci devenant alors les stocks parentaux de la prochaine génération. Il est possible que cette sélection visant à obtenir des poissons à maturité précoce et/ou à croissance lente aggrave le nanisme. A Bouaké, ce procédé de récolte permanente n'est pas coutume et la détérioration des géniteurs ne s'est pas produite outre mesure. Les éclosiers et les systèmes de production sont à présent bien séparés.

Un des points positifs et une caractéristique importante de la "souche Côte d'Ivoire" est sa domesticité. Cela fait 30 ans qu'on l'utilise en aquaculture et elle s'est certainement bien adaptée aux manipulations ainsi qu'aux conditions des étangs en Afrique occidentale (conditions souvent difficiles comme la rareté de l'oxygène, l'absence d'aération, les restrictions d'eau lors de la saison sèche). A Bouaké, les "souches Côte d'Ivoire" de *O. niloticus* sont des poissons très "tranquilles" et faciles à manipuler. Ils se précipitent dès que quelqu'un s'approche pour les nourrir et, à cet égard, sont très différents des *O. niloticus* d'Israël que l'on a expédiés au Bénin où ces deux introductions ont été comparées. Il en a résulté que les poissons de la "souche Côte d'Ivoire" absorbaient la nourriture dès que celle-ci leur était offerte alors que les poissons israéliens attendaient que les granulés soient tombés au fond. [Pour effectuer de telles comparaisons, on devrait accorder à toute souche introduite une période d'adaptation au nouveau milieu d'au moins deux générations, c'est-à-dire, pour que s'opère une sélection naturelle - note de l'Éditeur].

Au Rwanda, la "souche égyptienne" *O. niloticus* que l'on a introduite en 1984 est plus appréciée des éleveurs que la "souche Côte d'Ivoire" précédemment utilisée (Hanson *et al.*, 1988 ; Moehl *et al.*, 1988). De telles comparaisons doivent être traitées avec prudence. Les différences observées peuvent être imputables à l'adoption de meilleurs techniques de gestion des étangs, introduites dans le cadre des projets de développement au même moment que les souches elles-mêmes, et non aux caractéristiques génétiques des poissons.

Si l'on démontre finalement que la "souche Côte d'Ivoire" est inférieure aux autres souches, que devrait-on faire? Remplacer les "souches Côte d'Ivoire" dans tous les plans d'eau de Côte d'Ivoire est impensable. A quel niveau d'infériorité la "souche Côte d'Ivoire" devrait-elle tomber pour que son remplacement soit considéré comme avantageux ?

Il est toutefois peu de choses pratiques que les éleveurs ruraux puissent délibérément faire au niveau de la conservation des ressources génétiques ou de la sélection génétique. En outre, il est peu probable que les gouvernements africains, ou bon nombre d'entre eux, placent la conservation des ressources génétiques en poissons à un niveau très haut dans leurs priorités. On ne peut s'attendre à ce que de nombreux gouvernements manifestent autant d'intérêt pour la protection des ressources génétiques naturelles que, par exemple, le gouvernement du Malawi, surtout si cela exige d'octroyer des ressources, déjà insuffisantes, à cette entreprise.

Pour les éleveurs, atteindre le summum de croissance comme cela peut être obtenu dans des conditions idéales est probablement peu important. Des croissances de 2,0 ou 2,5g/jour ont été obtenues avec des "souches Côte d'Ivoire" dans de bonnes conditions d'élevage mais ces résultats dépendent, dans une large mesure, des techniques de gestion appliquées. La vigueur et une bonne croissance dans des conditions d'élevage presque optimales sont bien plus importantes que les croissances maximales théoriques.

Discussion

Elevage en eau saumâtre

I. Payne s'est étendu sur l'amélioration des résultats de l'élevage de *S. melanotheron* pratiquant la séparation des sexes par rapport à l'élevage ne la pratiquant pas, et a rappelé aux participants qu'il s'agissait d'un incubateur buccal mâle ou biparental. Il a demandé des précisions sur sa taille de maturité dans ces conditions d'élevage.

A. Cissé a répondu que certains d'entre eux parvenaient à maturité à une taille relativement petite (50-80 g) mais que la plupart atteignaient la maturité à 100 g.

A. Coche a rappelé les résultats de Campbell (1985) concernant l'élevage des tilapias dans les eaux saumâtres de Côte d'Ivoire. Il avait même essayé de vacciner *O. niloticus* contre des maladies bactériennes. Il a cessé d'utiliser *T. guineensis* et *S. melanotheron* en raison de leur faible croissance et a fini par abandonner le site. Campbell a repris ses travaux

avec *T. guineensis* à la station d'eau saumâtre du Centre régional africain d'aquaculture à Port Harcourt (Nigéria) où une réévaluation de cette espèce sera réalisée.

R. Guerrero a mentionné que l'élevage en eau saumâtre de *O. niloticus* avait fait l'objet d'une étude approfondie à Leganes, Iloilo (Philippines). Si les alevins s'acclimatent progressivement aux eaux saumâtres (par ex : 5‰/jour), cette espèce peut supporter jusqu'à 30‰. Des maladies bactériennes surviennent toutefois dans certains étangs en raison de l'action d'un ensemble de facteurs liés au milieu et de l'abondance des agents pathogènes dans ces étangs.

R.S.V. Pullin a fait part de sa surprise d'apprendre, lors d'une récente visite en Côte d'Ivoire, qu'il existait des problèmes d'élevage de *O. niloticus* dans les eaux saumâtres ayant une très faible teneur en sel (5-8‰) alors que cette espèce semble se comporter de façon adéquate dans des salinités d'au moins 15‰ dans diverses parties de l'Asie du Sud-Est. Il existe deux rapports techniques de l'ICLARM sur l'élevage des tilapias en eau salée (Watanabe *et al.*, 1984, 1985). Trois approches à la production de tilapias pouvant donner de bons résultats dans l'eau salée peuvent être adoptées : 1) utilisation d'une espèce ou d'une souche naturellement tolérante à la salinité ; 2) acclimatation des espèces d'eau douce à l'eau salée en augmentant progressivement la salinité, ou en employant un régime alimentaire à forte teneur en sel, ou les deux, et 3) recours à des méthodes génétiques - hybridation ou sélection. La plupart des aquaculteurs préfèrent recourir à l'hybridation sans tenir compte des options 1) et 2). La production permanente d'hybrides est difficile à gérer à l'échelle commerciale.

G. Wohlfarth a demandé la raison pour laquelle la croissance des mâles *S. melanotheron* était plus rapide que celle des femelles, cette espèce étant un incubateur buccal biparental. Il avait toujours tenu pour acquis que les habitudes reproductives étaient responsables des différences intersexuelles de croissance chez les tilapias. [Selon Trewavas (1983 : p. 54-55) la taille de maturité des femelles est plus petite et les plus gros poissons que l'on ait répertoriés sont des mâles - note de l'Editeur].

La discussion qui suivit fut peu concluante, le sentiment général étant que la grande taille des mâles était peut-être une caractéristique propre à tous les tilapias (y compris les pondereurs sur substrat) en raison de l'action d'un certain nombre de facteurs tels que les habitudes de reproduction et les facteurs génétiques et endocrinologiques.

D. Thys van den Audenaerde a demandé si la faible fécondité de *S. melanotheron* pouvait poser un problème quant à son utilisation en aquaculture vu qu'il produit moins d'alevins que les femelles pratiquant l'incubation buccale.

A. Cissé a répondu que cette situation n'avait pas été étudiée en Côte d'Ivoire mais qu'il n'y avait eu toutefois, jusqu'à présent, aucun problème pour obtenir des alevins. La Côte d'Ivoire a une longue saison sèche et *S. melanotheron* se reproduit tout au long de cette période.

Elevage en eau douce

G. Wohlfarth a indiqué que des hybridations avec la "souche Côte d'Ivoire" de *O. niloticus* avaient été réalisés à Dor (Israël) à la suite du rapport de Lovshin (1980) sur la faible production d'alevins issus de croisements entre *O. niloticus* et *O. urolepis hornorum*, indiquant de ce fait une incompatibilité au niveau de la reproduction. Les stocks utilisés en Israël avaient été tous deux importés du Brésil en 1977, aussi ces stocks étaient-ils les mêmes que ceux utilisés par Lovshin. Le groupe israélien confirma les résultats de Lovshin et trouva que les croisements entre la "souche Côte d'Ivoire" de *O. niloticus* et *O. aureus* donnaient également peu d'alevins (Hulata *et al.*, 1985). Ceci fut, à l'époque, considéré comme une caractéristique négative de la "souche Côte d'Ivoire" de *O. niloticus* car *O. urolepis hornorum* semblait être le parent mâle le plus prometteur pour les croisements interspécifiques avec d'autres souches de *O. niloticus* en vue de produire 100% de descendance mâle. De même, le croisement *O. niloticus* x *O. aureus* donne de hauts pourcentages de mâles et c'est cet hybride qui a été le plus utilisé dans l'élevage en Israël. Cependant, la "souche Côte d'Ivoire"

de *O. niloticus* donnant très peu d'alevins par rapport à la "souche Ghana" que l'on peut obtenir en Israël, cette première ne fut pas hautement considérée dans ce pays.

G. Hulata a rapporté que la "souche Côte d'Ivoire" n'était plus utilisée à la station de Dor depuis 1984.

G. Wohlfarth a suggéré qu'une réévaluation était peut-être nécessaire dans la mesure où la réticence de cette espèce à s'hybrider avec d'autres espèces pouvait être considérée comme un caractère positif dans les systèmes de production. Par exemple, il se peut que la "souche Côte d'Ivoire" conserve sa pureté même au contact d'autres espèces.

R.S.V. Pullin a précisé que les stocks de ladite "souche Côte d'Ivoire" appartenant aux diverses collections dans le monde entier pouvaient être différents les uns des autres en fonction du stade de développement de cette souche, comme C. Nugent a pu en rendre compte. Ces "souches" que possèdent un bon nombre d'institutions ont été importées de Côte d'Ivoire à différents stades de leur développement.

J. Moreau a signalé que selon Pierre Lessent, les *O. niloticus* expédiés au Brésil le 23 novembre 1971 à partir de Bouaké étaient très certainement des poissons du Nil. Des mélanges se sont produits à partir de 1970 entre les souches de la Volta et du Nil, mais les poissons qui ont été expédiés au Brésil provenaient probablement d'une population "pure".

R. Smitherman a confirmé que la "souche Côte d'Ivoire" de *O. niloticus*, ainsi que cela a été étudié à l'université d'Auburn, tolèrait davantage la présence humaine et s'alimentait plus vigoureusement que la souche égyptienne. En dépit de son "inégalité d'humeur", la croissance de la souche égyptienne est toutefois meilleure. La "souche Ghana", ainsi dénommée, introduite à l'université d'Auburn à partir d'Israël, est la souche la plus prolifique des trois, y compris les croisements interspécifiques, mais elle est la moins performante en termes de croissance (Khater et Smitherman, 1988) (on a mentionné au cours de l'atelier qu'il se pouvait que cette souche ait eu des origines ivoiriennes). Ces souches sont, somme toute, probablement toutes excellentes. On observe des différences de comportement, de croissance et de performance au niveau de la reproduction chez les populations étudiées suivant les conditions expérimentales dans lesquelles elles sont placées.

D. Thys van den Audenaerde a rappelé qu'en 1966, la récolte dans les étangs de Bamoro au nord de Bouaké avait principalement consisté en *S. galilaeus* autochtones. Il a signalé que *S. galilaeus* provenait à l'origine de Kodondékro (station piscicole de l'IDESSA, au sud de Bouaké) et qu'il était considérablement utilisé. Cependant, en Côte d'Ivoire, l'espèce autochtone *S. galilaeus* est un poisson de forme allongée et de petite hauteur et même au début des travaux du CTFT à Bouaké on préférait *O. niloticus*.

C. Nugent a précisé que l'on ne trouvait plus *S. galilaeus* à Bamoro.

Ghana

J.K. Ofori

Distribution des tilapias au Ghana

Le Ghana possède, comme d'autres pays d'Afrique occidentale, d'importantes ressources en tilapias. Irvine (1947) a rapporté l'existence de cinq espèces de tilapias qui sont aujourd'hui très importants du point de vue commercial pour les pêcheries et l'aquaculture au Ghana. Il s'agit de *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon galilaeus*, *S. melanotheron*, *Tilapia busumana* et *T. zillii*. Il existe deux bassins fluviaux principaux: la Volta et les rivières du sud-ouest (Fig. 18). Ces dernières comprennent des cours d'eau comme le Densu, la Pra, l'Ankobra, le Tano et la Bia. Le bassin de la Volta comprend le lac Volta et les rivières s'y déversant: le Nakambe (Volta blanche), le Mouhoun (Volta noire), le Nazinon (Volta rouge), l'Oti et le Pru essentiellement. Les deux bassins sont séparés par le réseau Mampong-Bisa-Akwapim-Volta.

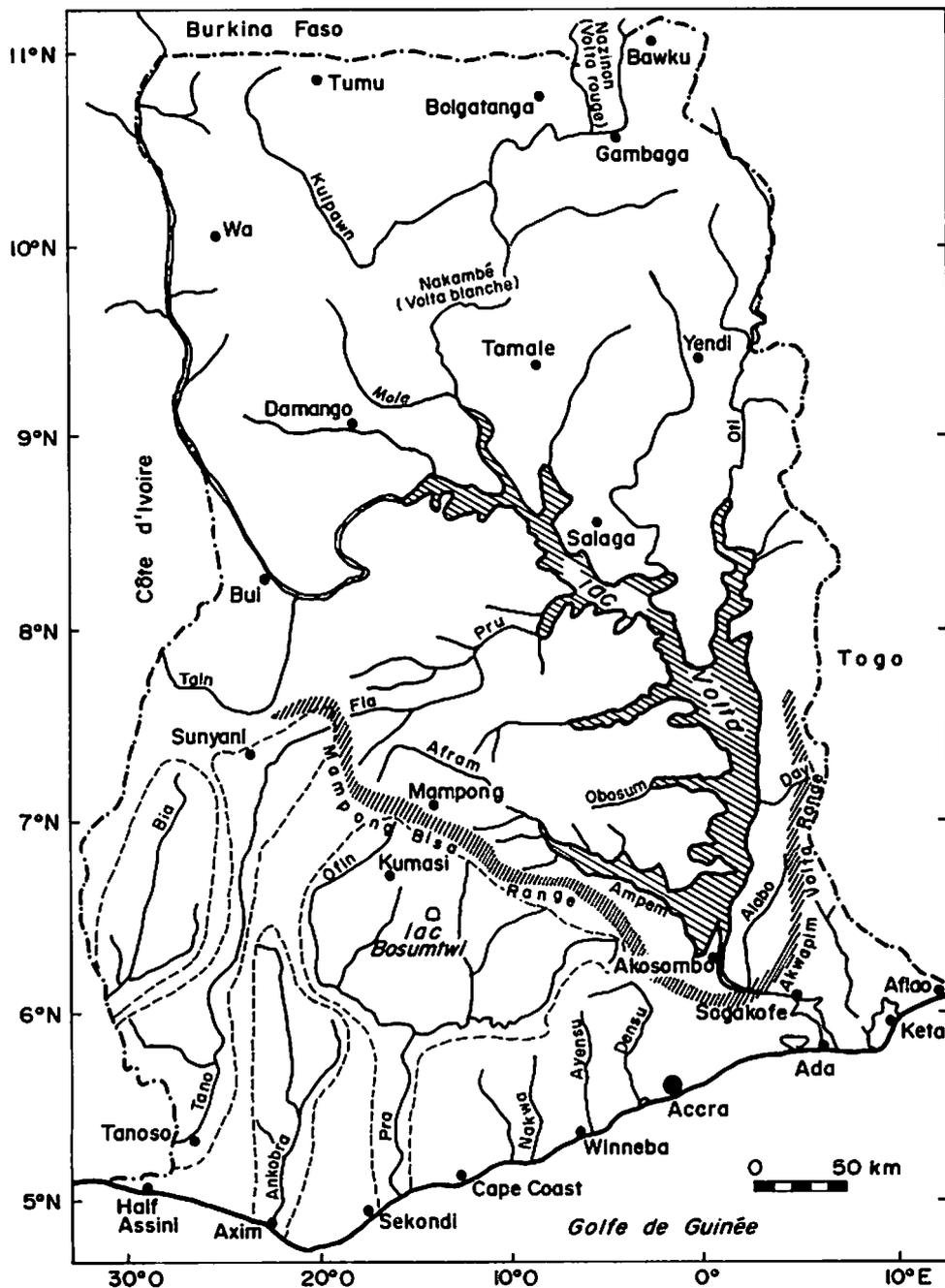


Fig. 18. Bassins versants du Ghana.

Quatre des cinq espèces répertoriées par Irvine (1947) se trouvent dans la Volta bien que *S. melanotheron* s'y rencontre rarement (Denyoh, 1969 ; Petr, 1969). *T. busumana* n'existe pas dans le réseau fluvial de la Volta mais on le trouve en compagnie de *S. galilaeus multifasciatus*, *S. melanotheron* et *T. zillii* dans les rivières du sud-ouest. Deux autres espèces commercialement importantes : *T. discolor* et *S. galilaeus multifasciatus* que l'on rencontre dans le seul lac naturel du Ghana : le lac Botsumtwi (Whyte, 1975).

O. niloticus est présent dans la Bia mais on ne le trouve dans aucune autre rivière du sud et de l'ouest ; les résultats d'inventaires à la pêche électrique menés en février 1987 dans des rivières du Sud (le Praa, le Birim et l'Ofin) le confirment (J.K. Ofori, données non publiées).

La formation du lac Volta en 1965 a permis aux espèces de tilapias, y compris *O. niloticus*, de proliférer, particulièrement au sud de celui-ci ; les tilapias constituaient plus de 60% des captures expérimentales d'octobre-novembre 1965. De larges populations se sont développées dans l'Afram et dans les zones en aval de Kpandu (Petr, 1969). La construction d'un second barrage, le Kpong, terminé en 1981 sur le cours inférieur de la Volta en aval d'Akosombo, permet au réservoir ainsi créé d'approvisionner une importante pêcherie de tilapias essentiellement composée de *O. niloticus* (Dankwah, 1984).

Depuis que l'on s'est rendu compte que les populations endémiques de tilapias ghanéens risquaient de se mélanger avec des souches et espèces introduites, la séparation du bassin de la Volta d'avec les cours d'eau de l'ouest et du sud s'est révélée très importante. Il est plus probable que les introductions et les transferts d'espèces et de souches exotiques, notamment *O. niloticus* soient effectués dans le sud où se trouvent la plupart des étangs ; de là, les "fuyards" n'auraient pas accès de façon naturelle au réseau fluvial de la Volta.

Les populations de *O. niloticus* élevées dans le nord du Ghana proviennent probablement de stocks du Burkina Faso, du nord-est de la Côte d'Ivoire ou d'autres cours d'eau du nord, pouvant ainsi accéder au lac Volta. A moins que ces poissons n'aient été obtenus de sources extérieures au réseau fluvial de la Volta, leur mélange avec d'autres poissons de la Volta se semble pas présenter de sérieuses conséquences. Il est toutefois possible que des populations de *O. niloticus* vivant dans le réseau fluvial de la Volta, y compris dans le lac, présentent diverses caractéristiques. Ce lac est étendu et compte de nombreux affluents prenant leur source dans trois pays différents : l'Othi au Togo, le Nazinon et le Nakambe au Burkina Faso, et le Mouhoun au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Il serait fort dommage que les souches se mélangent à cause des transferts ou des fuites.

O. niloticus du lac Volta est considéré comme un bon poisson pour les pêches intérieures et pour l'aquaculture. S'il existe une réglementation régissant l'introduction des poissons, l'application de celle-ci, inefficace, rend ces lois illusoire. Selon les éleveurs, ces introductions répondent aux besoins en alevins et contribuent à l'amélioration des performances (bien que rien ne soit venu étayer ce raisonnement). Dans un pays comme le Ghana où il n'existe pas de grandes écloséries et où très peu d'information circule sur l'importance des ressources génétiques en tilapias, la conservation des stocks naturels apparemment non contaminés devrait être favorisée par l'application des mesures suivantes :

1. Décourager l'introduction d'autres souches ou espèces exotiques de tilapias au Ghana. Ceci pourrait être réalisé en établissant des écloséries qui fourniraient aux exploitants des semences de tilapias ghanéens et en assurant à ces éleveurs une formation appropriée.

2. Soutenir la recherche et la formation de chercheurs et d'agents de vulgarisation grâce à des programmes de collaboration. Ceci permettrait aux chercheurs locaux et aux responsables de la vulgarisation de résoudre les problèmes liés à l'élevage des tilapias.

3. Mener des recherches pour améliorer les performances d'élevage des tilapias ghanéens et pour encourager leur emploi plutôt que d'introduire de nouvelles souches et espèces.

4. Répertoire de manière plus poussée les différentes souches de *O. niloticus* du lac Volta et de ses cours d'eau, et désigner des zones de conservation pour préserver les stocks importants, par exemple dans les parcs nationaux au nord du Ghana où se trouvent des bas-

sins et des rivières dépendant du réseau fluvial de la Volta. Les grands barrages au nord et au sud du Ghana pourraient également être utilisés à cet effet.

Elevage des tilapias au Ghana

Au Ghana, la pisciculture n'est pas un domaine où existe une grande tradition. Elle a démarré au début des années 50 avec l'empoissonnement des barrages dans la région septentrionale. L'origine des poissons utilisés n'a pas été établie mais on est à peu près certain qu'il s'agissait de *O. niloticus* provenant du réseau fluvial de la Volta que le ministère des Pêches obtint "de la nature", et ces barrages sont devenus de réelles exploitations piscicoles.

Dans les années 60, la pisciculture ne venait qu'en seconde place ; l'intérêt était alors placé dans la création du lac Volta et de ses pêcheries. Ce n'est que vers la fin des années 70 que l'intérêt pour l'aquaculture fut ravivé.

Cependant, entre 1982 et 1983, l'aquaculture au Ghana rencontra d'énormes difficultés ; la sécheresse détruisit de nombreuses exploitations : nombre d'entre elles avaient été très mal situées.

Quatre espèces (*O. niloticus*, *S. galilaeus*, *S. melanotheron* et *T. zillii*) ont toutes été élevées jusqu'à un certain stade. Il arrive souvent que deux ou trois espèces soient élevées ensemble, particulièrement dans les étangs de la région australe du pays. Tous les stocks d'élevage proviennent des cours d'eau ghanéens comme la Volta près d'Akosombo ou ont fait l'objet d'échanges entre les éleveurs. Aucune souche ou espèce exotique n'a été importée. Le rendement est très variable : entre 2 et 5 t/ha/an. L'approvisionnement en alimentation artificielle pose un très gros problème, l'alimentation de qualité supérieure étant habituellement donnée de préférence au bétail. En conséquence, un programme de recherche a été mis en oeuvre et vise à mettre au point une alimentation efficace à bon marché pour les poissons.

T. busamana est élevé à Kumasi et dans ses environs ; sa croissance est encore à l'étude.

La nouvelle station de l'Institut de biologie aquatique (IBA) à Akosombo (en construction) procurera les installations pour procéder à une évaluation plus comparative de l'élevage des tilapias ghanéens dans différentes conditions. Un membre de l'IBA, E.K. Abban effectue actuellement des recherches sur la génétique des populations de poissons du lac Volta, y compris les tilapias, en coopération avec le Department of Genetics, University College of South Wales, Swansea (UK).

Discussion

R.S.V. Pullin a demandé s'il n'existait, à l'ouest de la Volta, vraiment aucun *O. niloticus* autochtone vivant dans les cours d'eau du Ghana et de Côte d'Ivoire, coulant au sud.

On a répondu que c'était en effet le cas.

R.S.V. Pullin a également demandé si les tilapias de Côte d'Ivoire pouvaient accéder, en passant par les eaux saumâtres, au cours inférieur du Tano jusqu'à la portion ghanéenne du cours d'eau.

J.K. Ofori a signalé que les prises de poissons dans le Tano ne contenaient à ce jour aucun *O. niloticus*.

I. Payne a précisé que les températures au nord du Ghana et de la Côte d'Ivoire pouvaient atteindre des niveaux très bas, particulièrement lorsque le harmattan soufflait. Ces régions pourraient être une source de souches résistantes au froid. *O. niloticus*, introduit à partir du Burkina Faso dans les étangs de Tono au nord du Ghana, présentait des gonades matures et on a observé une production d'alevins pendant une longue période à des températures de 16 à 19°C.

D. Thys van den Audenaerde s'est rappelé avoir pêché dans le lac Volta près d'Ampem environ trois ans après la formation du lac dans un secteur où les arbres de la forêt n'avaient

pas été abattus avant de l'inonder. Une énorme quantité de matières organiques en décomposition jonchaient le sol à 15 m de profondeur. Les pêcheurs rapportèrent de bonnes prises de gros tilapias qui survécurent plus de 24 heures dans une eau quasiment dépourvue d'oxygène. Il a ajouté, à propos de la présence de *O. niloticus* dans la Bia, qu'il avait été introduit dans le barrage d'Ayamé en Côte d'Ivoire par le CTFT plus de 25 ans auparavant et qu'il s'était certainement dispersé en amont. L'espèce *O. niloticus* de la Bia n'est donc autre que la souche introduite à partir de Bouaké, provenant à l'origine du Burkina Faso.

J.K. Ofori en a convenu et a attiré l'attention sur les fermes exploitant *O. niloticus* près de la Bia en Côte d'Ivoire et sur les possibilités de fuites. Les poissons de cette région proviennent également de Bouaké.

C. Nugent a confirmé que le barrage d'Ayamé sur la portion ivoirienne de la Bia avait été peuplé de *O. niloticus* longtemps auparavant. Certes, les poissons de l'espèce *O. niloticus* destinés à l'aquaculture et pour le repeuplement en Côte d'Ivoire ont tous été introduits. Il a également confirmé la présence de nombreux étangs le long de la Bia, certains près de la frontière ghanéenne et d'autres au-delà de la celle-ci. Il existe aussi des étangs dans le nord de la Côte d'Ivoire près de la frontière ghanéenne. Ils ont été développés au cours des dernières années et les éleveurs utilisent la "souche Côte d'Ivoire" "domestiquée" de *O. niloticus* provenant de Bouaké. (voir p.23 à 29 l'histoire de cette souche -note de l'Editeur). La même souche est utilisée dans des exploitations à l'extrême nord-est de la Côte d'Ivoire, tant dans des étangs que dans des cages, dans un secteur qui fait partie du bassin versant du Niger. Les *O. niloticus* vivant dans les quelques cours d'eau de la Bagoue coulant au nord en direction du Mali et dans les quelques cours d'eau dépendant du réseau fluvial de la Volta (Daget et Iltis, 1965) sont originaires de Côte d'Ivoire.

E. Trewavas a apporté les informations supplémentaires suivantes : *S. galilaeus multifasciatus* est une sous-espèce que l'on trouve dans le lac Bosumtwi, dans le Tano et dans les cours d'eau du sud de la Côte d'Ivoire (Daget et Iltis, 1965 ; Trewavas, 1983). *T. busamana* n'est pas une espèce naturelle de ces cours d'eau. La population de *O. niloticus* dans la Volta devrait être minutieusement examinée afin d'assurer que *O. aureus* ne s'y trouve pas.

.Madagascar

J. Moreau

Les espèces de tilapias vivant actuellement à Madagascar (*Tilapia*, *Oreochromis* et *Sarotherodon*) ne sont pas originaires de ce pays. Elles ont été introduites essentiellement dans les années 50 vers la fin de la période coloniale. *T. rendalli* fut tout d'abord introduit en 1951 à partir du centre piscicole de Djoumouna à Brazzaville (dans l'ancien Congo français). On visait alors l'amélioration de la pisciculture car la production de tilapias semblait prometteuse. L'intention était également de combler des niches écologiques apparemment inutilisées dans les lacs (surtout en altitude) pour compenser le manque de diversité de la faune aquatique autochtone.

Des informations sur l'introduction de tilapias furent obtenues d'un certain nombre de sources, y compris de fonctionnaires français des Eaux et Forêts qui travaillaient à Madagascar au cours de cette période (Moreau, 1986). Les poissons étaient habituellement expédiés par avion et on les acclimatait au centre piscicole de Sisaony près de Antananarivo (Fig. 19). En général, deux à trois cents survivaient jusqu'à l'aéroport. Les fonctionnaires des Eaux et Forêts les conservaient souvent toute une nuit dans leur salle de bains et environ 50% des poissons ayant survécu constituaient les populations de base. Des progénitures provenant des stocks du centre étaient distribuées à d'autres centres piscicoles gouvernementaux, principalement : Ambatofotsy près de Ambatolampy ; Périnet-Analamazotra près de Moramanga ; Ampamaherana près de Fianarantsoa ; Ivoloïna près de Toamasina (ancienne Tamatave) et Ivakoïna près de Manakara.

Des tilapias ont aussi été introduits dans des eaux naturelles. [Par exemple, le lac Itasy fut peuplé de *T. rendalli* en 1955 ; de *O. macrochir* en 1958 et de *O. mossambicus*, *O. niloti-*

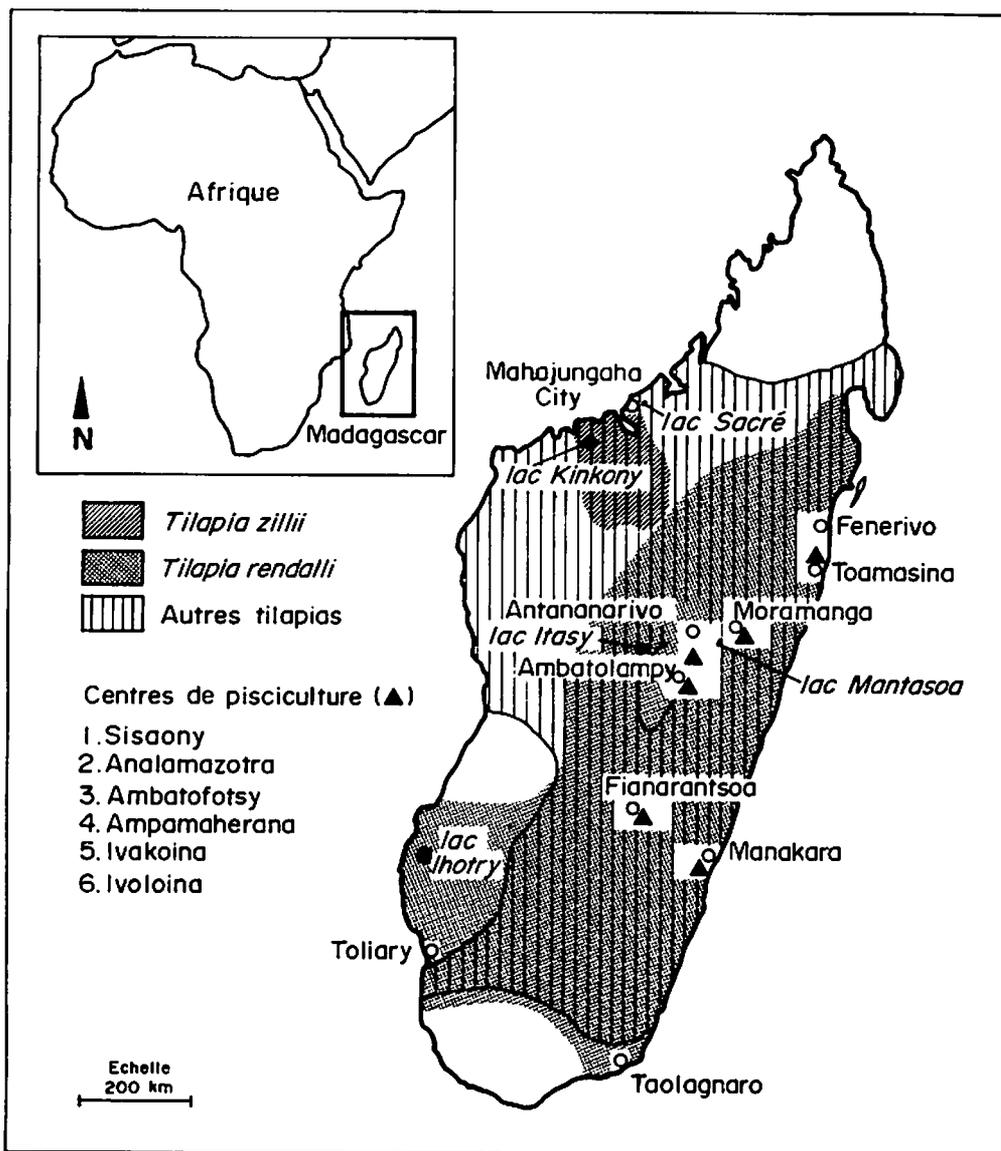


Fig. 19. Distribution des tilapias à Madagascar.

cus et *T. zillii* en 1961-1962 (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)]. Certains poissons furent introduits par inadvertance lorsque des cyclones inondèrent les centres piscicoles. Les mesures de conservation et le contrôle de la qualité de chaque souche étaient très strictes dans les centres de pisciculture au cours de la période coloniale. Après l'indépendance, ces normes furent maintenues dans deux stations recevant le soutien du Centre technique forestier tropical (CTFT) : Analamazotra et Ampamaherana. Dans ces stations, même après un cy-

clone, chaque souche était examinée et placée dans des étangs séparés. Tous les poissons d'identité douteuse étaient donnés aux ouvriers locaux pour leur consommation. Cette procédure fut adoptée par A. Kiener, Y. Thérézien, M.M.J. Vincke et P. Morissens qui quitta Madagascar en 1976. On ignore à l'heure actuelle ce qu'il advint des souches de tilapias dans ces deux centres piscicoles. L'intérêt principal des pouvoirs publics est actuellement placé sur la production des carpes en altitude.

O. macrochir qui est une souche introduite est en fait la même que la "souche Mweru" ainsi nommée par D. Thys van den Audenaerde (p.5). Elle a été introduite en 1955 à partir du centre de Djoumouna [les stocks originels du centre de Djoumouna provenaient du Centre de reproduction du parc Heenen, à Lumbumbashi (Zaïre) et provenaient donc du lac Moëro (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)]. C'est une espèce importante pour les pêches en eaux libres en toutes altitudes. On doute toutefois que *O. macrochir* puisse encore se trouver à Madagascar sous sa forme pure. Par exemple, des hybridations introgressives ont eu lieu entre *O. macrochir* et *O. niloticus*, espèce introduite (Vincke, 1971 ; Daget et Moreau, 1981 ; Matthes, 1985) et probablement avec d'autres espèces comme *O. mossambicus*. Ceci n'est pas surprenant car plusieurs espèces ont souvent été introduites dans le même plan d'eau et de nouvelles introductions se sont produites par mégarde lors d'inondations. *O. niloticus* est devenu dominant dans la plupart des cas.

D'après les archives de l'administration française, *O. niloticus* fut introduit à partir du Nil (Egypte) en 1956 [et à partir de l'Ile Maurice, la même année (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)]. Plusieurs bassins hydrologiques contiennent actuellement des hybrides *Oreochromis*. Des transferts de *O. niloticus* ont été réalisés par M.M.J. Vincke dans le lac Mantasoa à partir du centre piscicole d'Analamosatra en 1970, 1971 et 1972. Il se peut que *O. niloticus* soit resté une espèce pure dans le lac ; il semble assez bien résister au froid. Il est possible que l'espèce pure *O. niloticus* existe toujours dans certaines eaux naturelles en raison de barrières écologiques naturelles et de l'arrêt des introductions ou des transferts de tilapias à partir du milieu de l'année 1972. Les derniers transferts de *O. niloticus* dans le lac Mantasoa ont été effectués en 1972 et d'autres transferts de *O. niloticus* ont été réalisés dans le lac artificiel Tsiacompaniry en 1971-1972 à partir du centre piscicole Périnet-Analamozotra (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

A Madagascar, *T. rendalli* fait preuve d'une grande tolérance au froid (il survit à des températures inférieures à 8-10°C) et c'est le seul tilapia qui se reproduit dans des eaux naturelles au-delà de 1600 m d'altitude (Kiener, 1963). On peut encore le rencontrer comme espèce pure dans les lacs de haute altitude à Madagascar. [Il semble que la population du lac artificiel Tsiacompaniry soit toujours une espèce pure (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)]. Cette espèce montre également une tolérance au sel exceptionnelle (salinité presque maximale de l'eau de mer) dans le lac Ihotry près de Toliary dans le sud-ouest de Madagascar. [Voir les commentaires de D. Thys van den Audenaerde sur la tolérance des tilapias aux milieux très différents de leur milieu naturel, p.11 ; *T. rendalli* est une espèce d'eau douce - note de l'Editeur]. Ce tilapia est le plus répandu à Madagascar et on peut encore le trouver dans ce lac comme espèce pure.

T. zillii fut introduit en 1955 à partir de Nairobi et fut largement distribué à partir d'une population de base de 200 poissons ayant survécu dans la première station piscicole qui les reçut. Il abonde actuellement dans le bassin du lac Kinkony où on a également relevé la présence de *T. rendalli* (Thérézien *et al.*, 1967).

O. mossambicus fut introduit en 1956 à partir de l'Ile Maurice et du Mozambique dans le cadre des projets de rizi-pisciculture. Il abondait auparavant presque partout et principalement à basse altitude et dans les eaux saumâtres mais nous ne pouvons pas nous prononcer sur sa situation actuelle en raison des possibilités d'hybridations avec d'autres espèces d'*Oreochromis*. En 1972, on releva l'existence d'une petite population de *O. mossambicus* dans un petit plan d'eau isolé, appelé le "Lac sacré", près de l'aéroport de Mahajungaha. Environ 200 poissons de tailles disparates ont été repérés dans ce lac, coexistant avec l'espèce

introduite *Heterotis niloticus*. Cette souche n'a probablement pas été contaminée du fait de son isolement et de l'état des routes qui rend l'accès du lac difficile.

Six *O. shiranus* juvéniles ont été introduits au centre piscicole Périnet-Analamozotra à partir du Malawi en 1969. Ils se sont reproduits à trois reprises jusqu'en mars 1970 puis ont cessé. [Le stock du centre fut détruit en 1972 car on considérait que sa croissance était trop lente (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

O. spilurus niger (*T. nigra*) fut introduit à partir du Kenya en 1955 (Kiener, 1963). [On peut encore trouver cette espèce dans certaines rizières aux environs de Antsirabé (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

On ne peut obtenir de données récentes sur les pêches de tilapias en eaux libres à Madagascar mais on sait qu'en 1977-1980, elles donnaient environ 20.000 t/an, soit 60 à 80% des prises. Il est difficile de fournir des chiffres fiables sur la production de tilapias d'élevage.

Discussion

A. Coche a signalé que l'espèce la plus importante pour l'aquaculture à Madagascar était actuellement la carpe ordinaire, *Cyprinus carpio*, utilisée de manière extensive sur les Hauts Plateaux. L'intérêt porté à l'élevage des tilapias n'est pas considérable mais la FAO envisage d'utiliser ces poissons (probablement *O. niloticus*) dans le cadre d'un de ses projets d'aquaculture en basse altitude. Au cours des quelques dernières années, plusieurs cyclones dévastateurs se sont abattus sur Madagascar et quelques centres piscicoles ont été détruits. La station de Ivakoïna que J. Moreau a citée a été complètement inondée, aussi les tilapias que cette station détenait se sont-ils échappés dans la nature. [Ils se sont dispersés dans le canal des Pangalanes et dans les lagunes côtières au sud de Toamasina (Tamatave) (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

R.S.V. Pullin a invité J. Moreau à s'étendre davantage sur les "tilapias trois quarts", un des exemples les mieux étayés d'hybridation de tilapias dans des eaux naturelles.

J. Moreau a expliqué que ce poisson avait été ainsi surnommé par les pêcheurs du lac Itasy. En 1966, le lac ne donna que des poissons de l'espèce *O. macrochir*. Des "tilapias trois quarts" commencèrent alors à apparaître dans les prises ainsi que de très beaux *O. niloticus* à croissance rapide. Cette situation fit l'objet d'une recherche et l'on vit ici un cas typique d'hybridation introgressive.

[Le "tilapia trois quarts" fut tout d'abord découvert par M.M.J. Vincke en juillet 1968 lors d'une pêche expérimentale sur le lac Itasy (Vincke, 1971). Il est à noter que cet hybride ne fut découvert que plusieurs années après les introductions dans le lac Itasy (voir p.33-34). Le processus d'hybridation dura donc longtemps -note de l'Editeur].

J. Moreau a signalé que lors de sa dernière visite à Madagascar en 1976 les poissons ressemblant à l'espèce pure *O. niloticus* étaient rares dans le lac Itasy. Les événements qui ont eu lieu et la baisse subséquente enregistrée sur une période de 10 ans de la production de poissons dans ce lac (de 320 à 80 kg/ha) ont été exposés par Daget et Moreau (1981).

Tableau 3. Lac Itasy, Madagascar: composition des captures (exprimée en %) pour *Oreochromis niloticus* et "tilapia trois quarts", d'après des informations publiées entre 1964 et 1985 (compilées par M.M.J. Vincke).

Espèces	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia "trois quarts"
% en 1985	57%	38%
Matthes (1985)		
en 1976	40	56,2
Moreau (1979a)		
en 1970	5,55	91,69
Vincke (1971)		
en 1963-64	0,06	0
Thérézien (1964)		

Le tableau précédent fut envoyé ultérieurement par M.M.J. Vincke pour illustrer les prises relatives de *O. niloticus* et de "tilapias trois quarts".

Malawi

O.V. Msiska

Présence de tilapias au Malawi

Il existe au Malawi de nombreuses espèces de Cichlidés, y compris des tilapias. *Oreochromis niloticus* n'y a pas été introduit. L'introduction de poissons exotiques est interdite car cela pourrait mettre en péril les espèces autochtones ainsi que l'écologie et la pêche sur le lac Malawi.

Les tilapias les plus importants qui sont pêchés dans ce lac sont les espèces à "floche" : *O. squamipinnis*, *O. saku*, *O. lidole* et *O. karongae* (Fig. 20). Ces espèces constituent une pêche importante sur le lac Malawi. La production actuelle de tilapias y est d'environ 20.000 t/an sur une production totale de 60 à 70.000 t/an. On trouve ces tilapias uniquement dans le lac Malawi. Ils ne parviennent à maturité et ne se reproduisent en général qu'après avoir atteint une grande taille (240 à 285 mm de longueur). La taille de maturité est plus grande que celle de *O. niloticus* par exemple et ces espèces pourraient faire de bons candidats pour l'aquaculture. Ils ne se reproduisent pas à des profondeurs inférieures à 5 m mais ils pourraient être particulièrement utiles dans les zones profondes des exploitations de barrages.

Le Malawi possède également les espèces suivantes : *O. shiranus chilwae* ; *O. placidus* ; *O. mossambicus* et *Tilapia rendalli*. *O. shiranus chilwae* ne se trouve que dans le lac Chilwa qui est connu pour s'assécher environ tous les six ans. Quand le lac est de nouveau rempli, il est recolonisé par des populations qui sont restées dans les affluents. On trouve *O. shiranus shiranus* et *T. rendalli* dans les régions éloignées, les marais et cours d'eau qui se jettent dans le lac. *O. mossambicus* et *O. placidus* se rencontrent essentiellement dans le sud du pays, dans le bassin versant du Zambèze.

Performance en élevage

La croissance de *O. shiranus chilwae* en étangs semble être meilleure que celle des autres espèces disponibles. On poursuit toutefois les essais comparatifs avec *O. sh. shiranus* et *O. mossambicus*. [Vincke (1981) décrit *O. sh. shiranus* et *O. sh. chilwae* comme étant des espèces qui se développent lentement dans les étangs : au mieux 0,25 g/jour en ayant recours à l'alimentation artificielle et aux fertilisants -note de l'Editeur]. Au Malawi, la coutume est de charger les étangs en associant *T. rendalli* à un ou plusieurs *Oreochromis* spp., ce qui correspond en fait à de la polyculture.

Dans les régions les plus chaudes du Malawi (de 100 à 200 m d'altitude) *O. mossambicus* peut obtenir de meilleurs résultats que *T. rendalli* quand on utilise des fertilisants inorganiques (phosphates essentiellement) et du son de riz. Cependant, la croissance de *T. rendalli* est meilleure que celle de *O. mossambicus* dans les étangs exploités par la Sucrierie du Malawi où des intrants (bagasse, mélasse), du son de riz, de l'urée, des superphosphates et de la chaux sont déversés (Allsop, 1986 ; N. Commins, comm. pers.). Il est par conséquent important que les aliments et les intrants utilisés correspondent aux préférences alimentaires des espèces. La production actuelle dans les étangs de tilapias au sud du Malawi est de l'ordre de 0,5 à 4,6 t/ha/an (Cross, 1985 ; Msiska et Nongwa, 1985)°.

T. rendalli donne de meilleurs résultats en altitude (aux alentours de 1000 m ; 22°C) que *Oreochromis* spp. que l'on utilise dans le pays. La recherche doit être intensifiée sur les qualités relatives que montrent diverses espèces élevées dans des conditions différentes dans les régions plus élevées et plus froides qui constituent la majeure partie du pays. Ce sont les

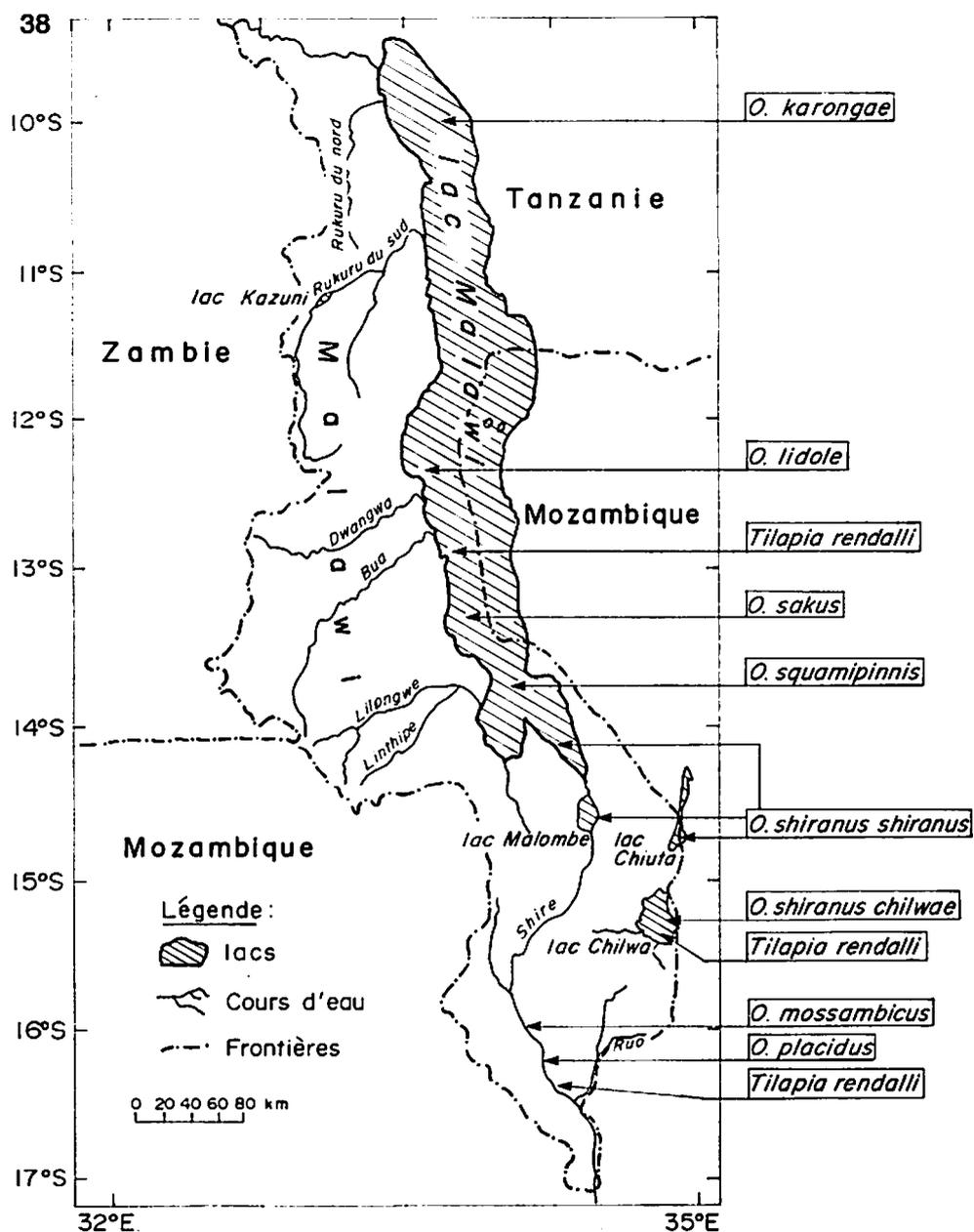


Fig. 20. Plans d'eau et cours d'eau principaux du Malawi et distribution des tilapias.

régions les plus éloignées des pêcheries du lac Malawi et les besoins en poissons sont par conséquent plus importants, d'où la nécessité de développer l'aquaculture.

On peut en déduire que la tolérance au froid est une caractéristique importante pour l'élevage des tilapias dans la majeure partie du Malawi, de même que dans une grande partie de l'Afrique. Bien que *O. mossambicus* soit connu comme une espèce cryorésistante, les stocks disponibles au Malawi n'ont pas donné de bons résultats dans les régions les plus froides et les plus élevées.

O. placidus donne probablement de meilleurs résultats en étangs que *O. mossambicus* ; il s'y reproduit facilement. Sa tête étant plus petite que celle de *O. mossambicus*, le pourcentage de chair utilisable est plus élevé.

On espère que la polyculture d'espèces appropriées réduira le problème que pose l'apport d'intrants dans les étangs vu que les éleveurs ont des ressources très limitées.

Discussion

R. Guerrero a demandé si les quatre espèces lacustres qui ne se reproduisaient pas en-deça de 5 m de profondeur dans le lac Malawi se reproduisaient en étangs.

O.V. Msiska a répondu que des essais portant sur ce que l'on pense être *O. squamipinnis** avaient été réalisés dans deux barrages (5 à 7 m de profondeur) et que ces poissons s'y étaient reproduits. Cette espèce avait été introduite dans des étangs mais l'expérience ne fut pas concluante : la reproduction en étangs est insignifiante, voire inexistante.

R.H. Lowe-McConnell a demandé si, dans les barrages, les poissons se reproduisaient à des périodes différentes et a fait remarquer que c'était le cas pour les quatre espèces du lac Malawi.

O.V. Msiska a répondu que *O. squamipinnis*, observé pendant deux ans dans un des barrages, avait un période de reproduction limitée dans le temps.

R.S.V. Pullin a demandé si les espèces parvenaient à maturité dans les étangs mais ne pondaient pas.

O.V. Msiska a répondu que c'était en effet le cas ; les poissons qui ont été disséqués présentaient des gonades matures mais ne pondaient généralement pas en étangs.

R.H. Lowe-McConnell et D. Thys van den Audenaerde ont confirmé que *T. rendalli* était autochtone au Malawi et non une espèce introduite. Sa distribution naturelle est cependant limitée aux lagunes éloignées et aux eaux proches du lac Malawi.

A. Coche a soulevé la question de la conservation des écosystèmes du lac Malawi signalant que ses rives s'étendaient au-delà du Malawi. Il a indiqué que *O. niloticus* avait été introduit par des éleveurs de Tanzanie, non loin du lac Malawi, aidés par des missionnaires américains.

L'origine de ces poissons n'était connue d'aucun participant de l'atelier. On craint que des "fuyards" ne rejoignent le lac Malawi.

Zimbabwe

B. Marshall

Distribution naturelle des tilapias au Zimbabwe

Le Zimbabwe n'est pas doté de grands lacs naturels, de plaines d'inondation ou de cours d'eau permanents (exception faite du Zambèze). Avant la colonisation européenne, la plupart des cours d'eau de ce pays contenaient probablement quelques rares tilapias. Même de nos jours, la faune aquatique des rivières non barrées est dominée par les Cyprinidés et autres familles. Cependant, plusieurs milliers de barrages ont été construits depuis que l'idée en fut évoquée en 1902 et ces retenues constituent maintenant un habitat important pour les tilapias. A l'origine, un grand nombre d'entre elles avaient été empoisonnées pour la pêche.

Tilapia rendalli et *T. sparrmanii* sont autochtones au Zimbabwe. La distribution naturelle originelle de *T. rendalli* est inconnue mais cette espèce est à présent largement répandue. *T. rendalli* a été distribué pour réduire la végétation dans les barrages empoisonnés

* Les espèces du lac se ressemblent considérablement au stade juvénile et il est difficile de les discerner par un examen superficiel si ce n'est que par la robe nuptiale.

pour la pêche. *T. sparrmanii* préfère les eaux dont la végétation aquatique est abondante et la vaste distribution de *T. rendalli* a réduit les populations de *T. sparrmanii* et a aussi eu des effets néfastes sur d'autres espèces (Junor, 1969).

Il existe cinq *Oreochromis* spp. (Fig. 21). Le pays est bordé par le Zambèze au nord et par le Limpopo au sud. Ces fleuves se jettent à l'est dans l'océan Indien. Il existe un autre réseau fluvial important, la Save, qui quitte le pays à l'extrême sud-est et se déverse également dans l'océan Indien en passant par le Mozambique. Un autre réseau se jette à l'ouest dans l'étang salé de Makgadikgadi au Botswana. Il n'y a pas de poissons dans le désert du Kalahari, au nord-ouest où il existe des bassins saisonniers mais pas de rivières.

Un bassin hydrographique central s'étend d'est en ouest. Les cours d'eau coulant vers le nord se jettent dans le Zambèze et ceux coulant au sud se déversent dans le Limpopo ou dans la Save. Les chutes Victoria séparent le cours supérieur du Zambèze de son cours moyen. On trouve *O. macrochir* et *O. andersonii* à l'ouest de ces chutes. Le cours moyen du Zambèze (des chutes Victoria aux gorges de Cabora Bassa) est manifestement un fleuve au courant rapide alors que son cours supérieur est un fleuve de plaine d'inondation aux berges marécageuses. On trouve *O. mortimeri* dans le cours moyen du Zambèze. On rencontre une situation similaire dans la Kafue, affluent principal en Zambie : *O. macrochir* et *O. andersonii* se trouvent en amont des chutes de la Kafue et *O. mortimeri*, dans les gorges en aval. On pense que tous les cours d'eau se jetant dans le Zambèze, c'est-à-dire, ceux qui coulent au nord du bassin hydrographique central contiennent *O. mortimeri*. On rencontre *O. mossambicus* au sud de ce même bassin hydrographique et *O. placidus* se trouve jusque dans le réseau de la Save où il atteint les chutes des deux cours d'eau principaux formant ce réseau (Bell-Cross, 1972, 1976 ; Minshull, 1987).

Introductions

De nombreuses introductions de tilapias au Zimbabwe n'ont jamais été répertoriées. Par exemple, on sait que *O. andersonii* fut introduit en 1950 mais personne ne possède davantage d'informations sur cette introduction. Il se peut que cette espèce se soit mélangée avec beaucoup d'autres populations de *O. mortimeri* et *O. mossambicus*. Les descendants de ces introductions ont depuis disparu (Jubb, 1974 ; Toots, 1969).

Le lac Kariba fut rempli en 1963. On pensait alors qu'il ne pourrait contenir que quelques tilapias car très peu de ces poissons avaient été pris lors des relevés hydrographiques réalisés avant l'endiguement du cours d'eau. Cependant, une fois que le lac fut rempli, *O. mortimeri* s'y est développé, se reproduisant abondamment et atteignant de grandes tailles. Là encore, en raison des prises insignifiantes de tilapias lors des inventaires effectués avant l'endiguement, des poissons (le "cocktail Chilanga") furent introduits à partir de la station piscicole de Chilanga en Zambie. On avait choisi *O. macrochir* car cette espèce étant lacustre (lac Moëro), on avait pensé qu'elle se développerait bien dans le lac Kariba. Or, on ignore pourquoi elle ne fut pas expédiée directement du lac Moëro. L'introduction contenait, outre *O. macrochir*, *O. andersonii* et beaucoup d'autres Cichlidés (Haplochrominés, *Serranochromis* spp., etc.). *O. andersonii*, provenant de la Kafue, avait également été utilisé dans les barrages dont les eaux se jettent dans le lac Kariba au nord.

Le lac contient désormais une multitude d'espèces introduites. *O. macrochir* se trouve rarement dans les prises provenant du lac. Dans les prises des pêcheurs, on trouve parfois de gros poissons qui ne sont ni de l'espèce *O. mortimeri* ni de l'espèce *O. macrochir* mais probablement des hybrides. Malheureusement, les bons spécimens font défaut.

D'autres introductions de *O. macrochir* provenant de la Kafue ont été réalisées principalement dans le nord-est du Zimbabwe pour repeupler les barrages et réservoirs. *O. macrochir* a évincé *O. mortimeri* et *O. mossambicus* dans les endroits où ils se trouvaient originellement, sauf là où la végétation est abondante. Dans les montagnes à l'est, *O. macrochir* a été introduit par inadvertance dans un barrage réservé à la pêche à la truite. *O. macrochir* y sur-

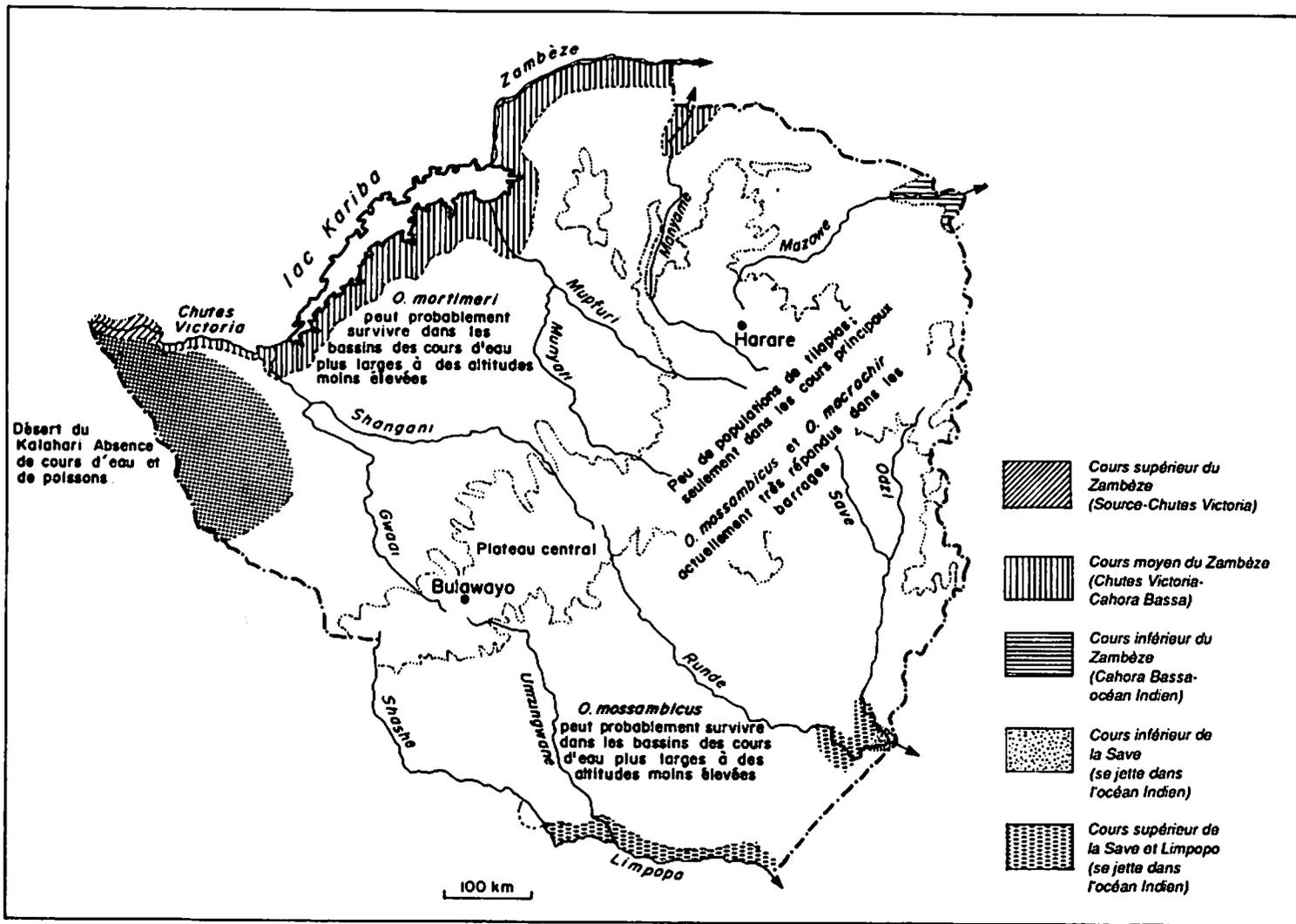


Fig. 21. Distribution naturelle probable de *Oreochromis* spp. au Zimbabwe.

vit, bien que nombre d'entre eux meurent en hiver et il mord parfois à l'appât des truites, ce qui déplaît fortement aux pêcheurs de truites !

Le tableau au Zimbabwe est celui d'introductions, de transferts et de mélanges considérables, incontrôlés et non répertoriés. Il existe un barrage sur le lac Kyle (réseau de la Save) qui, à l'origine, renfermait une population autochtone de *O. mossambicus*, mais *O. macrochir* et *O. placidus* y ont été introduits et des hybridations peuvent avoir eu lieu, ce qui pourrait mettre en danger la pureté des populations qui se trouvent en aval du réseau de la Save, notamment les populations de *O. placidus*. Pour terminer, des aquaculteurs du secteur commercial envisagent actuellement d'introduire *O. niloticus* et *O. aureus*.

Situation actuelle de l'aquaculture

Actuellement, l'élevage des tilapias est encore très peu développé au Zimbabwe. Ceci est peut-être dû au manque d'eau dans la majeure partie du pays et, depuis peu, à l'abondance de viande rouge à bon marché. Les espèces locales sont utilisées pour l'élevage que l'on pratique un peu "au petit bonheur" et les résultats ont été jusqu'à présent décourageants, d'où la volonté récemment d'introduire *O. niloticus* et *O. aureus*. On n'a peut-être pas non plus laissé aux espèces locales la possibilité de faire leurs preuves dans le cadre d'une aquaculture bien gérée ; ces espèces devraient faire l'objet d'une nouvelle évaluation.

Discussion

R.S.V. Pullin a demandé des éclaircissements sur les introductions de *O. niloticus* et *O. aureus*, à savoir si ces introductions avaient déjà eu lieu et, le cas échéant, d'où les poissons provenaient-ils ?

B. Marshall a répondu que des introductions avaient été réalisées en petites quantités par des éleveurs à titre individuel. On pense que ces poissons proviennent d'Israël mais ils ne sont pas encore utilisés dans le cadre de la production. Par ailleurs, ces introductions ne transgressent aucune loi du Zimbabwe.

G. Hulata a demandé de quelle éclosérie en Israël ces poissons avaient-ils été obtenus ? [J. Balarin fournit, plus tard, les informations suivantes (Tableau 4) ; note de l'Editeur].

Tableau 4. Introductions de *Oreochromis aureus* et *O. niloticus* au Zimbabwe par des pisciculteurs commerciaux (1983-1987).

Sites des fermes importatrices	Espèces	Source	Année	Remarques
Lac Darwendale	<i>O. niloticus</i> + <i>O. aureus</i>	Ein Hamifratz Israël	1983-84	La ferme vend actuellement des hybrides
Lac Kariba	<i>O. niloticus</i>	Nakambala Estates farm, Zambia	1985	Les alevins ont été distribués au Zimbabwe
Lac McIlwaine	<i>O. niloticus</i> + <i>O. aureus</i>	Baobab Farm Kenya	1986	1.000 <i>O. niloticus</i> et "quelques" <i>O. aureus</i> ont été importés
'Arcturus'	<i>O. niloticus</i>	Stirling University R.U.	1987	-
Chegutu	<i>O. niloticus</i>	Baobab Farm Kenya	1987	3.000 importés 500 sélectionnés pour l'hybridation

Complément de discussion sur les ressources génétiques en tilapias d'Afrique

R.S.V. Pullin a lu les commentaires suivants, envoyés par E. Trewavas, British Museum (musée d'Histoire Naturelle).

Oreochromis schwebischi se trouve en abondance dans les lagunes du cours inférieur de l'Ogoué au Gabon où il contribue à une bonne pêche. On dispose d'informations sur cette espèce sous son synonyme *T. flavomarginata* chez Thys van den Audenaerde (1964) et Loubens (1965) ainsi que chez Trewavas (1983). On trouve *T. cabrae* (synonyme : *T. haugi*), pondeur sur substrat, dans les mêmes lagunes, dans l'estuaire du Congo, et dans le cours inférieur du Bengo et du Quanza en Angola (Loubens, 1965). *T. cabrae* est un poisson de grande hauteur ressemblant à *T. rendalli*. Il se nourrit surtout d'algues filamenteuses. Selon Dr Machado, anciennement du musée de Dundo en Angola, on préfère *T. cabrae* comme poisson de consommation à *O. angolensis*, l'incubateur buccal local. *O. schwebischi* et *T. cabrae* sont peut-être des espèces potentielles pour l'élevage.

D. Thys van den Audenaerde a rapporté que l'on trouvait *O. schwebischi* dans le cours supérieur de l'Ogoué près de Franceville et dans tous ses affluents, juste au nord du fleuve Zaïre. C'est une espèce microphage qui se nourrit certainement de nombreux types d'aliments. Les très vieux spécimens développent des dents monocuspides ressemblant à celles de *O. mossambicus*. Des essais d'élevage avec cette espèce ont été réalisés près de Libreville en 1966. Les responsables de ces essais ont signalé que cette espèce donnait des résultats inférieurs à ceux obtenus avec *O. macrochir*. On doute cependant que ces essais aient été concluants ; toujours est-il que l'élevage de *O. schwebischi* a été abandonné.

D. Thys van den Audenaerde a précisé que le dos de *T. cabrae* était très haut et que le pourcentage de chair utilisable devrait être bon pour une espèce d'élevage. Cependant, cette espèce appartient au même groupe que *T. brevipanus* et *T. mariae*. Ce groupe donne de bons résultats comme poissons d'aquarium mais leurs branchiospines et leurs dents ne sont pas comme celles des espèces plus omnivores qui donnent de bons résultats en aquaculture. Ce groupe (non celui de *T. brevipanus*) se nourrit de vers et d'insectes. On n'a jamais essayé d'utiliser *T. cabrae* en pisciculture. On le trouve dans le cours inférieur du Gabon, de la côte jusqu'aux chutes à Lambaréné (mais pas en amont) et dans des cours d'eau côtiers similaires vers l'Angola. Cette espèce évite les courants rapides. *T. mariae* est une espèce similaire que l'on trouve dans la partie australe du Nigéria. Là encore, cette espèce n'a pas été testée en étangs. On doute que ce "carnivore" puisse être utile en pisciculture-tout au moins pour la pisciculture exigeant la fertilisation de l'eau pour produire du plancton et d'autres aliments naturels utilisés par les tilapias microphages.

R.S.V. Pullin a demandé s'il existait d'autres espèces possédant une bonne combinaison branchiospines/dents pharyngiennes qui confère à *O. niloticus* et *O. aureus* ce caractère opportuniste au niveau de leur alimentation.

D. Thys van den Audenaerde a répondu que d'après son expérience (40 ans dans ce domaine), les incubateurs buccaux femelles microphages (*O. aureus*, *O. niloticus* et peut-être *O. mossambicus*, *O. macrochir* et autres) semblaient être les espèces les plus indiquées pour l'élevage en étangs. De bonnes raisons pour élever d'autres espèces dans certaines conditions locales peuvent être évoquées mais ce groupe de tilapias semble vraiment être le plus adapté pour ce type d'élevage. Procéder à la sélection de nombreux autres tilapias pour tester leur potentiel pour l'élevage exigerait d'y consacrer beaucoup de temps et serait probablement inutile.

Les commentaires envoyés par E. Trewavas faisaient également mention des lacs Kainji, Nasser et Turkana ainsi que des lacs d'eau douce sur le cours inférieur du Sénégal comme pouvant être des sites où récolter des souches pures de *O. niloticus* et *S. galilaeus*, mais ils mettaient en garde contre les possibilités de "nouveaux développements" pouvant affecter ces populations.

I. Payne a reconnu l'importance de *O. niloticus* pour l'aquaculture mais a recommandé que d'autres espèces soient également considérées dans le cadre des programmes de sélection afin d'assurer l'élevage des tilapias à long terme. Par exemple, *O. aureus* est une population relativement isolée dans le delta du Nil. Cette espèce s'est déjà avérée utile en aquaculture. Cependant, les populations de *O. aureus* d'Afrique occidentale n'ont jamais fait l'objet de recherches pour évaluer leur potentiel en aquaculture. *O. wrolepis hornorum* qui provient du réseau fluvial du Wami en Tanzanie est également utilisé en aquaculture. Plus au sud, l'énorme réseau du Rufigi ne contient pas *O. wrolepis hornorum* ; on y trouve seulement *O. wrolepis wrolepis*. En tant que sous-espèce proche de *O.u. hornorum*, *O. wrolepis wrolepis* peut présenter les quelques propriétés génétiques utiles à la production d'une progéniture à 100% mâles dans certains croisements hybrides. Sa population doit être plus large que celle de *O.u. hornorum*. On ignore la valeur que ces ressources représentent pour les futurs programmes de sélection.

Il existe en Sierra Leone une série de petits cours d'eau que Daget a nommée "l'Atlantique guinéen". On trouve six espèces de tilapias le long d'un bras assez court de l'une de ces rivières d'eau douce, la Taia : *T. joka*, *T. louka*, *T. brevimanus*, *T. bittukoferi*, *Sarotherodon occidentalis* et *S. caudomarginatus*. On trouve deux autres espèces dans l'estuaire : *T. guineensis* et *S. melanotheron*. La présence d'autant d'espèces sur une si petite superficie est un fait important non seulement pour leur utilisation possible en aquaculture mais aussi pour les futures études évolutives sur les tilapias. Cette région d'Afrique occidentale a peut-être été le berceau de l'évolution des tilapias. Qu'il en ait été ainsi ou non, de telles ressources ne devraient pas être détruites par des introductions et transferts peu judicieux.

I. Payne a également précisé que le soin et la patience étaient nécessaires dans l'identification des tilapias, notamment sur le terrain. Il a signalé qu'il existait probablement de nombreuses populations de tilapias que l'on n'avait pas encore découvertes et qui ne se s'étaient pas encore hybridées avec les espèces introduites. Il est par ailleurs important de former les personnes qui travaillent sur le terrain à reconnaître les différentes espèces de tilapias.

G. Hulata a mentionné qu'en Israël, *O. aureus* était une espèce importante pour l'aquaculture. Cependant, il n'existe plus de populations autochtones israéliennes de *O. aureus* qui n'aient pas été perturbées. Il se peut qu'Israël désire introduire, à un quelconque moment, un nouveau matériel génétique de *O. aureus*. Des recherches sur les populations d'Afrique occidentale seraient par conséquent très appréciées.

R. Guerrero a demandé qu'une action dans le cadre de la coopération internationale soit menée pour mettre les ressources génétiques en tilapias sauvages les plus importantes à l'abri des effets préjudiciables des interventions humaines. Ceci ne devrait pas uniquement s'adresser à *O. niloticus* mais aussi aux espèces herbivores et autres qui présentent un potentiel pour l'aquaculture.

Les participants ont reconnu qu'un conflit pourrait intervenir entre les partisans de l'aquaculture et ceux de la conservation. E. Trewavas parle d'un conflit d'intérêts entre les zoogéographes et écologistes, d'une part, et le personnel des pêcheries, d'autre part. E. Trewavas recommande de dissuader les chercheurs en pêcheries de se lancer à la légère dans des "expériences" aux effets irréversibles. On peut être assuré que les poissons s'enfuiront des étangs et rejoindront les réseaux fluviaux locaux et qu'ils évinceront les espèces locales ou se croiseront avec elles. En règle générale, les espèces exotiques ne devraient pas être introduites là où l'on trouve de bonnes espèces locales.

J. Lester a indiqué qu'il était nécessaire d'envisager l'hybridation introgressive avec mesure : quelques "fuyards" d'une exploitation piscicole rejoignant un réseau fluvial principal ne mettent nécessairement pas en péril la pureté des stocks sauvages. L'introgression est, d'ordinaire, un long processus. Si la population qui s'est échappée est très petite par rapport à la population sauvage, le temps nécessaire pour qu'une modification significative des fréquences de gènes ait lieu sera très long.

R.S.V. Pullin a précisé qu'il fallait être très prévoyant en la matière.

J. Lester en a convenu et a expliqué qu'il ne faisait que recommander de ne pas discréditer toutes les populations d'eaux naturelles comme ressources génétiques utiles sous prétexte qu'il y ait eu, à un quelconque moment, des projets d'aquaculture dans le voisinage.

I. Payne a fait savoir que l'hybridation introgressive était moins courante dans les rivières que dans les eaux stagnantes.

W. Villwock a signalé que l'introgression était fonction de la qualité écologique de l'habitat pour les espèces introduites. Si l'habitat est excellent, il se peut que les espèces prolifèrent rapidement et qu'une introgression s'ensuive promptement.

R.S.V. Pullin a ajouté qu'à sa connaissance, les seuls exemples d'introgression bien documentés étaient les introgressions entre *O. macrochir* et *O. niloticus* (Daget et Moreau, 1981) et entre *O. mossambicus* et *O. niloticus* aux Philippines (Taniguchi *et al.*, 1985 ; Maracanas *et al.*, 1986). Il a ensuite demandé s'il existait d'autres exemples.

J. Moreau a mentionné les hybrides naturels entre *O. spilurus niger* (*T. nigra*) et *O. leucostictus* (*T. leucosticta*) dans le lac Naivasha (Elder *et al.*, 1971). [Une hybridation naturelle des tilapias a également eu lieu dans le lac Kinkony, à Madagascar (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur) et dans le lac Victoria (Fryer et Iles, 1972) -note de l'Editeur].

J. Lester a précisé que les exemples mentionnés par R.S.V. Pullin (Madagascar et Philippines) étaient intéressants car toutes les espèces mentionnées étaient des espèces introduites. Aucune espèce autochtone n'était concernée.

W. Wohlfarth a indiqué qu'il existait peut-être une règle générale qui gouvernait l'éventualité de l'hybridation. L'hybridation n'a pas lieu entre deux espèces endémiques sympatriques ; s'il en était autrement, les espèces individuelles cesseraient d'exister. Ceci est démontré par les stocks du Nil de *O. aureus* et *O. niloticus*. La situation est totalement différente avec les espèces introduites.

B. Marshall a fait quelques observations sur la thèse de I. Payne selon laquelle les possibilités d'hybridation étaient réduites en rivières et a signalé que l'éviction des espèces autochtones par des espèces introduites étaient plus probable dans les rivières. Les phénomènes d'éviction se manifestent également dans les lacs.

R.H. Lowe-McConnell a précisé qu'un important facteur entrant en ligne de compte dans l'éviction était non seulement la compétition au niveau de la nourriture mais aussi celle au niveau du territoire.

R.S.V. Pullin a demandé où se trouvaient les meilleurs sites où récolter des espèces pures et a suggéré qu'elles pouvaient se trouver en différents points d'Afrique où l'aquaculture n'existait pas ou peu.

D. Thys van den Audenaerde a reconnu que c'était en effet le cas en Afrique occidentale, notamment pour les pays du Sahel. Dans cette région, le poisson provient uniquement des pêches en rivières car l'eau se trouve en quantité insuffisante pour l'aquaculture. Il existe probablement quelques populations très importantes de tilapias qui n'ont pas été contaminées. Toutefois, il est indispensable d'identifier ces espèces puisqu'il existe des projets de développement de l'aquaculture au Burkina Faso, au Mali et peut-être au Sénégal. Ces projets exigeront de mettre au point de nouveaux systèmes d'adduction d'eau et de réaliser des transferts de poissons. En revanche, D. Thys van den Audenaerde a donné en exemple le Logone qui se jette dans le lac Tchad : l'aquaculture existe près du Logone dans la République centrafricaine et plusieurs espèces peuvent s'être échappées pour rejoindre le cours d'eau et le réseau entier du Tchad. Les stocks de ce réseau ne sont peut-être plus purs. Le réseau du Sénégal est probablement le réseau le moins contaminé. Il devrait être possible de récolter *O. niloticus* et *O. aureus* à partir de quelques populations non contaminées d'Afrique occidentale.

[Un transfert de *O. niloticus* a toutefois eu lieu à partir de Bouaké en Côte d'Ivoire, vers la station de Richard Toll qui se trouve au bord du lac de Guiers, extension du fleuve Sénégal au Sénégal. Le fleuve Sénégal traverse la Guinée, le Mali, la Mauritanie, et le Sénégal. On pratique l'aquaculture en Guinée, au Mali et au Sénégal (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

R.H. Lowe-McConnell a rapporté que Trewavas (1983) considérait le fleuve Sénégal, le cours moyen du Niger jusqu'à Busa au sud, les affluents de la Bénoué dans son cours supérieur, le lac Tchad, et le cours inférieur du Logone et du Chari comme étant les zones de distribution de *O. aureus* en Afrique occidentale. Elle a demandé quelles étaient les populations que l'on pouvait considérer comme ayant pu être contaminées par d'autres espèces.

D. Thys van den Audenaerde a répondu qu'il était presque certain que les stocks du Sénégal n'avaient pas été contaminés de même que les stocks dans le cours supérieur et moyen du Niger. Il se peut cependant que les stocks du réseau de la Bénoué aient été contaminés car l'aquaculture a été développée sur le plateau de Jos au Nigéria qui déverse ses eaux dans la Bénoué. Les poissons du Sénégal sont ceux qui ont le plus de chances de ne pas avoir été contaminés. [Depuis cette discussion, déjà publiée dans la version originale anglaise, nous avons été informés que 4000 alevins *O. niloticus* d'un poids individuel de 5 g avaient été expédiés en janvier 1980 de Bouaké en Côte d'Ivoire, à la station Richard Toll au Sénégal, pour être utilisés dans un projet d'aquaculture. Des fuyards et/ou des descendants de ces poissons ont pu rejoindre le réseau fluvial du Sénégal et s'hybrider avec les populations sauvages. -note de l'Editeur].

W. Villwock a rapporté que *O. niloticus* était très répandu dans le réseau du Nil et dans le lac Manzallah. De nombreux nouveaux canaux ont été construits entre le Nil et plusieurs oasis du delta, et aussi en aval du fleuve vers le lac Qarun et le Wadi el Ruwayan au sud de l'oasis d'el Faiyum. *O. niloticus* s'est ainsi répandu dans tous ces réseaux. De nombreuses reproductions en écloséries ont été réalisées à Idfina dans l'ouest du delta. Etant donné que cette région est en libre contact avec les canaux, toutes souches présentant les caractéristiques des écloséries pourraient se répandre dans le réseau entier. Les espèces d'écloséries devrait être gardées à l'écart des populations naturelles importantes du delta n'ayant pas encore été contaminées.

I. Payne a fait remarquer que tandis que l'on avait tout d'abord pensé que *O. niloticus* et *O. aureus* s'hybrideraient dans les eaux égyptiennes, il était en fait très facile de récolter et identifier ces espèces individuelles. Ces populations semblent se comporter comme de "bonnes espèces" en Egypte et ne s'hybrident pas.

R. Smitherman a attiré l'attention sur les bons stocks de *O. aureus* que l'on n'a pas encore trouvés dans le Delta du Nil. Cette population du nord a peut-être une bonne tolérance au froid.

R.S.V. Pullin a signalé qu'il était contrariant d'expédier des tilapias en Afrique à des fins expérimentales ou commerciales sans guère se soucier des éventuelles conséquences écologiques pour les populations naturelles. Par exemple, *O. aureus* et *O. niloticus* ont été expédiés dans des exploitations privées en Zambie et au Zimbabwe, et des universités ont importé des poissons pour leurs propres recherches et pour assister les projets de développement. L'université de Stirling a expédié *O. niloticus* au Zimbabwe, et l'université d'Auburn a envoyé *O. niloticus* (d'origine égyptienne) au Rwanda (une population de base comprenant 22 femelles et 18 mâles, en 1984). La coutume d'expédier de petites quantités de poissons est très répandue. Par exemple, l'université d'Auburn a reçu d'Israël une population de base de quatre *O. aureus* (une femelle et trois mâles) qui a ultérieurement produit 24.444 individus. Ces populations de *O. aureus* étaient les ancêtres de *O. aureus* envoyés dans les pays d'Amérique latine par l'université d'Auburn. En 1971, la station piscicole de Bouaké en Côte d'Ivoire a expédié 60 juvéniles *O. niloticus* et 60 juvéniles "*O. hornorum*" à la station piscicole expérimentale de Pentecoste Ceara au Brésil. Deux observations concernant ces exemples :

1. Les introductions réalisées pour satisfaire les objectifs commerciaux ou expérimentaux à court terme ou de portée limitée ne peuvent être justifiées si elles menacent la pureté des ressources génétiques naturelles importantes.

2. Lorsque les introductions sont justifiées, elles doivent fournir une base génétique ample pour éviter la dérive génétique et les phénomènes de dépression dûs à l'hybridation consanguine. Une contribution de Tave et Smitherman sur le nombre "efficace" de géniteurs est publiée en Appendice II.

J. Balarin a demandé si les conséquences qu'entraînaient les introductions, transferts et croisements consanguins entre les stocks exotiques et autochtones posaient vraiment un grave problème dans la mesure où les gènes (pour la cryorésistance et pour une meilleure croissance, etc.) seraient toujours présents chez les poissons ayant survécu.

R.S.V. Pullin a répondu que les sélectionneurs de tilapias devraient, à l'avenir, récolter les gènes à partir de types sauvages (comme le font les phytogénéticiens). Il est par conséquent essentiel de conserver les populations sauvages à l'abri de toute contamination possible. Introduire davantage de souches ou espèces exotiques ne nuirait pas vraiment à certaines ressources génétiques en tilapias. Par exemple l'introduction de nouvelles souches de *O. niloticus* en Côte d'Ivoire (augmentant ainsi la diversité génétique) n'aurait aucune conséquence fâcheuse. Les stocks sauvages *non contaminés* représentent toutefois des ressources génétiques importantes pour les futurs sélectionneurs de tilapias dans le monde entier.

W. Villwock en a convenu et a précisé que l'acquisition de souches pures serait nécessaire pour les futurs programmes de sélection destinés à mettre au point des géniteurs convenant aux différents milieux.

J. Lester a ajouté que l'hybridation introgressive, qui permet uniquement aux gènes exotiques de se répandre à une faible fréquence dans une population naturelle, ne posait pas de grave problème. L'extraction des allèles nécessaires à un projet de sélection donné peut cependant être extrêmement difficile, voire impossible, quand deux espèces se mélangent complètement. Les phytogénéticiens ont par conséquent tendance à stocker les types de gènes sauvages pour répondre à des objectifs de sélection particuliers -notamment la résistance à la maladie. Un des dangers que présente le mélange des populations est que les gènes qui ont été stabilisés par sélection en raison des contraintes pesant sur un milieu particulier ou en raison de la maladie, peuvent se raréfier considérablement ou être perdus du fait que les populations issues d'introgessions vivent dans un milieu plus favorable (élevage).

La comparaison avec les plantes peut être trompeuse dans la mesure où de nombreuses plantes utilisées en agriculture et en horticulture proviennent de lignées consanguines ou sont issues de nombreuses générations de travaux de sélection et d'hybridation artificielles. La sélection des tilapias ne ressemble guère à cette situation. Cependant, la diversité génétique naturelle au sein des populations sauvages non contaminées est sans aucun doute un facteur essentiel pour les futurs travaux de sélection.

R.S.V. Pullin a signalé que les phénomènes de domestication et de sélection végétales et animales s'étaient opérés sur des milliers d'années et que la diversité génétique des tilapias exigeait bien plus de recherches pour progresser sur ce terrain. Ces efforts seront endigués si les ressources génétiques sauvages sont perdues ou si elles subissent des modifications irréversibles.

J. Balarin en a convenu mais a mis en garde contre les projets d'évaluation de trop nombreuses espèces et souches. Les ressources dont la recherche dispose ne le permettront pas. En outre, les procédés d'élevage modifieront les caractéristiques génétiques des stocks d'élevage ; par exemple, la récolte partielle de grands poissons et la conservation, pour la reproduction, des plus petits poissons, y compris la distribution ultérieure des alevins à d'autres éleveurs.

Les participants ont reconnu que l'adoption de stratégies de reproduction peu judicieuses ou les effets de l'hybridation consanguine pouvaient conduire à une nouvelle diversité génétique une fois que les stocks d'élevage se détérioraient, et que c'était une raison de plus pour conserver les ressources naturelles.

A. Coche a souligné qu'en Afrique, il était difficile de se procurer l'alimentation artificielle pour les poissons et que par conséquent l'élevage des tilapias sur ce continent était largement extensif ou semi-intensif, les poissons se nourrissant pour une bonne part d'aliments naturels. Les systèmes intégrés agriculture/élevage/pisciculture ou l'utilisation de compost comme intrants dans les étangs sont de bons exemples de ce type d'élevage.

En Afrique, les basses températures jouent également un rôle important. Par exemple, la production de 600 t/an de tilapias ainsi récemment projetée dans le cadre d'un projet

d'aquaculture au Congo s'est révélée une gageure dans la mesure où cette projection tenait compte d'une production sur 12 mois. Pendant cinq mois de l'année, les températures sont trop basses pour permettre la croissance et la reproduction des tilapias dans la région en question. Au Kenya, *O. niloticus* se développe bien près du lac Victoria mais au-delà de 1500 m d'altitude, sa croissance est affectée en raison du froid. Dans de telles conditions, l'utilisation de souches ou espèces cryorésistantes est essentielle. Au Kenya, l'emploi d'espèces exotiques supplémentaires dans le bassin versant du lac n'est pas encouragé car des conséquences écologiques sont à craindre. Toutefois, *T. sparrmanii* a été introduit et utilisé en aquaculture dans les régions froides. La résistance au froid de *T. sparrmanii* est plus élevée que celle de *O. niloticus* bien que cette espèce ne soit pas très bonne pour l'élevage.

O. spilurus spilurus semble être une bonne espèce pour l'élevage en eau de mer, certainement meilleure que *O. mossambicus*. Cette espèce a donné de très bons résultats au Moyen-Orient : Koweit (Hopkins *et al.*, 1985) et Arabie Saoudite.

A. Coche a évoqué les remarques de M. Caulton (Pullin et Lowe-McConnell, 1982, p.333-334) faisant ressortir que *O. mossambicus*, que l'on trouve dans le cours moyen/inférieur du Zambèze, a un bien meilleur aspect que *O. mossambicus* qui a été répandu dans le monde entier aux fins de l'aquaculture, et que l'élevage de ces poissons d'Afrique australe donne de bons résultats en Afrique du Sud. Il existe peut être des souches de *O. mossambicus* appropriées pour l'élevage. La génétique des populations de cette espèce, comme de toutes les espèces de tilapias, n'a presque pas été étudiée. [Voir Lombard (1960) pour obtenir d'autres informations sur les performances en élevage. Certaines souches donnent manifestement de meilleurs résultats que d'autres (M.M.J. Vincke, comm. pers. à l'Editeur)].

A. Coche a précisé que la production d'alevins hybrides en vue de l'aquaculture ne convenait en général pas en Afrique rurale et que la monoculture devrait probablement être tentée en premier, plutôt que la polyculture, vu que l'approvisionnement en alevins de plus d'une espèce pourrait également s'avérer problématique. A. Coche a également fait savoir qu'il était extrêmement important que les fournisseurs d'alevins, pour la plupart des stations gouvernementales en Afrique, *séparent convenablement* leurs collections de géniteurs et leurs opérations de production d'alevins afin d'empêcher les sélections négatives qui ont prévalu pendant de nombreuses années.

Asie

Philippines

R.D. Guerrero III
M.M. Tayamen

Aux Philippines, l'élevage des tilapias a débuté en 1950 avec l'introduction de *Oreochromis mossambicus* à partir de Thaïlande. Trois mâles et une femelle survécurent pour ainsi former la population de base. Les introductions ultérieures comportèrent diverses souches de *O. aureus* et *O. niloticus* et une population de *Tilapia zillii* d'origine inconnue (Tableau 5).

O. mossambicus se trouvait en grand nombre dans les étangs à Chanidés aux eaux saumâtres (200.000 ha environ) mais cette espèce fut bientôt considérée comme nuisible.

La production actuelle de tilapias aux Philippines dépasse 50.000 t/an. La majeure partie de cette production provient de l'élevage en eau douce, en cages ou en enclos (20.000 ha environ). La situation actuelle de l'élevage de tilapias aux Philippines est décrite par Guerrero (1987). La plupart des réservoirs d'eau douce ont été peuplés de *O. niloticus*, ce qui a fait considérablement augmenter la production étant donné que la faune aquatique autochtone est relativement pauvre.

Le Centre national de recherche technologique sur la pêche en eau douce [(National Freshwater Fisheries Technology Research Center (NFFTRC)] relevant de l'Office philippin des pêches et des ressources aquatiques (Philippine Bureau of Fisheries and Aquatic Resources) à Muñoz, Nueva Ecija, a été reconnu comme Centre national de géniteurs de tila-

Tableau 5. Introductions de tilapias aux Philippines (1950-1982) : modifié d'après Guerrero (1985).

Espèces	Année	Origine	Organisme
<i>Oreochromis mossambicus</i>	1950	Thaïlande	BFAR ^a
<i>O. urolepis hornorum</i> x <i>O. mossambicus</i>	1971	Singapour	Secteur privé
<i>O. niloticus</i> (Ouganda)	1972	Israël	LLDA ^b
<i>O. niloticus</i> (Egypte)	1972	Thaïlande	BFAR
<i>Tilapia zillii</i>	1973	Taiwan(?)	?
<i>O. aureus</i>	1977	E.-U.	CLSU ^c
<i>O. niloticus</i> (Ghana)	1977	Israël	CLSU
<i>O. niloticus</i> (Ghana)	1977	Singapour	BFAR
<i>O. aureus</i> (Israël)	1977	Singapour	BFAR
<i>O. aureus</i> (Israël)	1978	Singapour	SEAFDEC ^d
<i>O. niloticus</i> (Ghana)	1979	Taiwan	SEAFDEC
<i>O. aureus</i> ^e	1979	Lac Hule, Israël 1958	CLSU/ICLARM
<i>O. niloticus</i> ^{**}	1979	Israël, origine Ghana	CLSU/ICLARM
Tilapia rouge (hybride)	1979	Taiwan	SEAFDEC
Tilapia rouge	1981	Taiwan	Secteur privé
<i>O. aureus</i> (Israël)	1982	Israël	Secteur privé
<i>O. niloticus</i> (Ghana)	1982	Israël	Secteur privé
Tilapia rouge	1982	Taiwan	Secteur privé

^aBureau of Fisheries and Aquatic Resources (Bureau des pêches et des ressources aquatiques).

^bLaguna Lake Development Authority.

^cCentral Luzon State University.

^dSoutheast Asian Fisheries Development Center (Centre de développement des pêches de l'Asie du Sud-Est).

^e100-200 alevins de la ponte d'un seul couple; actuellement plus disponible.

^{**}100-200 alevins de la ponte d'un seul couple provenant de l'écloserie de Gan Shmuel et envoyés au CLSU (en 1983, le BFAR a pris une population originelle de 30 ♀♀, 10 ♂♂ issus de descendants); actuellement largement utilisés en aquaculture.

pias. Construit en 1979 avec l'assistance de l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID), le NFFTRC s'attache à évaluer les différentes souches de *O. niloticus* provenant des systèmes d'élevage en cages et en étangs, et à les disperser dans les exploitations et les écloseries commerciales. Son rôle est de préserver la qualité des tilapias élevés aux Philippines, de fournir des alevins et des fingerlings et d'assurer des services de vulgarisation.

Le NFFTRC a obtenu trois différentes souches de *O. niloticus* appelées "Israël", "Singapour" et "Taiwan". La "souche Singapour" (95 femelles et 54 mâles) a été introduite en 1981 à partir de la station de pêches en eau douce à Binangonan, relevant du Centre de développement des pêches de l'Asie du Sud-Est [Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC)]. La "souche Israël" (30 femelles et 10 mâles) fut obtenue en mars 1982 d'un projet concerté entre l'ICLARM et le Centre d'aquaculture en eau douce [Freshwater Aquaculture Center (FAC) qui relève de la Central Luzon State University (CLSU)]. Ces poissons provenaient de l'introduction initiale en 1979 de 100 à 200 alevins issus de la ponte d'un seul couple (Tableau 5). La "souche Taiwan" fut introduite à partir de Taiwan en mai 1983 (150 femelles et 50 mâles) et en mai 1984 (16 femelles et 24 mâles) avec l'assistance de l'USAID et de l'ICLARM.

O. aureus fut introduit au NFFTRC à partir de Taiwan, également avec l'aide de l'USAID et de l'ICLARM, en février 1984 (185 femelles et 60 mâles). Le NFFTRC dispose aussi d'un stock de tilapias rouges qu'il a obtenu du FAC/CLSU en août 1983 (100 femelles et 50 mâles). Tous les chiffres mentionnés ci-dessus correspondent à des stocks originels vivants.

On conserve ces espèces et souches dans des étangs réservés à la reproduction, en surveillant étroitement leur croissance. A ce titre, les souches de *O. niloticus* ont été classées de la manière suivante : Israël > Singapour > Taiwan. *O. aureus* et le tilapia rouge ne sont pas

produits et distribués en énormes quantités car ils pourraient s'hybrider avec les souches de *O. niloticus* des éleveurs.

Le NFFTRC se limite par conséquent à ne disséminer que les "souches Israël" et les "souches Singapour" de *O. niloticus*. A ce jour, environ 16 millions d'alevins et de fingerlings ont été distribués : 50% de "souches Israël" et 50% de "souches Singapour". Les bénéficiaires sont tant des petits éleveurs que des grandes exploitations commerciales. Lors d'essais conduits en coopération avec des éleveurs, la "souche Israël" grossissait de 1,8 à 4 g/jour et la "souche Singapour" de 1,5 à 2,5 g/jour, d'où la préférence pour la "souche Israël". La "souche Taiwan" donne de moins bons résultats de croissance. On la conserve en vue de futures recherches génétiques mais elle ne sera pas destinée à la production en quantités et ne sera pas non plus disséminée.

Le NFFTRC envisage d'améliorer les géniteurs de tilapias en collaboration avec le FAC/CLSU et l'ICLARM. Ceci exigera l'acquisition d'un nouveau matériel génétique ainsi que la mise en oeuvre de programmes de sélection et d'hybridation. A ce titre, un programme de développement de l'élevage de tilapias a été proposé. Ce programme comprend les éléments suivants : amélioration génétique, développement des techniques utilisées dans les écloséries (y compris la production en grandes quantités d'alevins monosexes), vérification des technologies et services de vulgarisation.

En dehors des installations gouvernementales, il existe quelques écloséries privées conduisant leur propre programme de développement des géniteurs de tilapias. Ces sociétés sont : Hantex Aquaculture Corporation, Crust-Asian Resources, Inc., Meralco Foundation Agro-Aquatic Development Corp., et Aquatic Biosystems. Certaines installations privées conservent au moins deux souches/espèces de tilapias et conduisent des expériences d'hybridation sur chacune d'elles et entre elles en vue de produire des fingerlings de bonne qualité. On y pratique également une sélection massale. Les éleveurs qui peuvent facilement distinguer les espèces entre elles, s'efforcent d'empêcher toute contamination de *O. niloticus* par *O. mossambicus*. L'hybridation introgressive a fait l'objet d'études à l'université des Philippines et à l'ICLARM (Taniguchi *et al.*, 1985 ; Macaranas *et al.*, 1986).

Des projets de recherches sur l'amélioration génétique du tilapia bénéficiant du soutien du Centre de recherche pour le développement international (CRDI) au Canada sont actuellement mis en oeuvre par le FAC/CLSU (Abella *et al.*, 1986) et par le SEAFDEC, Département de l'Aquaculture. L'objectif de ces projets est d'évaluer les stocks de tilapias disponibles en vue de leur élevage en étangs et en cages, et de mettre au point des souches et/ou des hybrides améliorés, destinés aux écloséries commerciales.

Discussion

R.S.V. Pullin a fait remarquer que les informations sur l'origine de certaines introductions de tilapias aux Philippines faisaient encore défaut. Quelle est, par exemple, l'origine des introductions faites à partir de Singapour et de Taiwan ? Selon lui, elles proviendraient d'Israël.

J. Lester a félicité M. Tayamen et le personnel du NFFTRC pour la manière dont ils testaient les différentes souches dans divers milieux écologiques. Il a ajouté que même si la situation des populations de tilapias d'élevage aux Philippines était peu claire dans bien des cas, les stocks du NFFTRC étaient bien conservés et faisaient l'objet d'un contrôle étroit. J. Lester a rapporté avoir appris par le SEAFDEC que l'introduction originelle de la "souche Singapour" aux Philippines était constituée de moins de 20 poissons. Les géniteurs israéliens que possède le NFFTRC sont actuellement en train de disparaître, d'où le besoin de mettre sur pied une stratégie de substitution. J. Lester a recommandé qu'un programme de sélection énergique fût entrepris aux Philippines, utilisant tout d'abord les souches dont le NFFTRC et le CLSU/FAC disposent, tout en s'attachant à minimiser les phénomènes d'hybridation consanguine avec les populations sauvages de *O. mossambicus*.

G. Hulata est tombé d'accord avec R.S.V. Pullin et pense aussi que les souches de Singapour et de Taiwan pourraient provenir d'Israël. Il a ajouté qu'il était difficile d'en retrouver la trace. L'introduction de la souche israélienne aux Philippines en 1982 provenait de la station de Dor ; aussi s'agit-il d'une souche Ghana.

La discussion sur les introductions de tilapias aux Philippines s'est poursuivie et il en est ressorti que les populations de *O. niloticus* présentes aux Philippines semblaient toutes provenir d'Israël. *O. niloticus* introduit en 1972 à partir de Thaïlande (souche Chitralada) n'a pas été conservé à part et on envisage de procéder à une réintroduction.

J. Balarin a demandé pourquoi l'élevage de *O. niloticus* était une entreprise aussi féconde par rapport à l'élevage de *O. mossambicus* que l'on avait précédemment introduit. La supériorité de *O. niloticus* est-elle inhérente à l'espèce ou bien les techniques d'élevage ainsi que les éleveurs sont-ils parvenus à finalement accepter le tilapia ?

R. Guerrero a fait observer que l'introduction de *O. niloticus* avait complètement modifié les conditions d'élevage de tilapias aux Philippines. Cette espèce correspond davantage aux goûts des consommateurs. Sans cette introduction de *O. niloticus*, l'élevage des tilapias aux Philippines n'aurait pas atteint son niveau actuel de développement (plus de 50.000 t/an). *O. mossambicus* présentait plusieurs caractéristiques défavorables telles qu'une reproduction prolifique et une pigmentation foncée. Les stocks philippins de *O. mossambicus* se sont considérablement hybridés. Bien entendu, la meilleure gestion des exploitations y a contribué pour beaucoup, mais *O. niloticus* est manifestement une espèce supérieure. Le secteur privé est très actif au niveau de la promotion de l'élevage de *O. niloticus*.

G. Wohlfarth a fait quelques commentaires sur l'histoire de *O. mossambicus* en Asie. Il fut "accidentellement" découvert en 1938 à Java par un expatrié (Schuster, 1952). La population était alors constituée de deux femelles et trois mâles. La situation s'obscurcit par la suite étant donné que Schuster fut fait prisonnier de guerre par les Japonais. Toutefois, à son retour en Indonésie plusieurs années plus tard, il découvrit que *O. mossambicus* s'était répandu dans tout le pays. Son expansion continua, gagnant tout l'Extrême-Orient. Le fait est qu'en dehors de l'observation initiale de Schuster à Java, nous n'avons aucune trace de l'introduction de *O. mossambicus* en Asie à partir de l'Afrique. Il se pourrait par conséquent que toutes les populations d'Asie proviennent de ce nombre infime de poissons et ceci expliquerait leurs très médiocres performances. Les caractéristiques des stocks africains sont probablement très différentes.

R.S.V. Pullin a ajouté que ceci pouvait être également un facteur responsable de l'étiologie de certaines populations de *O. mossambicus* dans certaines zones. Par exemple, la souche Chitralada de *O. niloticus* semble avoir évité l'hybridation consanguine avec les populations sauvages de *O. mossambicus* en Thaïlande ; en conséquence, *O. mossambicus* n'est plus aussi répandu dans certaines régions de la Thaïlande.

R. Guerrero a rapporté que *O. mossambicus* était en voie de disparition de certains endroits à la périphérie de la Laguna de Bay aux Philippines.

M. Tangtrongpiros a confirmé que les populations de *O. mossambicus* décroissaient en Thaïlande.

J. Moreau a demandé si *O. mossambicus* et *O. niloticus* s'hybridaient dans les lacs artificiels aux Philippines.

R. Guerrero a répondu que des hybridations ont eu lieu dans une certaine mesure. En outre, les populations de *O. mossambicus* présentes dans les systèmes d'irrigation et autres cours d'eau se sont hybridées avec des stocks d'élevage de *O. niloticus*.

R.S.V. Pullin a évoqué les ouvrages de Taniguchi *et al.* (1985) et de Maracanas *et al.* (1986) illustrant ce problème. Aux Philippines, les exploitations de tilapias les moins développées au niveau de la gestion des géniteurs (comme par exemple à Mindanao) détiennent des souches de *O. niloticus* présentant le plus haut niveau d'introgession de gènes de *O. mossambicus*. Il existe une corrélation entre le degré d'avancement de la gestion des géniteurs et le degré d'hybridation introgressive.

J. Lester a signalé que certains éleveurs philippins recouraient probablement à la sélection pour augmenter les gènes de *O. mossambicus* chez leurs géniteurs. Ils récoltent les gros poissons et, de ce fait, sélectionnent les petits poissons prolifiques et à maturité rapide (tous les traits de *O. mossambicus*).

R. Smitherman a demandé si la profondeur des étangs avaient un effet sur la reproduction. R. Guerrero a répondu que la reproduction était plus importante dans les eaux peu profondes, en raison peut-être d'une élévation de la température et du stress dû à la plus grande rareté de l'oxygène.

Thaïlande

M. Tangtrongpiros

Le 25 mars 1965, Son Altesse le Prince Akihito, Prince Héritier du Japon, introduisit *Oreochromis niloticus* en Thaïlande. Le Prince Akihito expédia 50 fingerlings à Sa Majesté le Roi de Thaïlande. Ils furent tout d'abord conservés dans un étang cimenté d'une superficie de 3-m² avant d'être transférés, le 7 mai, dans un étang de terre de 10-m². A cette époque, 19 mâles et 19 femelles survécurent, leur poids moyen atteignant 16 et 21 g respectivement (DOF, 1966). [Ceux qui se reproduisirent avec succès étaient peut-être plus gros et moins nombreux - note de l'Éditeur].

On appela ces poissons "pla nil" (ce qui en thaï signifie "poisson noir"). En mars 1966, les poissons s'étant reproduits avec succès, Sa Majesté le Roi fit don de 10.000 fingerlings au ministère des Pêches thaïlandais qui les répartit dans 15 stations piscicoles d'eau douce dans tout le pays, en vue de les propager davantage. Les poissons furent distribués aux éleveurs pour la première fois en 1967. Les tableaux 6 et 7 montrent la quantité d'alevins produite par le ministère des Pêches et la production annuelle de *O. niloticus* en Thaïlande de 1972 à 1982. En 1985, la production atteignait 75,54 t.

Tableau 6. Production d'alevins *Oreochromis niloticus* par le ministère des Pêches thaïlandais (1972-82).

Année	Millions d'alevins	Année	Millions d'alevins
1972	8,2	1978	18,4
1973	9,2	1979	19,1
1974	9,1	1980	18,0
1975	11,6	1981	17,5
1976	11,1	1982	14,4
1977	11,8	-	-

Tableau 7. Production annuelle en tonnes (t) et valeur en millions de Bahts* de *Oreochromis niloticus* en Thaïlande (1975-1982) : source - ministère des Pêches thaïlandais.

Année	Production (t)	Valeur (millions de Bahts)	Année	Production (t)	Valeur (millions de Bahts)
1975	2.258	26,3	1979	3.248	50,6
1976	2.826	36,3	1980	5.115	74,1
1977	3.074	41,6	1981	5.455	81,6
1978	3.624	47,4	1982	7.104	112,0

* 1 dollar E.-U. = 25 à 26 Bahts.

La recherche génétique sur les tilapias, les carpes et les poissons-chats s'est intensifiée en Thaïlande depuis 1982. Les analyses électrophorétiques ont mis en évidence que la souche Chitralada du tilapia du Nil avait conservé toute sa pureté. Les effets de l'utilisation de diverses techniques de gestion sur la génétique des géniteurs sont actuellement à l'étude dans les exploitations du nord de la Thaïlande. Les premiers résultats de ces études indiquent que l'hybridation consanguine est bien moins une source de détérioration génétique que ne l'est la sélection négative (sélection de géniteurs médiocres dans les centres de production). A ce jour, l'étude a porté sur quatre éleveurs indépendants de Chiangmai et sur quelques populations provenant de stations piscicoles. Sur 30 procédures de sélection, 19 se sont révélées être des sélections négatives. L'intensité moyenne de sélection était de 0,85.

Au cours d'une autre étude sur l'héritabilité réalisée de l'amélioration de la croissance des tilapias rouges thaïlandais (étude sur un hybride *O. mossambicus/O. niloticus*), Jarimopas (1986) a enregistré des valeurs (h^2) d'héritabilité réalisée de 0,17 pour la longueur et 0,19 pour le poids. Ces premières données révèlent que l'amélioration de la croissance des tilapias peut être modérément ou fortement héréditaire. [Les travaux antérieurs ont fait l'objet d'un bilan réalisé par Pullin et Capili (1988), Appendice I -note de l'Editeur].

Discussion

J. Lester a demandé si d'autres *O. niloticus* avaient été introduits en Thaïlande depuis l'introduction de la souche en 1965 à partir du Japon.

M. Tangtrongpiros a répondu que 1.000 fingerlings environ avaient été introduits en 1983 à partir d'Israël. Lors d'essais comparatifs ultérieurs portant sur la croissance de la souche Chitralada et des hybrides entre la souche Chitralada et la souche d'Israël, la première s'était révélée supérieure.

R.S.V. Pullin a rapporté qu'il avait demandé au Japon des précisions quant à l'origine exacte de la souche envoyée en Thaïlande par le Prince Héritier. La réponse à la question, posée à un professeur du Prince Héritier par K. Ruddle du musée national d'éthnologie à Osaka, confirma que cette souche provenait d'Egypte. Les détails sont donnés dans Pullin et Capili (1988) (Appendice I). R.S.V. Pullin a demandé si la souche d'Israël de *O. niloticus* expédiée en Thaïlande en 1983 avait été conservée.

M. Tangtrongpiros a répondu que la souche israélienne avait été éliminée en raison des résultats médiocres qu'elle avait donnés ses hybrides avec la souche Chitralada.

R.S.V. Pullin a fait remarquer que la souche Chitralada donnait de bons résultats en aquaculture en Thaïlande. Contrairement à de nombreuses populations de *O. niloticus* aux Philippines (populations issues en fait d'hybridations introgressives avec *O. mossambicus*), la souche Chitralada semble être un *O. niloticus* relativement pur. Des analyses électrophorétiques pour 21 loci, réalisées à l'Institut des sciences marines (UPMSI) de l'université des Philippines sur un échantillon de 20 poissons provenant de l'Institut asiatique de technologie (AIT), ont confirmé la pureté de cette souche. Toutefois, l'hétérozigotie observée sur cet échantillon était inférieure à celle enregistrée lors d'études menées précédemment au Japon [voir la partie Discussion dans Pullin et Capili (1988) (Appendice I)].

M. Tangtrongpiros a ajouté que les *O. niloticus* qui avaient été déversés dans les eaux libres de la Thaïlande ne produisaient en général pas de larges populations. Il a demandé des précisions sur les raisons de cette situation. Il pense que la prédation par des poissons comme *Channa* spp. pourrait être la raison principale. Tous les participants en ont convenu.

Chen Foo Yan a confirmé que le prédateur *Channa striata* se trouvait en abondance en Thaïlande mais a ajouté que les bancs de jeunes *Channa striata* étaient souvent attaqués par *T. zillii*.

R.S.V. Pullin a évoqué une des introductions de *T. rendalli* réalisées en Thaïlande en 1955. Selon Welcomme (1981), il provenait apparemment du Zaïre en étant peut-être passé par la Belgique mais était "impopulaire" et en voie de disparition du pays vu qu'il ne pouvait pas faire face à la concurrence que lui faisaient certaines espèces locales. R.S.V. Pullin a ajou-

té qu'aucune personne à qui il s'était adressé en Thaïlande ne savait désormais où trouver *T. rendalli*.

Quant à l'origine du tilapia rouge thaïlandais, R.H. Lowe-McConnell a rapporté qu'en mai 1969 elle avait recueilli un spécimen d'une population provenant d'un étang de l'université Kasetsart. La population en question ne contenait que quelques individus de couleur rouge. Le spécimen fut examiné par E. Trewavas et se trouve au British Museum d'Histoire Naturelle, enregistré sous le numéro 1970.3.2.1. Ce poisson étant de petite taille (LS : 47 mm ; LT : 62 mm), on a pensé n'utiliser que les caractères méristiques pour déterminer son degré d'affinité avec *O. niloticus* et *O. mossambicus*. On a enregistré les caractères suivants :

Caractères	Valeurs pour <i>Oreochromis niloticus</i>	Valeurs pour <i>Oreochromis mossambicus</i>	Spécimens thaïlandais
Nombre d'écaillés (séries de la ligne latérale)	(30) 31-34	30-32	31
Nombre de rangs d'écaillés sur les joues	2 (ou 3)	3 (ou 2)	3
Branchiospines inférieures [Modes]	18-26 20-22 chez différentes populations	14-20 17-18	19 -
Nageoire dorsale - mode	XVII	-	-

M. Tangtrongpiros a précisé que ce poisson pouvait être un hybride de *O. mossambicus* x *O. niloticus*. *O. mossambicus* fut introduit en Thaïlande à partir de la Malaisie [en 1949, selon Welcomme (1981) -note de l'Editeur] et se répandit jusque dans le nord-est de ce pays. En 1974, quelques tilapias rouges furent repérés dans un étang au nord-est de la Thaïlande et on pensa qu'il s'agissait d'hybrides.

R.S.V. Pullin a fait remarquer que certains "tilapias rouges" de ce pays avaient été examinés à l'UPMSI/ICLARM au même moment que la souche Chitralada précédemment mentionnée. Ces poissons provenaient également de l'AIT et ont donné les résultats ci-après :

Des échantillons (n = 13) ont été analysés au laboratoire de l'UPMSI. Les résultats de l'analyse pour laquelle on avait utilisé des loci diagnostiques (isozymes différant entre *O. niloticus* et *O. mossambicus*) montraient que les gènes de *O. mossambicus* et de *O. niloticus* se présentaient de la manière suivante :

Locus	Fréquence des allèles pour	
	<i>O. mossambicus</i>	<i>O. niloticus</i>
Gpi - 1	0,385	0,615
Mdh - 1	0,423	0,577
Sod	0,154	0,846
Mp - 2	0,038	0,962
Mp - 3	0,125	0,875
Sdh	--	--
Fréquence moyenne*	0,225	0,775

*Calculée en utilisant 5 loci seulement, non compris le locus Sdh.

Pour le locus Sdh, les données étaient incomplètes en raison d'une résolution médiocre mais on a noté la prédominance de l'allèle de *O. mossambicus*.

On a également observé un polymorphisme pour les loci Idh-1 et Adh. Pour le locus Adh, *O. mossambicus* et *O. niloticus* ne divergent pas totalement. Aussi, la raison de ce polymorphisme inhabituel du locus Adh ne peut être déterminé car on manque encore d'informations sur d'autres espèces de tilapias (marqueurs de référence).

MacAndrew et Majumdar (1983) considèrent Idh-1 comme un locus discriminatoire pour *O. aureus*. L'allèle de leur *O. aureus* était plus haut que celui de *O. niloticus* et de *O. mossambicus* (les deux possédaient un allèle Idh-1¹⁰⁰), ressemblant de ce fait à *O. aureus* de Taiwan analysé au laboratoire de l'UPMSI. Des hétérozigotes à trois bandes ont été observés pour le locus Idh-1 du tilapia rouge de Thaïlande, ce qui est une preuve manifeste de la présence des gènes de *O. aureus*.

Aspects régionaux : Singapour et Malaisie

Chen Foo Yan

L'élevage des tilapias se développe en Asie, particulièrement en Chine (systèmes intégrés agriculture/ élevage/ pisciculture), aux Philippines, à Taiwan et en Thaïlande. Sur le sous-continent indien, l'intérêt est davantage porté sur les carpes, préférées aux tilapias. L'élevage des tilapias a commencé de se développer en Indonésie et en Malaisie. A Singapour, on élève les tilapias rouges dans des filets et des bassins d'eau de mer (30%).

Il existe une souche de *O. mossambicus* intéressante dans un des réservoirs de Singapour. Il s'agit d'un poisson de courte longueur et de grande hauteur ; il ressemble en quelque sorte au pampano (*Trachinotus* spp.) dont la forme fait penser à un disque. On peut le distinguer aisément des autres populations de *O. mossambicus*. Les caractères morphométriques seront par conséquent de peu d'utilité pour distinguer les différentes populations de tilapias vivant dans des milieux écologiques particuliers. Ceci constitue un bon exemple de la plasticité des tilapias vivant dans différents milieux et dans différentes communautés de poissons (par exemple, dans ce cas, prédation importante par *Channa micropeltes*).

Au demeurant, on doute de la pureté des "souches asiatiques". C'est une tâche difficile et coûteuse que celle de conserver souches et espèces à part. Lors des recherches sur les hybridations conduites à Batu Brebdam à Malacca en Malaisie il y a quelque 15 ou 17 ans, neuf étangs d'une superficie de 400-m² avait été utilisés pour conserver des espèces pures (*O. mossambicus* et *O. wrolepis hornorum*) : trois étangs pour les mâles, trois pour les femelles et trois pour la reproduction. *O. mossambicus* provenait de Pietermaritzburg en Afrique du Sud. La première introduction de *O. mossambicus* à Singapour date de l'occupation japonaise ; cette souche vit encore dans le jardin botanique et dans le lac du club sportif de Seramban.

Autres Pays

Israël

G. Hulata

Quatre espèces naturelles de tilapias ont été repérées dans les eaux israéliennes : *Oreochromis aureus*, *Sarotherodon galilaeus* et *Tilapia zillii* dans le réseau fluvial du Jourdain, et *O. niloticus* dans un cours d'eau complètement isolé du système du Jourdain, près de Tel Aviv (Goren, 1974). La figure 22 fait état des distributions naturelles de *O. aureus*, *O. niloticus* et *T. zillii*. Le stock de *O. niloticus* a probablement été introduit à partir de l'Égypte au cours des périodes d'occupation turque ou britannique. [E. Trewavas est au contraire d'avis qu'il a pu rejoindre le Yarkon lors des crues du Nil. Les spécimens du Yarkon se trouvent au British Museum et sont enregistrés sous le numéro 1927 -note de l'Editeur]. On trouve *T. zillii* partout dans le pays.

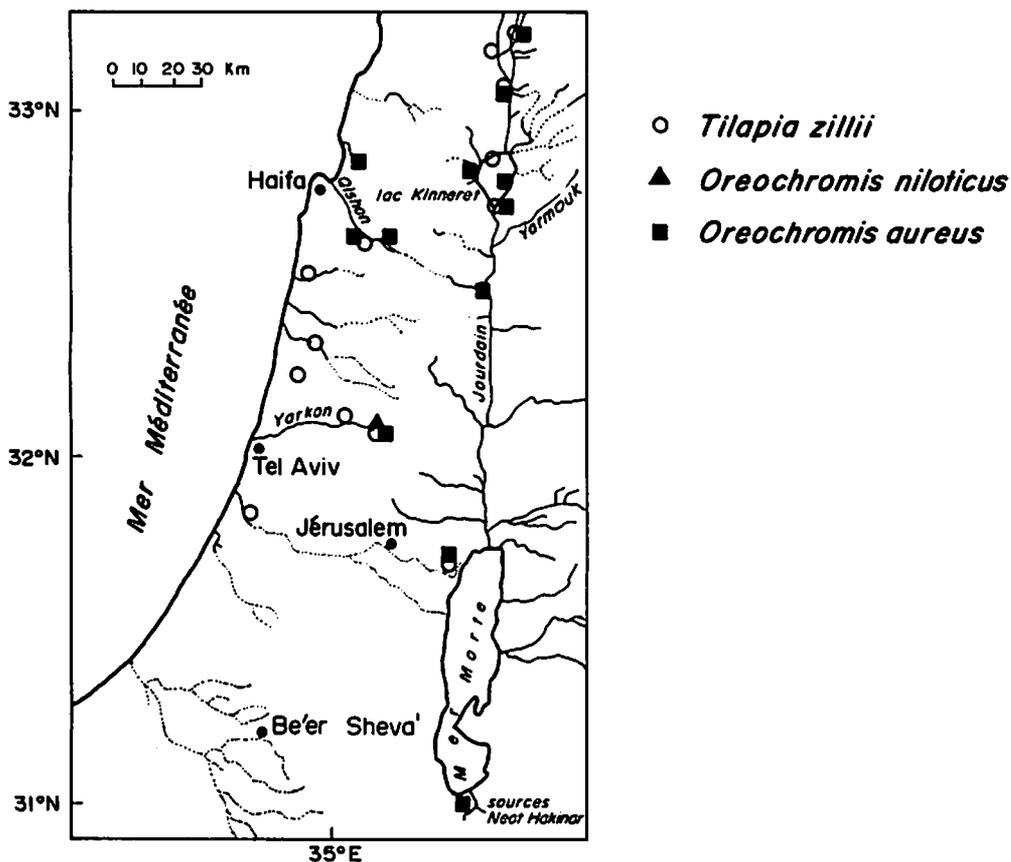


Fig. 22. Distribution de *Tilapia zillii*, *Oreochromis niloticus* et *O. aureus* en Israël : D'après Goren (1974).

Jusqu'en 1963, la plupart des tilapias incubateurs buccaux d'Israël étaient par erreur appelés "*Tilapia nilotica*". La situation fut plus tard clarifiée par E. Trewavas à la suite des expériences d'hybridation conduites par L. Fishelson. Fishelson (1962) obtint une progéniture entièrement mâle à partir de croisements hybrides entre le prétendu "*T. nilotica*" provenant du cours d'eau près de Tel Aviv et le prétendu "tilapia bleu" provenant du réseau du Jourdain (en fait *O. aureus*).

Il n'existe actuellement plus de *O. aureus* ou *O. niloticus* autochtone en Israël qui n'ait pas été contaminé. Les *O. aureus* utilisés par les éleveurs de tilapias tiraient leur origine des populations du système du Jourdain. Un certain nombre d'éleveurs et la station de Dor les conservent depuis les années 50. On n'a jamais élevé de *O. niloticus* autochtone. En effet, le *O. niloticus* qui a été utilisé en aquaculture en Israël provenait de plusieurs introductions faites à partir de l'Afrique dans les années 60 et 70 :

a. 1969-1970 : deux introductions (177 et 184 poissons) de *O.n. eduardianus*, appelé souche "Ouganda", de la station piscicole de Kajansi en Ouganda aux écloséries de Gan Shmuel et de Ein Hamifratz ;

b. 1966 : *O.n. vulcani* du lac Turkana, ancien lac Rodolphe (Kenya). Les alevins furent récoltés par Y. Pruginin de la bouche d'une seule femelle et envoyés à la station de Dor (Pruginin *et al.*, 1975) ; et

c. 1974 : *O.n. niloticus* du lac Volta au Ghana ; 50 poissons furent expédiés : 9 femelles et 2 mâles survécurent. On les appela "souche Ghana".

La souche Ghana est la souche la plus utilisée en Israël. La plupart des éleveurs la conservent pour l'hybrider avec *O. aureus*. *O.n. vulcani* a été utilisé par au moins une exploitation commerciale. Toutefois, cette sous-espèce est de couleur foncée et n'est pas très utilisée. Au cours des dix dernières années, presque tous les éleveurs ont utilisé la souche Ghana de *O. niloticus* ou la souche Ouganda de *O.n. eduardianus*. Cette dernière provient de l'écloserie Ein Hamifratz qui a utilisé les deux souches.

Un certain nombre d'introductions ont été réalisées à des fins expérimentales ; par exemple, *O.n. niloticus* (300 fingerlings) et *O. aureus* (240 fingerlings) provenant du lac Manzallah en Egypte et fournis en 1984 par l'université de Stirling, et *O.n. niloticus* provenant du canal Ismailia, un des affluents du Nil (récolté en 1982 par A. Khater et distribué à Israël et à Auburn : 20 mâles et 60 femelles environ). Ces populations sont conservées à la station de Dor et dans d'autres établissements expérimentaux mais elles n'ont pas encore été dispersées dans aucune exploitation. Les "fuyards" de la station de Dor ne peuvent se dissiper que dans un seul cours d'eau qui se jette directement dans la mer.

D'autres poissons introduits à des fins expérimentales sont maintenues isolés, principalement à la station de Dor et dans diverses universités.

Ces souches comprennent : *O. mossambicus*, introduit en 1975 à partir du Natal en République sud-africaine ; *O. urolepis hornorum*, introduit en 1977 (145 fingerlings) à partir de Pentecoste au nord-est du Brésil et provenant précédemment de Bouaké en Côte d'Ivoire, l'origine antérieure étant inconnue ; une autre souche de *O. urolepis hornorum*, introduite à partir de la Jamaïque par un éleveur commercial (on ne dispose d'aucune donnée sur son origine) ; une souche taiwanaise de tilapia rouge, obtenue à Panama, et une autre aux Philippines (toutes deux introduites par un éleveur commercial) ; et un arrivage plus ou moins constant de ce qui pourrait être une forme rouge de *O. mossambicus* provenant du commerce de poissons d'aquarium avec l'Extrême-Orient.

En 1987, une autre population de *O. niloticus* rouge fut obtenue de l'université de Stirling (80 fingerlings, progéniture de 6 couples). Finalement, *O.n. niloticus* "souche Côte d'Ivoire" (125 fingerlings) fut introduit en 1977 en même temps que *O. urolepis hornorum* provenant de Pentecoste au Brésil. La population fut détruite en 1984 car ses croisements avec *O. aureus* donnaient très peu d'alevins.

Le manque de contrôle sur les introductions réalisées par le secteur privé et celles qui résultent du commerce de poissons d'aquarium est préoccupant. Heureusement, aucun rapport ne mentionne la fuite de *O. mossambicus* ou d'espèces étroitement apparentées et l'établissement de ceux-ci dans le réseau fluvial du Jourdain.

Discussion

W. Villwock a demandé à quelle époque les populations autochtones de *O. aureus* avaient-elles disparu de la vallée du Jourdain. Il a ajouté qu'il avait trouvé une population bien isolée de cette espèce en 1964 dans les sources de Ain Fashkha sur le rivage nord-ouest de la mer Morte.

G. Hulata a répondu que *O. aureus* n'avait pas disparu du réseau du Jourdain mais que les populations s'étaient mélangées avec *O. niloticus* à partir du milieu des années 70 en raison des fuites de poissons des exploitations piscicoles de Haute-Galilée. Il existe là trois cours d'eau principaux dans le bassin versant du Jourdain. Les "fuyards" seraient *O. niloticus* et des hybrides *O. niloticus* x *O. aureus*. En outre, on empoissonne chaque année la lac Kinneret de fingerlings pour renforcer la pêche commerciale et ce sont des hybrides *O. niloticus* x *O. aureus* qui ont été utilisés à ces fins pendant plusieurs années. Il n'existe probablement plus de populations isolées de *O. aureus* israélien autochtone pur.

G. Hulata a ajouté que Chervinski (1968) avait donné à la population de Ain Fashkha le nom de "*Tilapia aurea exul*". Cette population est différente des autres *O. aureus* d'Israël.

Cependant, elle n'est certainement plus isolée car il y a environ 10 ans, une exploitation piscicole a été établie dans le Kibboutz appelé Kalia près de cette source (à mois de 2 km) et il est possible que des poissons se soient enfuis et se soient hybridés avec ceux de la source.

R.H. Lowe-McConnell a demandé qu'on clarifie davantage la question des introductions de *O.n. vulcani* provenant du lac Rodolphe (lac Turkana). G. Hulata a répondu que l'on manquait d'informations sur ce sujet mais a confirmé que deux introductions avaient eu lieu, l'une à partir du lac principal et l'autre à partir d'un lac-cratère. La dernière avait à l'origine reçu le nom de "vulcani" et la première celui de "introduction du lac Rodolphe". Elles ont tout d'abord été maintenues séparées mais se sont ensuite mélangées.

J. Balarin a demandé si des essais comparatifs de croissance avaient été réalisés pour les diverses souches. G. Hulata a répondu que la croissance des souches introduites dans les années 70 (Ghana, Ouganda et lac Turkana) n'avait pas été comparée car le principal intérêt commercial était de ne produire que des hybrides mâles *O. niloticus* x *O. aureus* (Mires, 1977 ; Wohlfarth et Hulata, 1983). Les comparaisons ont donc été limitées aux hybridations mâles fructueuses qui ont fait l'objet d'analyses électrophorétiques. On a trouvé que la "souche Ghana" était la plus homogène et on a recommandé de l'utiliser dans les écloséries commerciales, pensant qu'elle donnerait des pourcentages plus élevés d'hybrides mâles. Cette approche a donné des résultats inégaux. Des essais comparatifs portant sur la croissance ont cependant été entrepris sur des introductions plus récentes (Wohlfarth *et al.*, sous presse).

R.S.V. Pullin a demandé des précisions quant à l'orientation que la recherche génétique sur les tilapias en Israël suivrait à l'avenir. Où les chercheurs israéliens se procureraient-ils leur nouveau matériel génétique, et le passage de la production d'alevins mâles par hybridation à l'inversion des sexes par traitement hormonal affecterait-il la planification de la recherche future ?

G. Hulata a répondu qu'en Israël, le secteur privé poursuivrait ses propres initiatives d'amélioration. A la station de Dor par exemple, le programme gouvernemental peut suivre, ou non, la direction dans laquelle le secteur privé s'est engagé. La production d'alevins mâles en utilisant les deux méthodes (hybridation et inversion des sexes) se poursuit actuellement. Certaines exploitations conservent encore des "bonnes" populations de *O. niloticus* et *O. aureus* donnant 95 pourcent ou davantage d'hybrides mâles. Des exemples d'écloséries qui utilisent cette approche sont celles de Nir David et de Ein Hamifratz ; elles vendent essentiellement des alevins hybrides mâles. D'autres exploitations préfèrent recourir à l'inversion des sexes et sont moins exigeantes quant à la qualité des géniteurs qu'elles utilisent, le critère principal étant une fécondité élevée. Ces exploitations vendent des alevins mâles traités aux hormones (99% de mâles), ce qui peut mener à un problème de gestion des géniteurs et se révéler dangereux. On risque de perdre les populations pures (d'élevage) des deux espèces, ce qui fut le cas pour les populations autochtones.

Aussi la direction à imprimer à l'avenir n'est-elle pas claire. L'utilisation, à des fins de production, d'hybrides *O. niloticus* x *O. aureus* issus de bons parents, a ses mérites dont celui d'éviter les problèmes de consanguinité. A Dor, l'objet actuel de la recherche est de comparer les souches qui peuvent donner les meilleures caractéristiques du point de vue de la production (par exemple, croissance, cryorésistance, forme du corps, etc.) et pas seulement des pourcentages élevés de mâles. Cette approche a été négligée jusqu'à une date récente.

Etats-Unis

R. Smitherman

Les tilapias ont été introduits dans un certain nombre d'états, y compris Hawaii qui détiend, parmi d'autres espèces, *O. mossambicus* et des tilapias rouges (en revanche, il n'existe pas de *O. niloticus*) mais leur origine n'est pas toujours connue. [*Oreochromis mossambicus*

et *Tilapia zillii* sont établis en Californie (Knaggs, 1977) -note de l'Editeur]. Il est désormais interdit d'introduire des tilapias. Cette contribution se rapporte aux populations dont dispose l'université d'Auburn en Alabama. Ces populations sont utilisées essentiellement à des fins de recherche et d'enseignement.

O. mossambicus fut la première espèce introduite en 1955. Un groupe de 20 alevins fut obtenu de l'aquarium de Steinhart à San Francisco (leur origine est inconnue) ; depuis lors, cette lignée est conservée à Auburn.

Dix *O. aureus* ont été introduits à Auburn en 1957 à partir d'Israël. Six ont péri, la population originelle restante consistant alors en une femelle et trois mâles. Toutes les populations de *O. aureus* des Etats-Unis proviennent de cette introduction, y compris des populations sauvages dans les lacs de Floride dont la pêche donne plusieurs milliers de tonnes par an. Il existe en Floride quelques lacs hyperphosphates isolés contenant des populations de cette souche qui n'ont pas eu de contact avec aucun autre tilapia. Plusieurs stations de recherche, y compris des stations gouvernementales, conservent également des populations de cette même souche.

En 1974, *O. niloticus* (dont l'origine était Bouaké en Côte d'Ivoire) a été introduit à partir de Pentecoste dans le nord-est du Brésil (100 alevins environ). Il existe des possibilités de goulet d'étranglement au niveau de l'origine ou des origines de cette souche (avant Bouaké à Bouaké, Bouaké au Brésil et du Brésil à Auburn). [cf. la partie Discussion p.46-47-48 -note de l'Editeur]. En 1974 également, environ 100 alevins *O. urolepis hornorum* ont été introduits à Auburn à partir de Pentecoste.

En 1982, environ 200 alevins de la souche Ghana de *O. niloticus* ont été introduits à Auburn à partir d'Israël. Cette introduction a été réalisée dans le cadre d'un programme de collaboration visant à tester les souches entre l'Egypte, Israël et les Etats-Unis. La même année, 66 femelles presque adultes et 20 mâles de la souche Egypte de *O. niloticus* avaient été introduits. Les comparaisons effectuées entre les souches "Côte d'Ivoire", "Ghana" et "Egypte" ont révélé que les poissons de la "souche Egypte" étaient les plus hétérozigotes. La "souche Egypte" s'est également révélée la meilleure au niveau de plusieurs critères commerciaux importants.

En 1982 également, une population de tilapias rouges fut obtenue de Floride (souche "Sipe"). Il semble que cette souche soit un mutant coloré issu d'un croisement entre *O. mossambicus* et *O. urolepis hornorum*. Il se peut que M. Sipe ait réalisé ce croisement avec un *O. mossambicus* qu'il aurait obtenu à l'occasion du commerce de poissons d'aquarium à Singapour. *O. urolepis hornorum* provenait de la population Bouaké/Brésil/Etats-Unis. On s'est ensuite attaché à développer un hybride de tilapia rouge cryorésistant en le croisant avec des souches égyptiennes de *O. aureus* et de *O. niloticus*.

Complément de discussion

Chen Foo Yan a rapporté avoir envoyé de Singapour *O. urolepis hornorum* à W. McConnell du Fishery Cooperative Unit à Tucson, Arizona (McConnell, 1965) au début des années 60. En 1969, ces poissons s'étaient hybridés avec d'autres tilapias, ce qui a été démontré par électrophorèse.

I. Payne a demandé des précisions sur la croissance des tilapias rouges de Floride.

R. Smitherman a signalé qu'il existait plusieurs avis sur ce sujet.

J. Moreau a indiqué que les *O. urolepis hornorum* conservés à Bouaké et envoyés au Brésil provenaient de Malaisie. En effet, un lot de poissons avait été offert par G. Prowse au Centre technique forestier tropical (CTFT).

Chen Foo Yan a précisé que *O. urolepis hornorum* avait été introduit en Malaisie à partir de Zanzibar en 1958.

Quant à la croissance des tilapias rouges, si l'on utilise l'indice ϕ' mis au point par Moreau *et al.* (1986), la croissance des tilapias rouges de Taiwan et des Philippines est aussi bonne que celle de *O. niloticus* (Galman, 1987 ; Galman *et al.*, 1988b). Les valeurs de ϕ' que

donne Galman (1987) sont les suivantes : tilapia rouge des Philippines, 2,17-2,30 ; tilapia rouge de Taiwan, 2,11-2,27 ; cf. *O. niloticus*, 2,28 \pm 0,48 (Pauly *et al.*, 1988).

R.S.V. Pullin a invité les participants à émettre leurs commentaires sur les implications que pouvaient avoir les populations originelles de petite taille et le petit nombre "efficace" de géniteurs, sur les travaux des sélectionneurs.

J. Lester a indiqué que, théoriquement, même une petite population se trouvant dans une situation de goulet d'étranglement pouvait se révéler sensible à la sélection. Toutefois, un plateau sera probablement atteint rapidement car il n'y aura plus de variation génétique. En matière de théorie de l'évolution, il est une opinion largement acceptée selon laquelle la variation génétique protège une population contre les pertes catastrophiques que des changements du milieu pourraient lui faire subir. Dans un milieu géré comme dans une exploitation, il existe moins de risque que ces catastrophes se produisent que dans un milieu naturel (où plus un organisme est spécialisé et moindre est sa variation génétique, plus il aura de chances de disparaître). Aussi la consanguinité peut-elle avoir des effets bénéfiques ou défavorables quand on en vient à la domestication. On peut "passer outre" les effets dépressifs défavorables de l'hybridation consanguine dans certains programmes de sélection -comme cela s'est produit pour la sélection végétale. L'hybridation consanguine n'est toutefois pas recommandée en pisciculture.

W. Villwock a reconnu que l'effondrement d'une population dû à la perte de la variation génétique est peu probable dans un environnement géré. Il a ajouté cependant que la perte de la variation génétique chez les populations naturelles était un problème très grave. Par exemple, il se peut que des poissons élevés en écloséries et que l'on déverse ensuite dans des eaux naturelles ne puissent pas s'adapter et survivre à ce changement d'environnement.

R. Smitherman a fait observer que l'élevage des tilapias aux Etats-Unis pouvait devenir populaire bien qu'il soit frappé de certaines restrictions ; par exemple, les seules espèces que l'on peut se procurer en Californie sont *O. mossambicus* et *T. zillii* ; l'introduction d'autres espèces plus utiles est interdite. *T. zillii* est utilisé pour défricher les fossés d'écoulement. *O. mossambicus* n'est pas très prisé et les autorités californiennes supposent que tous les autres tilapias sont aussi "mauvais" que *O. mossambicus*. Il existe un début d'opérations commerciales aux Etats-Unis mais l'environnement y est trop froid pour que les tilapias survivent ailleurs que dans des installations géothermiques. L'université d'Auburn aimerait améliorer ses populations de *O. aureus* et *O. niloticus*, notamment *O. aureus*, en procédant à de nouvelles introductions. On préfère désormais la méthode d'inversion des sexes par traitement hormonal à l'hybridation dans la production de mâles monosexes et les recherches pour améliorer cette dernière méthode sont pratiquement abandonnées.

R.S.V. Pullin a demandé la raison pour laquelle *O. aureus*, qui provenait de la très petite population originelle d'Auburn (une femelle), avait donné de bons résultats dans d'autres pays d'Amérique.

R. Smitherman a répondu que cette espèce n'avait pas vraiment été évaluée comme espèce propre. Elle est normalement utilisée dans les travaux d'hybridation ou en polyculture mais on sait qu'individuellement elle se développe aussi bien que *O. niloticus*.

R.S.V. Pullin a signalé que l'espèce *O. aureus* "d'Auburn" qui est conservée au Central Luzon State University aux Philippines donnait des résultats médiocres et présentait une difformité (dos "bâté") (Tave *et al.*, 1983). R. Guerrero en a convenu mais a ajouté que des populations étaient tout de même conservées aux Philippines en vue de recherches génétiques futures quand bien les caractéristiques de tolérance au froid ne sont pas nécessaires dans ce pays.

Les participants ont poursuivi la discussion sur les mérites relatifs de *O. niloticus* et de *O. aureus* en ce qui concerne leur croissance. Ils ont convenu que des données comparatives valables faisaient défaut mais que *O. niloticus* présentait maintenant de bonnes caractéristiques pour l'aquaculture tropicale.

Troisième Session. Méthodes de recherche appliquées à l'identification des tilapias et recherche génétique

Président : W. Villwock

Electrophorèse

R.S.V. Pullin

L'électrophorèse recouvre un grand nombre de techniques de laboratoire dont Jorgensen et Phillips (1985) ont fait récemment le bilan. Les spécialistes de la génétique des populations et les taxonomistes ont considérablement utilisé les techniques électrophorétiques et de focalisation isoélectrique pour clarifier le statut des espèces et autres taxons (Shaklee *et al.*, 1982 ; Laird *et al.*, 1982). L'électrophorèse est un outil utile pour établir le statut des populations sauvages et d'élevage ; elle n'est pas une fin en soi. D'importantes études sur l'électrophorèse des protéines de tilapias ont été publiées par Avtalion (1982), Cruz *et al.* (1982), et McAndrew et Majumdar (1983). L'électrophorèse peut fournir de nombreux marqueurs pour distinguer les populations et les données électrophorétiques peuvent être utilisées pour mettre en évidence les polymorphismes, estimer les distances génétiques, les degrés d'hétérozigotie, etc. L'étude récente de Krieg et Guyomard (1985) comparant les populations sauvages et d'écloseries des truites de mer fournit un bon exemple de l'utilité de ces techniques.

Les inconvénients principaux de l'électrophorèse sont le coût et la difficulté de son utilisation. La production de bons gels exige beaucoup de soin et d'expérience, notamment pour certains loci, et il vaut mieux procéder de façon systématique si l'on veut obtenir de bons résultats et des comparaisons de gels fiables. Les éléments matériels et certains des produits biochimiques nécessaires à son utilisation sont coûteux. L'électrophorèse exige de bonnes installations de laboratoire et une source fiable et continue d'énergie, non seulement pour faire réagir les gels mais également pour conserver au froid les échantillons et les réactifs biochimiques. L'électrophorèse n'a pas été énormément développée comme technique de terrain.

Les travaux de Taniguchi *et al.* (1985), Macaranas *et al.* (1986) et Galman *et al.* (1988a) font ressortir l'utilité de l'électrophorèse et de la focalisation isoélectrique dans les études menées sur les tilapias élevés en Asie du Sud-Est et en Israël. La planche 1 illustre un des travaux réalisés sur les populations philippines.

L'électrophorèse est effectivement une technique très utile qui peut fournir des marqueurs génétiques plus fiables que, disons, la coloration du corps (qui peut être très variable selon le milieu et changer rapidement chez les poissons morts ou anesthésiés), et ce procédé est donc de grande utilité pour l'étude de la génétique des populations chez les tilapias. Il reste encore à définir dans quelle mesure l'électrophorèse peut être utilisée dans l'étude des populations naturelles (vu les problèmes logistiques que posent l'obtention de bons échantillons, d'une part, et l'accès à de bonnes installations de laboratoire, d'autre part), et si cette technique peut être développée pour identifier des souches intraspécifiques et non se limiter aux espèces et hybrides.

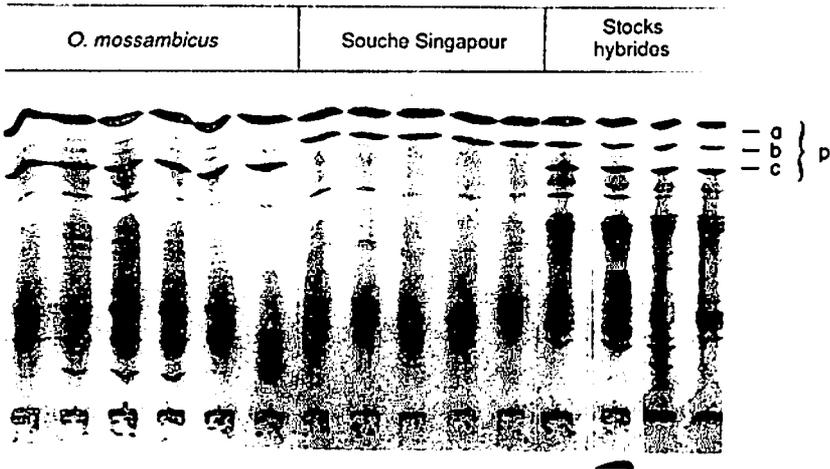


Planche 1. Image typique d'une protéine sarcoplasmique d'un muscle strié d'un tilapia philippin examinée par électrophorèse sur une plaque de gel de polyacrylamide d'ampholine avec un gradient de pH 3 à 10. La parvalbumine est indiquée par un P. On peut observer trois bandes.

Discussion

B. Harvey a demandé des précisions sur les possibilités d'application sur le terrain des techniques électrophorétiques étant donné que cela faciliterait la sélection du matériel à récolter.

R.S.V. Pullin a répondu que l'analyse électrophorétique des tissus provenant d'échantillons recueillis sur le terrain répondait à un souhait important des chercheurs mais que cela posait de gros problèmes logistiques, et à moins que ces problèmes ne soient résolus, les chercheurs devront se contenter d'autres techniques comme la description exacte des caractéristiques morphologiques, de la couleur et des caractères méristiques.

J. Lester a ajouté que les échantillons bien congelés et bien emballés dans de la neige carbonique (CO₂ solide) étaient en général satisfaisants pour la plupart des loci. Il a proposé que son laboratoire réalise les analyses préliminaires du matériel recueilli sur le terrain après quoi les gels pourraient être photographiés en vue de leur interprétation. La plupart des enzymes sont préservés si conservés au dessous de -20°C. La conservation et l'expédition dans de la neige carbonique est toutefois la méthode la plus sûre. L'azote liquide est également un bon moyen de conservation et d'expédition mais il reste plus difficilement en contact avec les échantillons de tissus.

Chen Foo Yan a cité ses travaux (Chen et Tsuyuki, 1970) sur l'électrophorèse de l'hémoglobine, des estérases myogènes des muscles et du LDH chez les tilapias. Ces analyses peuvent très bien différencier les espèces et leurs hybrides F₁. Cependant, dans les études sur les rétrocroisements des hybrides F₁ avec les parents et sur les croisements des hybrides F₂ entre eux, on a observé une ségrégation vers les types parentaux. Par conséquent, lorsque des populations d'espèces et/ou d'hybrides différents s'hybrident librement entre elles, certains marqueurs peuvent indiquer que les spécimens sont des espèces pures alors qu'il s'agit certainement d'hybrides. Par exemple, *O. mossambicus* et *O. urolepis hornorum* ont des marqueurs électrophorétiques spécifiques de chacune des deux espèces. Un hybride F₁ issu de ces deux espèces présente des caractères intermédiaires. Dans les rétrocroisements des hybrides F₁ avec l'un des deux parents, une ségrégation a lieu de sorte que les caractères de

l'un des parents réapparaissent. De même, 25% environ des hybrides F₂ présentent les caractères parentaux de *O. mossambicus*, 25% ceux de *O. urolepis hornorum* et les 50% restant, des caractères intermédiaires.

R.S.V. Pullin a signalé que des échantillons avaient été obtenus dans des exploitations et stations de recherche pour les études sur les tilapias d'élevage d'Asie du Sud-Est (Taniguchi *et al.*, 1985 ; Macaranas *et al.*, 1986) mais qu'aucun hybride expérimental issu de *O. mossambicus* et de *O. niloticus* n'avait été engendré. Les résultats mettaient en évidence certaines fréquences de gènes de *O. mossambicus* chez les populations de *O. niloticus*, c'est-à-dire, l'apparition d'une introgression. Les hybrides F₁ étaient très rares.

W. Wohlfarth a ajouté que l'électrophorèse était un outil très puissant pour différencier les espèces et pour rechercher le degré d'influence que pouvait avoir une espèce sur une autre en cas d'hybridation. Cependant, cette technique semble peu utile pour les recherches au sein d'une même espèce. En outre, l'interprétation et l'application des résultats des analyses électrophorétiques requièrent de l'expérience, des connaissances en génétique et une grande prudence.

R.S.V. Pullin en a convenu mais a de nouveau cité des études comme celles de Krieg et Guyomard (1985) sur les populations de truites de mer en France qui témoignent clairement d'une large variabilité génétique chez les populations sauvages et un haut degré de similarité entre les populations d'élevage. Ces recherches sont très utiles au sein d'une même espèce ; elles peuvent révéler des paramètres génétiques importants. Des études similaires devraient être réalisées sur les tilapias sauvages et d'élevage, notamment les populations de *O. niloticus*.

G. Hulata a fait remarquer que ces études sont certes très précieuses au niveau des populations mais que les techniques électrophorétiques comportent des limites manifestes lorsqu'il s'agit de recueillir des données sur des individus. Les problèmes mentionnés par Chen Foo Yan deviennent alors critiques mais ils peuvent être surmontés si l'on possède assez de marqueurs discriminatoires. Avec, disons, cinq ou six marqueurs, les risques d'erreurs qui consistent à assigner un individu à tel groupe ou à tel autre sont si petits qu'ils sont en fait négligeables. Aussi, dans la mesure où l'on possède assez de bons marqueurs, on peut utiliser l'électrophorèse pour identifier des individus autant que des populations. Une difficulté supplémentaire réside dans le fait que la plupart des marqueurs servant à différencier les tilapias sont des enzymes provenant de tissus d'organes internes. Il existe peu de marqueurs provenant de tissus comme le sang qu'il soit possible de prélever sans tuer l'animal. Il est possible de réaliser des biopsies sur les muscles mais en général, la nécessité de conserver les poissons vivants pour la reproduction réduit considérablement les possibilités d'obtenir des marqueurs électrophorétiques. L'utilisation d'une petite quantité de marqueurs provenant de géniteurs vivants a posé des problèmes d'interprétation des résultats en Israël.

Chen Foo Yan est tombé d'accord avec G. Hulata et a signalé que pour ses recherches, il avait utilisé des marqueurs provenant du sang (hémoglobine) et que, dans ce cas, les poissons étaient vivants. Il a également utilisé des enzymes provenant des muscles, des reins, du cœur, du foie et du cristallin. Si l'on utilisait suffisamment de marqueurs, le problème de la ségrégation pourrait éventuellement être surmonté.

J. Moreau a demandé quel était le nombre de marqueurs que l'on considérait comme "suffisant".

R.S.V. Pullin a répondu que les travaux réalisés sur les tilapias d'Asie du Sud-Est avaient utilisé cinq ou six marqueurs pour différencier *O. niloticus*, *O. mossambicus* et leurs hybrides, et que cela devrait être suffisant.

J. Lester a demandé pourquoi les chercheurs israéliens trouvaient nécessaire de marquer les individus ; était-ce pour le programme d'hybridation à 100% mâle entre *O. niloticus* et *O. aureus* ?

G. Hulata a acquiescé. En Israël, la première mesure à prendre dans le cadre d'un programme d'hybridation est de s'assurer que les parents n'appartiennent pas aux deux espèces.

O. niloticus et *O. aureus* ont une morphologie et des caractéristiques méristiques très similaires ; aussi, les marqueurs électrophorétiques ont-ils été utilisés comme moyen de vérification dans les écloséries pour identifier les géniteurs et constater leur pureté. Toutefois, cette technique n'est pas toujours fiable.

G. Hulata a ajouté que, même s'il s'agissait de vérifier les populations, il fallait mettre au point des méthodes utilisant des marqueurs qui ne demandaient pas de tuer les poissons ; autrement, les poissons contrôlés ne seraient plus les mêmes que ceux récoltés pour la reproduction. Ceci s'avère particulièrement pour la collecte de nouveaux matériels génétiques destinés à être utilisés en dehors de leur milieu naturel. Les expéditions de tilapias sont presque toujours réalisées quand les tilapias sont encore au stade alevin ou fingerling. Actuellement il est quasiment impossible de faire des essais sur de tels individus en utilisant des marqueurs électrophorétiques sans les tuer.

W. Wohlfarth a rapporté qu'un sélectionneur israélien avait une fois conservé à la fois les géniteurs qu'on lui avait conseillé de garder à l'issue de l'analyse électrophorétique de la pureté de cette espèce et ceux qu'on lui avait recommandé de jeter. Or, ceux-ci donnèrent un pourcentage plus élevé d'hybrides mâles ! Même s'il s'agit là d'une anecdote (malheureusement non documentée), il est probable que les géniteurs ayant des caractéristiques électrophorétiques "médiocres" quant à la pureté de l'espèce donneront d'aussi bons résultats dans les croisements hybrides visant à produire une progéniture mâle que les géniteurs présentant de "bonnes" caractéristiques. Ceci ne signifie pas que l'électrophorèse ne "marche" pas. Toutefois, quand les responsables des écloséries sélectionnent leurs géniteurs en utilisant comme seul critère les données électrophorétiques, une réduction de la variation génétique peut s'en suivre, ce qui s'est produit pour les *O. aureus* israéliens. On peut attribuer cette réduction à plusieurs facteurs possibles, y compris la consanguinité et la dérive génétique.

W. Wohlfarth a averti qu'il ne s'agissait là que d'une hypothèse qu'aucune évidence quantitative n'était venue étayer. Toutefois, selon cette supposition, les géniteurs *O. aureus* auraient perdu des gènes précieux en raison d'une mauvaise utilisation des techniques électrophorétiques. En conclusion, 1) on peut donc recourir à l'électrophorèse pour identifier les poissons mais il vaut mieux s'en tenir aux performances de croissance lors des sélections à des fins commerciales, et 2) il faut utiliser cette technique avec grand soin.

Recherches sur les groupes sanguins des tilapias

W. Villwock

Depuis quatre ans, un groupe de recherche de l'université de Hambourg conduit des recherches sur les groupes sanguins des poissons tout en mettant l'accent sur les espèces d'élevage. Ces travaux sont nés d'une question posée au cours d'études fondamentales sur l'évolution des vertébrés. La question était de savoir quand les groupes sanguins ont-ils commencé à se développer ? On reconnut bientôt la valeur potentielle que représentaient les groupes sanguins comme outil de discrimination entre les espèces très proches ou entre les populations sauvages et domestiquées au sein d'une même espèce.

Les travaux furent tout d'abord axés sur la carpe (*Cyprinus carpio*). Récemment, le groupe a réussi à isoler quelques structures de la membrane des érythrocytes (Groth *et al.*, 1984 ; Oberst *et al.*, sous presse) et à cloner certains anticorps sur l'une d'elles. Le groupe est certain que ces travaux contribueront à mettre au point une technique pour déterminer les populations très proches en se basant sur leur groupe sanguin. Une technique immunologique comme celle-ci pourrait être utilisée sur le terrain, contrairement à l'électrophorèse.

Le groupe a commencé des travaux sur *Oreochromis niloticus* et utilise des populations vivant en captivité. Il est à présent indispensable d'obtenir des échantillons de populations sauvages. On pense que cette technique deviendra un outil très puissant d'identification des tilapias.

[Plusieurs espèces de tilapias ont été identifiées par une méthode immunologique (Timen et Avtalion, sous presse) et on espère que cette méthode s'appliquera également à la variation intraspécifique -note de l'Editeur].

Analyse à variables multiples des données méristiques et morphométriques

M.J.R. Pante

En dépit de l'utilité de l'électrophorèse pour différencier les populations de tilapias et pour déterminer leurs niveaux de variation génétique, cette technique est coûteuse et laborieuse. Aussi, les éleveurs et les chercheurs ont-ils commencé à rechercher d'autres critères pour décrire leurs populations. Certains éleveurs aux Philippines considèrent le nombre de rayures sur la nageoire caudale chez *Oreochromis niloticus* comme un caractère important à observer lors de la sélection des géniteurs. En effet, on pense qu'un nombre élevé de rayures bien définies est associé à un haut degré de "pureté" de l'espèce et à une bonne croissance. Il n'existe cependant pas d'évidence absolue sur ce point.

[E. Trewavas a plus tard apporté des précisions sur cette question. Les rayures de la nageoire caudale augmentent à mesure que le poisson croît. Les rayures de la caudale des sous-espèces *O.n. eduardianus* et *O.n. cancellatus* sont moins marquées que celles de *O.n. niloticus* -note de l'Editeur].

Lors du programme de collaboration entre l'Institut des sciences marines de l'université des Philippines (UPMSI) et l'ICLARM, des données méristiques et morphométriques ont été recueillies d'un certain nombre de populations de tilapias élevées aux Philippines en vue d'analyses statistiques à variables multiples (Pante *et al.*, 1988). Les analyses présentées ci-après ont été réalisées à l'université de Houston en collaboration avec J. Lester.

On a donné à la technique utilisée le nom d'"analyse discriminante canonique". Les données provenaient de deux populations témoins : la "souche Ghana" de *O. niloticus* provenant d'Israël et élevée aux Philippines (I) ; *O. mossambicus* (M), population sauvage provenant d'eaux saumâtres ; ainsi que de populations ressemblant à *O. niloticus* (mais issues d'une hybridation introgressive) (P, S, T) (Fig. 23) et de tilapias rouges (R, L) (Tableau 8).

Lors d'une analyse introduisant les rayures de la nageoire caudale comme caractère méristique, les tilapias rouges ont été rapidement séparés (n'ayant pas de rayures à la caudale) et les populations de *O. niloticus* et celles lui ressemblant ont été regroupées (Fig. 24).

Dans le cadre d'une autre analyse, les caractères méristiques et morphométriques ont été utilisés ensemble (Fig. 24) Les données morphométriques créaient des différences entre les populations, distinction reposant essentiellement sur des différences de *taille*. Le perfectionnement de cette technique est toutefois nécessaire pour analyser les différences de *forme* plutôt que de *taille* et ceci sera entrepris en utilisant des techniques de "réseau d'affinité"* (Humphries *et al.*, 1981; Brzeski et Doyle, 1988).

Jusqu'à présent, ces analyses à variables multiples peuvent distinguer des espèces comme *O. niloticus* et *O. mossambicus* mais elles ne sont pas suffisamment au point pour différencier des souches ou des hybrides très proches. L'UPMSI, l'ICLARM et le groupe de Houston espèrent que le perfectionnement de ces techniques les rendra très utiles, notamment pour analyser les données recueillies sur le terrain.

* Ce terme est une traduction libre de "truss network" présenté entre autres par J.M. McGlade et E.G. Boulding dans le Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1457 -NdT.

Tableau 8. Moyenne et écart type (entre parenthèses au dessous des moyennes) de tous les caractères (ED, RD, RA, CB, RC, HC/LS, LT/LS, LS, DIO, DO) utilisés dans les analyses discriminantes canoniques pour *Oreochromis mossambicus* (M), *O. niloticus* (I), les populations ressemblant à *O. niloticus* (P,S,T) et les tilapias rouges (R,L) (d'après Pante *et al.*, 1988).

Caractères	<i>O. mossambicus</i>		<i>O. niloticus</i>			Tilapia rouge	
	M	S	P	T	I	R	L
Comptage des épines à la dorsale (ED)	15,92 (0,474)	16,42 (0,642)	16,75 (0,669)	16,68 (0,572)	16,90 (0,632)	17,00 (0,707)	16,80 (0,405)
Comptage des rayons à la dorsale (RD)	11,92 (0,526)	12,55 (0,828)	12,90 (0,709)	12,85 (0,662)	12,78 (0,479)	12,15 (0,899)	12,88 (0,563)
Comptage des rayons à l'anale (RA)	11,30 (0,608)	10,42 (0,642)	10,55 (0,504)	10,00 (0,599)	10,48 (0,506)	9,31 (0,855)	10,25 (0,494)
Comptage des brianchiospines (CB)	22,85 (1,222)	29,47 (2,102)	30,52 (1,485)	29,10 (1,392)	29,08 (1,163)	31,46 (1,330)	29,18 (1,907)
Rayure à la caudale (RC)	0 0	8,12 (1,343)	7,75 (1,171)	5,13 (1,239)	7,40 (1,236)	0 0	0 0
Hauteur du corps/longueur du corps (HC/LS)	56,04 (3,765)	63,68 (2,120)	63,67 (2,170)	51,45 (2,129)	51,62 (1,879)	64,09 (2,460)	58,09 (3,109)
Longueur de la tête/longueur standard (LT/LS)	55,34 (3,499)	62,36 (4,157)	61,58 (2,149)	48,71 (1,501)	50,17 (1,384)	55,61 (1,479)	49,83 (2,428)
Longueur standard (LS)	13,68 (2,023)	14,84 (1,535)	12,59 (0,993)	12,72 (0,786)	13,06 (1,057)	12,22 (0,706)	7,36 (0,699)
Distance interorbitale (DIO)	1,54 (0,155)	2,11 (0,223)	1,76 (0,192)	1,29 (0,102)	1,30 (0,156)	1,56 (0,100)	1,04 (0,096)
Diamètre de l'oeil (DO)	1,00 (0,099)	1,36 (0,146)	1,23 (0,101)	0,85 (0,052)	0,92 (0,069)	0,98 (0,067)	0,72 (0,065)

Discussion

J. Lester a confirmé que cette technique pouvait différencier des espèces de certains hybrides mais que son application à l'étude de la variation intraspécifique était moins prometteuse.

G. Hulata a demandé si ces analyses à variables multiples pouvaient réellement être appliquées sur le terrain dans la mesure où elles exigent un équipement informatique probablement plus puissant que la micro-informatique. De surcroît, un long délai interviendrait entre la collecte des données sur le terrain et leur interprétation. Un "diagramme" à usage sur le terrain, défini à partir d'un certain nombre de mesures et de caractères, et permettant d'attribuer les spécimens à différentes catégories, pourrait-il être mis au point ? En d'autres termes, il s'agirait d'une sorte de clé de terrain plus perfectionnée et fort utile de ce fait. Kuris *et al.* (1987) ont conçu un diagramme pour *Macrobrachium* mettant en évidence la corrélation qui existe entre la longueur totale et la longueur de la carapace. Si l'on effectue de simples mesures sur le terrain et que l'on incorpore ces données à un diagramme, un spécimen mâle peut être attribué à un certain nombre de groupes différents : "non différenciés", "pince

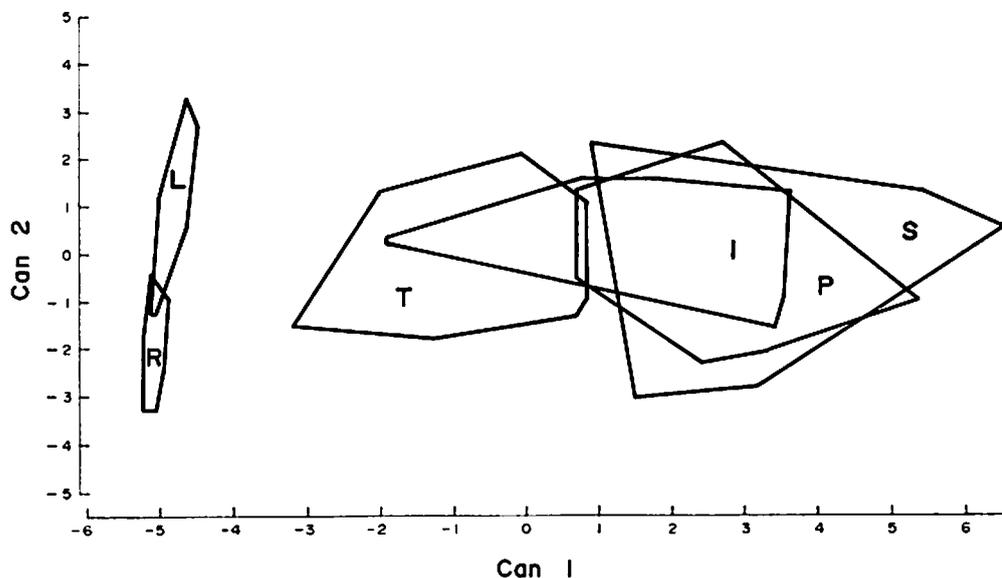


Fig. 23. Tracé des deux premières variables canoniques d'après l'analyse des caractères méristiques (ED, RD, RA, CB et RC) des tilapias : *Oreochromis niloticus* (I) ; des populations ressemblant à *O. niloticus* (P, S, T) et des tilapias rouges (L, R). Les abréviations utilisées sont développées au Tableau 8 (d'après Pante *et al.*, 1988).

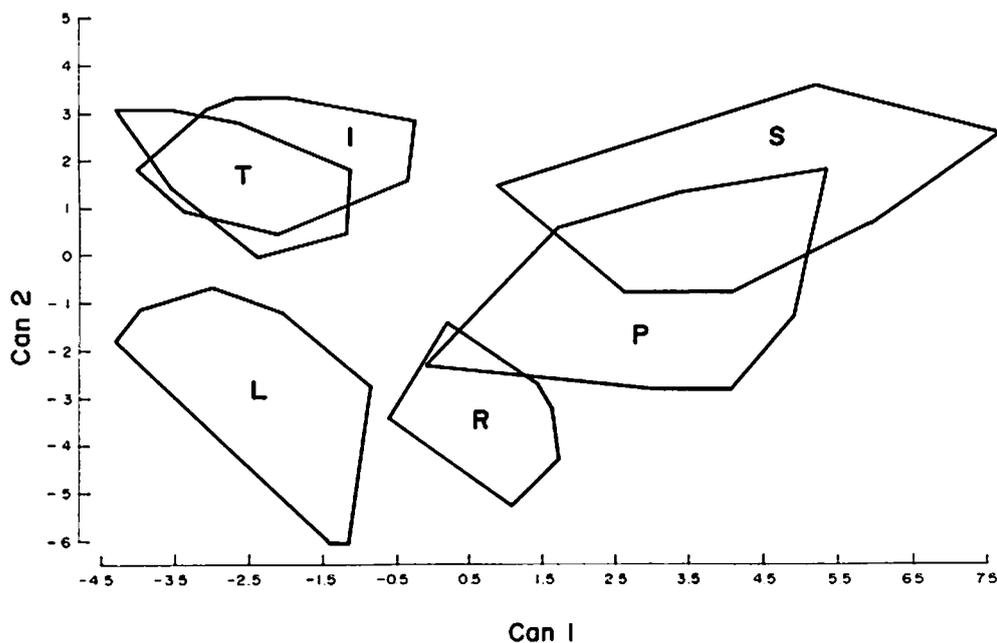


Fig. 24. Tracé des deux premières variables canoniques d'après l'analyse des caractères morphométriques (HC/LS, LT/LS, DIO et DO) et méristiques (ED, RD, RA et CB) des tilapias : *Oreochromis niloticus* (I) ; des populations ressemblant à *O. niloticus* (P, S, T) et des tilapias rouges (L, R). Les abréviations utilisées sont développées au Tableau 8 (d'après Pante *et al.*, 1988).

orange", "pince bleue", etc. Quelque chose de similaire pourrait-il être élaboré pour les tilapias ?

R. Smitherman a signalé que la présence de différents morphotypes mâles était responsable de la réussite de cette technique dans le cas des *Macrobrachium*. Pour les tilapias, un système d'identification des juvéniles et des poissons de différents sexes serait nécessaire.

M.J.R. Pante a répondu que c'était une idée très intéressante. Toutefois, le groupe UPMSI/ICLARM/Houston envisage d'examiner les possibilités de photographier les spécimens sur le terrain et d'analyser ensuite au laboratoire les différences de forme parmi les souches à l'aide d'un convertisseur analogique-numérique, et de procéder à l'analyse en composantes principales.

J. Lester a ajouté que l'objectif était de définir un indice qui permettrait, par exemple, de détecter une différenciation au sein de l'ensemble des populations naturelles de *O. niloticus* lors de l'examen de la variation intraspécifique.

R.S.V. Pullin a souligné que les résultats obtenus jusqu'à présent étaient fort encourageants. Par exemple, ces analyses ont placé ce que l'on appelle *O. niloticus* de Taiwan et celui d'Israël en une même catégorie ; ils ont peut-être la même origine (Israël !) bien que Taiwan ait également importé cette espèce d'Égypte. Ces analyses visant à différencier *O. niloticus* des populations lui ressemblant (résultant d'hybridations introgressives) et des tilapias rouges ont donné des résultats impressionnants et aussi bons que ceux obtenus par électrophorèse. Le perfectionnement de ces techniques permettant l'analyse des formes sur le terrain présenterait un avantage inestimable.

D. Thys van Audenaerde a rapporté que les méthodes analytiques à variables multiples étaient de plus en plus utilisées pour étudier les populations de nombreux groupes d'animaux. Pour les tilapias, il faut savoir comment comparer les populations et souches sauvages et d'élevage. On peut mesurer la distance génétique mais le but vraiment recherché est d'obtenir un tableau complet de la variation génétique dans la nature ainsi que chez le petit nombre de souches vivant actuellement en captivité. A cet égard, le fait que *O. niloticus* soit répandu sur une zone géographique aussi vaste représente un énorme travail.

Taxonomie et clés d'identification

R.H. Lowe-McConnell

Trewavas (1983) fournit des clés pour l'identification des genres incubateurs buccaux *Sarotherodon* et *Oreochromis* mais sa monographie est trop coûteuse et trop volumineuse pour être utilisée sur le terrain. Il est par conséquent nécessaire de concevoir une clé pour l'identification des tilapias présentant un intérêt particulier pour les éleveurs. Cette clé a été mise au point à l'issue de cet atelier (Appendice III).

Certains des caractères utilisés dans les clés de terrain comme la couleur des géniteurs mâles et la forme du nid ne sont pas observés dans tous les cas et l'identification des petits spécimens juvéniles pose également un problème. Par exemple, au stade juvénile, les quatre espèces *Oreochromis Nyasalapia* du lac Malawi vivent mélangés en bancs et il est très difficile de les attribuer aux différentes espèces. On peut les distinguer plus facilement quand ils changent de couleur au moment de la reproduction. En outre, quand les espèces se sont mélangées, suite aux introductions et aux transferts, les clés peuvent être très difficiles à utiliser. Toutefois, on devrait encourager ceux qui travaillent sur le terrain à utiliser ces clés et à ne pas prendre cette attitude quelque peu "apathique" qui est de considérer la situation sans espoir en raison des phénomènes d'hybridations. Dans de nombreux endroits, les clés se révèlent très utiles, particulièrement quand on recueille des spécimens dans des eaux naturelles.

D. Thys van den Audenaerde

Bien que les clés que l'on utilise sur le terrain soient nécessaires, leur emploi pose cependant un problème aux chercheurs car ils rencontrent de nombreuses espèces, et la taxonomie des tilapias, déjà complexe, complique la situation davantage. Les géniteurs mâles sont toujours faciles à identifier, ce qui n'est pas le cas pour les femelles et les juvéniles.

On devrait inciter les chercheurs à s'efforcer de vérifier leurs travaux d'identification en se rapportant aux caractères que les taxonomistes utilisent depuis de nombreuses années. Il est surprenant que de nombreux chercheurs ne sachent pas faire les simples gestes qui sont nécessaires pour identifier les tilapias, comme ceux qui consistent à compter les branchiospines et les écailles, ou à disséquer un os pharyngien. Ces techniques devraient être décrites dans un manuel et une formation devrait être assurée. Par exemple, le groupe de Leiden qui travaillait sur les Haplochrominés a rencontré des difficultés similaires et a mis alors au point un manuel définissant, par exemple, la morphologie de la dent ("bicuspidé", "arquée", "fortement arquée", etc.) à l'aide d'illustrations normalisées. Un travail de ce genre serait très précieux pour les tilapias. On peut trouver ces informations dans Trewavas (1983) en se rapportant aux différentes pages et illustrations, mais ces travaux sont destinés aux spécialistes et non aux chercheurs travaillant sur le terrain. Ces derniers ont plus besoin d'une formation de base à la morphologie des tilapias.

Mettre au point une clé valable pour toutes les espèces de tilapias est en définitive une tâche très difficile. Il vaut mieux commencer par la description de la morphologie générale à partir de laquelle il est possible d'attribuer les poissons aux groupes principaux, et de se concentrer ensuite sur les espèces qui présentent un intérêt particulier pour l'aquaculture. Une idée intéressante serait d'élaborer des planches d'identification pour un petit nombre d'espèces, ce qui se fait déjà dans le commerce des poissons d'aquarium qui utilise des planches en couleur. Quand on trouve de nouvelles souches de tilapias, celles-ci peuvent être reportées sur de nouvelles planches d'identification que l'on peut ajouter à la clé. Ce travail serait très utile aux aquaculteurs.

Discussion

W. Villwock a signalé que la FAO avait mis au point des planches d'identification pour des espèces appartenant à un certain nombre de familles. Ces planches pourraient servir d'exemple.

W. Wohlfarth a précisé qu'une clé d'identification des tilapias était en effet nécessaire et qu'il espérait que les participants collaboreraient à sa production.

R.S.V. Pullin en a convenu mais a ajouté que le problème était double, à savoir, 1) comment identifier les spécimens sur le terrain et 2) comment décrire et consigner les populations sur un registre. Ce sont deux problèmes tout à fait différents. Par exemple, il est indispensable de préciser des normes de description si l'on veut établir et mettre à jour un "registre international des souches" pour les tilapias d'élevage. Ceci a déjà été fait pour les truites (Kincaid, 1981) et les poissons-chat (Dunham et Smitherman, 1984). Pour les populations sauvages, il sera nécessaire d'utiliser de meilleurs guides à usage sur le terrain écrits par des taxonomistes experts en la matière.

J. Lester a demandé comment un registre de souches (par exemple le registre des poissons-chat) pouvait fonctionner.

R. Smitherman a répondu qu'aux Etats-Unis, le registre des poissons-chat avait été conçu comme un "catalogue des géniteurs ancestraux" (Dunham et Smitherman, 1984) pour éliminer les grandes frustrations des aquaculteurs et chercheurs dues à l'insuffisance des informations sur les origines des souches commerciales et les corrélations existant entre elles. Ce registre s'est révélé être une réussite et serait une excellente idée pour les tilapias.

Estimation des paramètres génétiques et évaluation des performances en élevage

W. Wohlfarth

Les informations communiquées par Wohlfarth *et al.* (sous presse) et Hulata *et al.* (1988) rendent compte des comparaisons réalisées à la station de Dor sur différentes souches de *Oreochromis aureus* et de *O. niloticus*. En résumé, les travaux ont révélé une variation génétique considérable au sein de chaque espèce, c'est-à-dire, entre les "isolats" de chaque espèce. Il est par conséquent indispensable d'examiner différents isolats ainsi que leur adaptation à des milieux d'élevage donnés. Une interaction peut se produire au niveau du génotype et du milieu, et diverses souches ou "isolats" doivent être évaluées dans les milieux d'élevage pour lesquels ils ont été développés.

Un petit nombre d'échantillons ont été utilisés à la station de Dor et peu de tests ont été réalisés, mais il semble qu'au sein de *O. aureus* et de *O. niloticus*, les isolats utilisés actuellement à des fins commerciales soient inférieurs par rapport aux trois ou quatre autres isolats que l'on avait étudiés et comparés. Ceci montre que des améliorations sont encore à faire (ce qui est de bonne augure pour les généticiens des tilapias !).

Pour expliquer ces résultats, il faut comprendre qu'en Israël, *O. aureus* est une espèce endémique tandis que toutes les populations d'élevage de *O. niloticus* ont été introduites. L'isolat de *O. niloticus* le plus fréquemment utilisé à des fins commerciales provient de l'introduction d'un petit nombre de poissons (neuf femelles et deux mâles) à partir du Ghana. Il se peut que *O. niloticus* ait donné de bien moins bons résultats en raison des hybridations consanguines, de la dérive génétique ou de la perte d'allèles importants. Les autres isolats de *O. niloticus* que l'on a comparés provenaient de populations originelles plus abondantes et étaient domestiqués depuis bien moins longtemps. La leçon que l'on peut en tirer est que l'on devrait expédier un nombre suffisant de poissons et, dans la mesure du possible, un nombre égal de femelles et de mâles.

Pour *O. aureus*, trois isolats ont été étudiés : 1) un stock d'une écloserie commerciale, conservé pendant plusieurs générations à la station de Dor, 2) un autre stock local provenant d'un réservoir d'irrigation isolé qui n'a pas été contaminé depuis de nombreuses années, et 3) un échantillon de la population sauvage du lac Manzallah en Egypte. Les résultats du stock commercial étaient les moins bons.

En Israël, le caractère commercial le plus important est l'aptitude des stocks parentaux de *O. niloticus* et de *O. aureus* à produire une progéniture F₁ presque entièrement mâle. On a alors décidé d'utiliser des tilapias d'Israël (*O. aureus* et *O. niloticus* introduits à partir du Ghana et de l'Ouganda) pour produire des stocks parentaux uniformes dont les progénitures donnent de hauts pourcentages d'hybrides mâles. L'électrophorèse a été utilisée pour déterminer la variation génétique chez les stocks disponibles (Wohlfarth et Hulata, 1983) [voir également p.58 -note de l'Editeur]. Le stock de *O. niloticus* d'Ouganda présentait une variabilité élevée et on l'a rejeté pour des raisons de production. En revanche, le poisson du Ghana présentait des images électrophorétiques plus uniformes et il est devenu le stock préféré des programmes d'hybridation.

Pour *O. aureus*, les images électrophorétiques indiquaient une variation génétique très élevée que l'on s'est attaché à éliminer. Les sélectionneurs ont envoyé des prélèvements sanguins au laboratoire d'électrophorèse de l'université de Bar Ilan qui leur a indiqué quels étaient les poissons qu'il fallait conserver ou rejeter s'ils voulaient produire des stocks plus uniformes (Mires, 1977 ; Galman *et al.*, 1988a).

Il est essentiel de compter sur des méthodes fiables pour évaluer les résultats d'élevage des différents groupes de poissons. Pour les carpes (*Cyprinus carpio*), le recours à des tests collectifs pour l'évaluation comparative s'est révélé efficace (Wohlfarth et Moav, 1985) et cette méthode a été appliquée par d'autres chercheurs qui travaillaient sur les poissons-chat

et les Salmonidés (Dunham *et al.*, 1982 ; Gjerde *et al.*, 1983). C'est une méthode *appropriée*. En revanche, l'évaluation comparative d'un grand nombre de groupes génétiques exigerait un grand nombre d'étangs si l'on procédait à des tests individuels, gardant à l'esprit les variations que l'on enregistre d'un étang à l'autre, et donc, la nécessité d'avoir des copies.

Il existe cependant deux problèmes associés aux tests collectifs que l'on réalise sur différents groupes génétiques de tilapias. Tout d'abord, il faut bien marquer les poissons sans les abîmer. Or, à cet égard, la question n'est pas entièrement résolue bien que l'on dispose actuellement d'une grande variété de techniques comme celle qui consiste à sectionner les épines (Rinne, 1976). En second lieu, les conséquences possibles des interactions comme celle de la compétition alimentaire entre les groupes vivant en collectivité, peuvent faire varier les résultats des tests collectifs par rapport aux tests individuels. A ce titre, la *culture séparée* du meilleur génotype est l'ultime objectif.

Pour évaluer cette technique, on recommande de procéder à une série de tests à la fois collectifs et individuels. Les résultats peuvent être présentés comme une régression entre les différences de croissance enregistrées dans les tests collectifs et individuels, ce qui exige des efforts considérables et demande beaucoup de temps. Des essais menés sur 15 à 20 étangs ne donnent qu'un point unique pour les analyses de régression. Cette approche a été adoptée en Israël, et par McGinty (1987) à Puerto Rico. Il importe cependant de continuer les efforts dans ce sens. La coopération internationale pourrait réduire la charge que représentent ces tests, et la formation d'un groupe international de recherche qui regrouperait les résultats de ceux qui réalisent des tests collectifs et individuels serait une aide précieuse [voir p.76 -note de l'Editeur]. Il est indispensable de réaliser au moins 10 ou 15 expériences, comme ce fut le cas pour la carpe en Israël (Moav et Wohlfarth, 1974), mais c'est une tâche énorme pour un seul groupe de recherche dans la mesure où ces expériences monopolisent les installations de laboratoire et freinent les autres recherches. Ce problème est particulièrement grave lorsque les périodes de reproduction et de croissance sont réduites en raison du climat, comme c'est le cas en Israël.

Un autre facteur important est la variation enregistrée au niveau du poids initial chez les poissons soumis aux tests. La méthode utilisée par Wohlfarth et Moav (1985) pour corriger les différences de poids initial chez les carpes peut être nécessaire ou non pour les tilapias. Ce procédé ne devrait toutefois pas être étendu à d'autres espèces à moins qu'une relation entre le gain pondéral et le poids initial ne soit démontrée lors des tests collectifs.

Discussion

R.S.V. Pullin a signalé que les rapports faisant état d'une perte possible de variation génétique chez *O. aureus* en Israël faisaient ressortir la nécessité de conserver les ressources naturelles génétiques, vu que ce sont des sources supplémentaires de variation génétique. Il a ajouté que le fait de fournir des tilapias à d'autres personnes était une lourde responsabilité à assumer, étant donné que c'étaient les bénéficiaires qui recueillaient (intentionnellement ou non !) les résultats recherchés par les fournisseurs tant au niveau de la reproduction qu'au niveau des procédés d'écloserie. A titre d'exemple, Israël a fourni *O. aureus* et *O. niloticus* à de nombreux pays, comme l'ont fait certaines universités occidentales.

R. Smitherman a mentionné qu'il pensait inadéquat de qualifier l'expérience israélienne réalisée par électrophorèse sur des géniteurs comme une "mauvaise utilisation" de cette technique. Cette dernière a été utilisée comme un outil et l'objectif de l'expérience était, il y a lieu de croire, de produire deux populations de *O. aureus* et *O. niloticus* par croisement consanguin dans le cadre des travaux de croisements. L'utilisation de cette technique fut une réussite. Toutefois, on déconseille vivement de fournir à d'autres personnes ces stocks parentaux, comme s'ils étaient des géniteurs purs, pour les utiliser dans des travaux de reproduction. R. Smitherman a ajouté qu'il avait entendu dire, lors du Premier colloque international sur les tilapias en aquaculture à Nazareth en 1983, que certains exploitants israéliens utili-

saient des hybrides *O. niloticus* x *O. aureus* F₁ comme géniteurs. R. Smitherman a demandé qu'on l'éclaire sur ce sujet, particulièrement sur la question de savoir si une réduction de la variabilité des stocks parentaux, due aux croisements consanguins, n'aurait pas incité les exploitants à commencer ce genre de pratiques.

G. Hulata a répondu que la perte de variation génétique chez les géniteurs israéliens n'était pas réellement due à l'électrophorèse. En fait, les méthodes israéliennes de reproduction des tilapias incitent les exploitants à n'utiliser qu'un petit nombre de géniteurs. Il sera inutile, à l'avenir, de récolter dans la nature du matériel à grande variation génétique si les pratiques de gestion des géniteurs adoptées par les éleveurs causent des pertes de variation au fur et à mesure des générations. La tendance de certains éleveurs israéliens à utiliser des hybrides F₁ comme géniteurs est attribuable à leur production élevée d'alevins rendue possible par l'introduction des techniques d'inversion des sexes pour produire une progéniture entièrement mâle. Ces éleveurs ont adopté un point de vue étroit et potentiellement dangereux : considérer que dans la mesure où les géniteurs produisent de grandes quantités d'alevins qui subiront ensuite un traitement hormonal en vue de produire 99% de mâles, les autres caractères génétiques sont négligeables.

Ceci est une vue erronée. Dans de nombreux pays, les éleveurs n'ont en fait nullement besoin d'utiliser des hybrides. Ils devraient utiliser leurs meilleures souches d'espèces non hybrides et recourir aux techniques d'inversion des sexes pour obtenir des progénitures entièrement mâles. En Israël, le croisement *O. niloticus* x *O. aureus* a tout d'abord été réalisé parce que c'était la seule méthode connue pour produire des progénitures mâles > 95% en quantités commerciales. Quand bien les techniques d'inversion des sexes ont été introduites en Israël, les hybrides sont toujours utilisés, principalement en raison de leur tolérance au froid acquise du parent *O. aureus*. *O. niloticus* est plus sensible au froid. En Israël, *O. aureus* n'est pas élevé pur car il se terre dans la vase et il est très difficile de le récolter. L'hybride réunissant les meilleurs caractères des deux parents, et la résistance au froid n'étant pas très recherchée dans la plupart des pays tropicaux, *O. niloticus* est en train de devenir rapidement l'espèce de premier choix. Toutefois, la tolérance au froid est un attribut important dans les régions d'Afrique de moyenne à haute altitude et dans les pays subtropicaux.

R. Smitherman a demandé si l'on possédait des résultats de performance sur les progénitures des géniteurs F₁.

G. Hulata a répondu qu'à l'issue d'une comparaison, les poissons F₂ ayant subi une inversion des sexes avaient donné de bien moins bons résultats que les poissons F₁ et montraient une plus grande variation au niveau du poids au moment de la récolte, comme il était à prévoir selon la théorie génétique (Hulata et al., 1988). G. Hulata a fortement recommandé de ne pas utiliser des hybrides F₁ comme géniteurs et des hybrides F₂ comme matériel de production ou de croisement. Ces pratiques ne sont nullement justifiées.

R. Smitherman a signalé que les résultats d'expériences menées à l'université d'Auburn avaient confirmé les dires de W. Wohlfarth, à savoir que le classement des groupes était le même tant pour les tests collectifs que pour les tests individuels. Il en est de même pour les résultats de McGinty (1987) à Puerto Rico (la comparaison entre les poissons rouges et ceux normalement colorés était bien plus facile que le marquage des poissons d'aspect similaire). L'opinion de R. Smitherman était que la performance réelle d'une souche donnée pouvait être facilement déterminée lors de la répétition des tests en étangs séparés.

R.S.V. Pullin a commenté que la variation enregistrée d'un étang à l'autre, et même d'une cage à l'autre, pouvait être si élevée que des tests individuels, même reproduits, pouvaient être très difficiles à réaliser. Il s'est rapporté à l'expérience conduite à Laguna de Bay aux Philippines qui avait consisté en des tests individuels réalisés en cages. Cette expérience était inscrite dans le cadre d'un projet de coopération entre l'Institut des sciences marines de l'Université des Philippines (UPMSI) et l'ICLARM. Une équipe BFAR-UPMSI-ICLARM mène actuellement des tests collectifs sur des poissons marqués vivant dans différents milieux d'élevage et poursuit les comparaisons entre les tests collectifs et individuels dans des

viviers expérimentaux. R.S.V. Pullin a signalé qu'il était encore trop tôt pour évaluer les résultats mais qu'il s'attendait à ce que la méthode des tests collectifs soit considérée comme la plus appropriée. Si par cette méthode, il est possible de classer les niveaux de performance de façon fiable, elle pourra être utilisée pour *indiquer* les meilleures souches qui feront l'objet d'autres tests. Les tests collectifs entrepris par différents éleveurs qui mélangeraient divers groupes de poissons marqués aux stocks destinés à la production, permettraient d'examiner les performances d'un matériel génétique varié dans différents milieux d'élevage. Il existe de grandes variations liées au milieu, d'une ferme à l'autre, comme c'est le cas d'un étang à l'autre mais ceci ne peut que justifier le recours aux tests collectifs. R.S.V. Pullin a indiqué que l'interaction entre les groupes vivant collectivement posait un problème mais qu'il doutait que cet inconvénient ne soit plus important que celui d'utiliser un grand nombre d'étangs, de viviers ou de cages pour y répéter les tests individuels, et où les variations d'une unité à l'autre posaient toujours des problèmes.

R. Smitherman a convenu qu'il s'agissait d'une approche séduisante mais a recommandé un contrôle minutieux de la densité d'empeisonnement. Des résultats plus précis n'ont pas encore été recueillis pour les tests individuels conduits à l'université mais les tests collectifs menés sur le terrain devraient donner des indications utiles.

R. Guerrero a demandé à W. Wohlfarth s'il pensait que des méthodes standard pouvaient être mises au point pour comparer les performances de différents tilapias en différents points, par exemple, en Israël, en Asie et dans les pays d'Afrique, tout en gardant à l'esprit les importantes différences de climat, de systèmes d'élevage et de pratiques gestionnaires.

W. Wohlfarth a répondu que la beauté des tests collectifs résidait précisément dans le fait que la mise au point de méthodes standard était désormais inutile : tous les groupes ayant subi les tests vivent dans un même milieu. En fait, c'est la nature "non standard" du milieu d'élevage qui rend les résultats si intéressants, notamment à la ferme. Le but recherché est d'obtenir de bonnes performances à la ferme. Grâce aux tests collectifs, les fermes deviennent en fait des installations expérimentales. Toutefois, avant de qualifier cette technique de "merveille", il est indispensable de concevoir une méthodologie fiable.

R.S.V. Pullin en a convenu et a signalé que c'était précisément ce que le groupe philippin était en train de faire, utilisant pour cela des géniteurs de tilapias que l'on pouvait obtenir dans le pays *avant de s'embarquer* dans des tests plus importants sur du nouveau matériel importé d'Afrique.

C. Nugent a demandé des conseils quant à la conservation et le développement futurs de la "souche Côte d'Ivoire" de *O. niloticus*.

R. Smitherman a conseillé qu'il valait mieux la conserver pour des recherches futures.

W. Wohlfarth a recommandé de continuer à l'utiliser pour la production et pour les recherches futures, et a souligné que l'on ne disposait encore d'aucune donnée pouvant indiquer si les performances en Côte d'Ivoire de cette souche devaient être jugées bonnes ou mauvaises.

R.S.V. Pullin a ajouté qu'un solide programme de sélection mené à bien en Côte d'Ivoire, et ayant pour objet cette souche à l'histoire quelque peu complexe, pourrait offrir une réponse positive.

G. Hulata a signalé que la "souche Côte d'Ivoire", ainsi que d'autres matériels, faisait actuellement l'objet d'une réévaluation en Israël car il se peut que les poissons récemment introduits à partir de Côte d'Ivoire soient totalement différents de ceux qui ont été précédemment évalués (et rejetés en raison d'une incompatibilité et d'une production médiocre d'alevins lors des tentatives de croisements hybrides avec *O. aureus* et *O. urolepis hornorum*). Ces problèmes de sélection constituent les seuls aspects négatifs que les chercheurs israéliens ont rencontrés chez la "souche Côte d'Ivoire" et cela pourrait être spécifique à Israël.

G. Hulata a suggéré que l'indice ϕ' mis au point par Moreau *et al.* (1986) et utilisé par Pauly *et al.* (1988) pourrait être incorporé au système d'évaluation des résultats d'élevage. L'indice ϕ' , s'il se révèle être un paramètre fiable pour comparer différentes souches, pour-

rait conduire à une évaluation comparative centralisée dont le suivi serait assuré par des essais réalisés à la ferme.

J. Lester a insisté sur l'importance de l'interaction entre le milieu et le génotype. Aussi, alors qu'un indice de croissance tel que ϕ' peut indiquer grossièrement la valeur d'un géniteur examiné dans le milieu d'essai, les géniteurs doivent cependant continuer d'être testés dans leur milieu d'élevage réel.

O. Msiska a précisé que la cryorésistance était un caractère très important pour les éleveurs de tilapias dans de nombreux pays d'Afrique et a demandé s'il existait des données comparatives sur la résistance au froid de la souche égyptienne de *O. niloticus* et celle de l'hybride israélien *O. niloticus* x *O. aureus*. Il est d'avis que la production d'hybrides n'est pas appropriée dans le cadre de la plupart des élevages de tilapias d'Afrique.

G. Hulata a répondu qu'aucune comparaison de ce genre n'avait été réalisée entre *O. niloticus* et des hybrides ou au sein de différentes souches de *O. niloticus* que l'on peut obtenir en Egypte. Il a recommandé de ne pas trop mettre l'accent sur un aspect particulier de la production (comme cela s'est produit en Israël pour la production d'alevins hybrides tous mâles). Il est important de considérer tous les attributs requis dans une situation donnée et de développer les meilleurs géniteurs qui donneront de bons résultats dans cette situation.

W. Wohlfarth a ajouté que les tests d'Israël révélaient en général de bien meilleurs résultats de croissance la première année pour les bons hybrides *O. niloticus* x *O. aureus*, tous mâles, que pour les souches d'espèces pures à sexes mixtes. Il se peut qu'une hétérosis se produise ou il s'agit peut-être uniquement de la supériorité de croissance des hybrides tous mâles. Néanmoins, lors de la deuxième année de croissance, à la suite de l'hivernage des poissons et de l'élimination des femelles, les populations d'hybrides tous mâles et les espèces non hybrides donnent des résultats semblables. Quoiqu'il en soit, les populations d'espèces non hybrides ont une croissance supérieure à celle des hybrides.

Quatrième Session. Banques de gènes et collections de poissons vivants

Banques de gènes. La cryoconservation : un outil

B.J. Harvey

Nous nous sommes déjà penchés sur la grande variété des ressources génétiques en tilapias, sur leur conservation et leur utilisation. La cryoconservation est un outil potentiellement utile et relativement peu onéreux. L'application de cette technique à l'élevage des tilapias fait l'objet d'une étude par Harvey et Kelly (1988). Un certain nombre d'objectifs génétiques peuvent être atteints grâce à la création de banques de semences, au recours à la cryoconservation et aux travaux d'hybridation. Les programmes de sélection, la gynogénèse, la domestication, la conservation, et l'action d'éviter les pertes génétiques dues à l'hybridation consanguine sont des mesures toutes aussi importantes.

Le présent atelier s'intéresse particulièrement à un dernier aspect qui est la collecte de gamètes provenant de populations sauvages, leur conservation et leur utilisation dans les programmes de domestication. La laitance peut être recueillie d'une quantité importante de stocks originels, et mise en réserve. Les arguments en faveur des banques de gènes sont les mêmes que ceux en faveur des banques de semence pour les programmes de sélection végétale.

La récolte de laitance et les techniques de conservation ne sont pas compliquées : un simple diluant est ajouté à la laitance et la semence peut être congelée en quelques secondes. Le degré de congélation doit être contrôlé mais le type de contenant utilisé à cette fin rend cette opération facile. La conservation de la semence dans de l'azote liquide peut être considérée comme illimitée.

Le coût et tous les aspects pratiques concernant le stockage et l'expédition de la laitance se sont récemment améliorés grâce à la mise au point de "moyens de transport secs" (Union Carbide Corporation, Cryogenic Equipment Department, 4801 West 16th St., Indianapolis, IN 46224, USA). Le moyen de transport en question est une boîte environ de la taille d'une bouteille Thermos garnie d'une matière absorbante. Cette matière est refroidie, c'est-à-dire, saturée d'azote liquide qu'elle absorbe de sorte qu'il n'y a pas de va et vient de liquide dans le contenant au cours du transport. Selon les conditions ambiantes et le nombre de fois où la boîte aura été ouverte, cette matière maintiendra une température proche de celle de l'azote liquide pendant une période allant jusqu'à deux semaines après le remplissage. Des boîtes contenant des embryons animaux ont été expédiées par avion et placées en cabine pressurisée. Ainsi, dans la mesure où un contenant peut être saturé d'azote liquide, par exemple, dans un centre d'insémination artificielle animale, la semence de tilapia pourrait être recueillie et congelée sur le terrain pendant au moins une semaine.

La principale contrainte posée par la cryoconservation dans le cadre des banques de gènes de poissons est qu'à l'heure actuelle la congélation des oeufs ou embryons de poissons, quels qu'ils soient, est impossible malgré les efforts de la recherche dans cette voie.

Aussi, compte tenu des perspectives d'avenir, les banques de gènes de poissons recourant à la cryoconservation doivent être des banques de gènes haploïdes.

Discussion

R.S.V. Pullin a adhéré à l'opinion de B. Harvey sur la difficulté de congeler les oeufs et les embryons de poissons, et a rappelé les travaux sur les poissons plats marins (Pullin, 1975 ; Pullin et Bailey, 1981). Quant aux banques de semence de tilapia, R.S.V. Pullin pense que seul un petit nombre de chercheurs y auraient accès si elles existaient dès à présent.

C. Nugent a signalé que les banques seraient peut-être un moyen de conserver les ressources génétiques qui risquaient de devenir des espèces en voie d'extinction.

W. Villwock a reconnu que la cryoconservation était une technique très utile qui facilitait la conservation de la variabilité génétique -nécessité reconnue par le groupe d'experts de la FAO sur la conservation des ressources génétiques en poissons (FAO/PNUJ, 1981). Même s'il n'est pas possible de conserver les oeufs et les embryons, mieux vaut conserver la semence que de ne rien conserver du tout.

Alors qu'il est préférable, selon l'opinion exprimée par B. Harvey, de recueillir et d'expédier des poissons vivants, l'envoi de semence est réalisable et relativement peu coûteux pour ceux qui le désirent. Pour les populations menacées d'extinction et pour lesquelles les facilités d'expédition sont source de complication, l'envoi de semence et le stockage se révélerait très utile. La décongélation de la semence (contenue dans des pailles en plastique) et son utilisation dans la fécondation artificielle se font à partir de techniques très simples.

R.S.V. Pullin a indiqué que la cryoconservation du sperme de taureau avait révolutionné la reproduction au niveau du bétail. Il existe des centres d'insémination artificielle dans la plupart des pays, y compris les pays en développement. R.S.V. Pullin a rapporté qu'il avait déjà conservé de la semence de poissons plats marins dans l'unité d'insémination artificielle d'une ferme expérimentale relevant du ministère de l'Agriculture et des Pêches de l'Île de Man. Les centres d'insémination artificielle des pays en développement, notamment ceux d'Afrique, pourraient peut-être assurer la provision d'azote liquide et fournir les facilités de stockage de sperme de tilapia.

R. Smitherman a fortement appuyé l'idée de mettre sur pied des banques de sperme de tilapia ; il a mentionné que des méthodes de cryoconservation de la semence seraient utilisées pour faciliter la conservation des produits sexuels du poisson-chat à l'université d'Auburn. L'entretien d'un nombre élevé de géniteurs vivants provenant de nombreuses populations pour disposer d'un grand nombre de génotypes est une procédure coûteuse. Pour le croisement de deux lignées, une des lignées peut être un poisson vivant, et l'autre, de la semence provenant d'une banque. A l'heure actuelle, le poisson-chat donnant les meilleurs résultats provient d'un croisement interspécifique entre un *Ictalurus furcatus* bleu et un *Ictalurus punctatus* tacheté. Puisqu'il est possible d'expulser les oeufs des poissons-chat, la conservation du sperme se révélerait très utile lors de la réalisation des croisements.

W. Wohlfarth a suggéré que la semence recueillie et congelée sur le terrain pourrait être amenée au laboratoire pour y réaliser une analyse électrophorétique, puis stockée et utilisée dans le cadre des programmes de sélection, ou rejetée selon les résultats.

B. Harvey a approuvé cette suggestion.

J. Lester a signalé à cet égard que dans le sperme, une grande partie du génome était peu actif et que cela poserait un problème lors de l'électrophorèse. Le sperme, en tant que tissu, fournit aux études électrophorétiques bien moins de loci que des tissus comme le coeur, le foie ou les muscles.

G. Hulata a demandé si des méthodes immunologiques ne pouvaient pas être utilisées pour caractériser les échantillons de sperme.

W. Villwock a répondu que l'étude de cette possibilité était tout à fait recommandée.

Collections de géniteurs de tilapias aux Philippines

M.M. Tayamen

Le Centre national de recherche technologique sur la pêche en eau douce (National Freshwater Fisheries Technology Research Center, NFFTRC) relevant de l'Office philippin des pêches et des ressources aquatiques (Philippine Bureau of Fisheries and Aquatic Resources, BFAR) possède la plus grande collection de géniteurs de tilapias aux Philippines. Des géniteurs de diverses espèces et souches sont conservés dans d'autres institutions, notamment la Central Luzon State University (CLSU), près du NFFTRC, et à la Station de pêche en eau douce du Centre de développement de la pêche de l'Asie du Sud-Est (Freshwater Fisheries Station of the Southeast Asian Fisheries Development Center, SEAFDEC). Cet exposé met l'accent sur les stocks que possède le NFFTRC qui a été choisi comme centre national de référence pour les géniteurs. Au NFFTRC, les travaux d'amélioration des géniteurs sont assurés par l'unité de vérification technologique (UVT).

Les géniteurs de *Oreochromis niloticus*, appelés souches "Israël" (BFAR 83), "Singapour" (BFAR 82) et "Taiwan" (BFAR 84); les géniteurs de *O. aureus* de Taiwan (dont la provenance originelle est inconnue) et des tilapias rouges sont tous conservés à l'UVT [voir p.48 pour les détails sur leur origine -note de l'Editeur]. Les chiffres qui figurent en référence pour *O. niloticus* se rapportent à l'année où les populations originelles se sont reproduites pour la première fois. L'UVT maintient les géniteurs originels dans des étangs de reproduction de 600-m², au nombre de 30. Les progénitures F₁ s'y développent jusqu'à atteindre un poids de 50 g, moment auquel elles sont triées par sexe et remises à l'unité de production de semence de poisson (UPSP) qui les place dans des étangs d'élevage de 1200-m², au nombre de 16, et dans des étangs dits de stockage d'environ 4500-m², au nombre de 12. Ces poissons produisent ensuite des fingerlings F₂ qui sont distribués aux éleveurs par l'unité de vulgarisation. Les géniteurs sont aussi distribués aux stations satellites du BFAR à partir de l'UVT (Fig. 25). Il existe 33 fermes relevant du BFAR et réparties sur tout le pays. Vingt

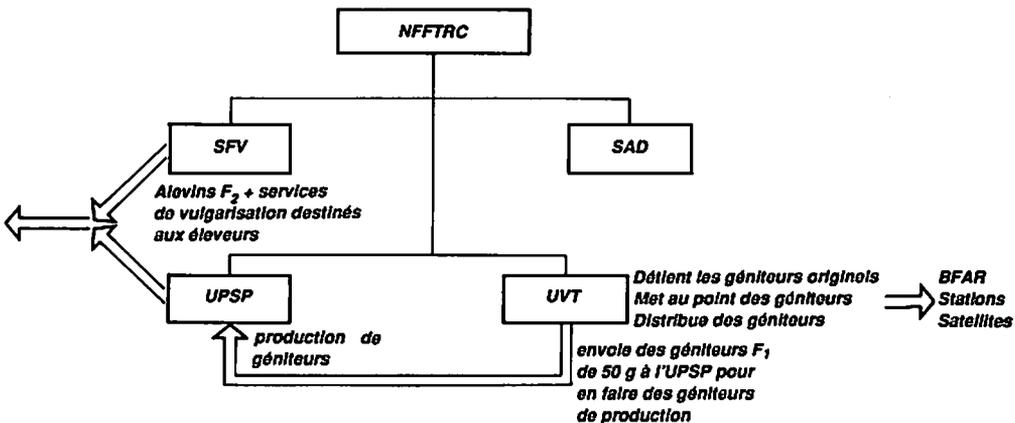


Fig. 25. Diagramme indiquant les diverses unités du National Freshwater Fisheries Technology Research Center (NFFTRC) du Philippine Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (BFAR), Muñoz, Nueva Ecija, Philippines. SAD = services administratifs; SFV = services de formation et de vulgarisation; UPSP = unité de production des semences de poissons; UVT = unité de vérification technologique.

quatre d'entre elles ont reçu des géniteurs du NFFTRC et la souche la plus distribuée est la souche Israël.

Les populations originelles de *O. niloticus* - BFAR 82, BFAR 83, BFAR 84 - sont toujours intactes et on les conserve dans des étangs séparés. Ces populations seront comparées avec de nouvelles introductions. Les poissons sauvages sont totalement éliminés et on empêche les rétrocroisements entre les progénitures et les stocks parentaux en drainant les étangs tous les quatre mois afin d'ôter les alevins/ fingerlings avant qu'ils n'arrivent à maturité.

Discussion

R. Smitherman a donné des explications sur l'âge des stocks originels (BFAR 82, 83, 84) et sur le besoin de renouveler rapidement ces populations.

M. Tayamen en a convenu et a signalé que l'acquisition, à l'avenir, de nouveaux stocks originels viendrait étoffer la collection de géniteurs, dans l'espoir de mettre au point des géniteurs destinés à être utilisés dans le cadre de plusieurs systèmes d'élevage (étangs, cages, rizipisciculture, etc.). Les stocks existants risquent de se détériorer.

R. Smitherman a précisé que les stocks existants pouvaient être conservés et ne pas se détériorer si une politique de gestion appropriée était mise en oeuvre ; par exemple, pour éviter les croisements consanguins. [Voir Appendice II sur le maintien des nombres efficaces de reproductions -note de l'Editeur].

Complément de discussion

J. Lester a demandé si, parmi les pays en développement d'Afrique et d'Asie représentés à cet atelier, on envisageait la création de collections de tilapias comme celles existantes ou en cours de création comme en Israël (station de Dor), aux Etats-Unis (université d'Auburn en Alabama) et aux Philippines (CLSU/BFAR).

O. Msiska a répondu que le ministère des Pêches du Malawi avait créé une collection de tilapias autochtones à la station de Domasi, près de Zomba. Ces poissons sont maintenus dans des étangs de terre. La prédation par les oiseaux et les efforts fournis pour empêcher la contamination due aux croisements entre les différentes populations posent cependant certains problèmes.

M. Tayamen a ajouté que la prédation par les oiseaux n'était pas un problème sérieux aux Philippines. Cependant, la prédation par les poissons et la contamination par croisements sont des problèmes potentiels. L'eau menant aux étangs des collections est filtrée et s'écoule également à travers le sable et les graviers. Les filtres sont vérifiés deux fois par jour.

R. Smitherman a évoqué les filets en plastique mis au point pour protéger les cultures contre les oiseaux. Ces filets pourraient être utilisés pour recouvrir les étangs. Les petits étangs et les bassins en béton abritant les collections de tilapias pourraient de toute façon être recouverts, non seulement pour empêcher les poissons lâchés par les oiseaux prédateurs de retomber dans les étangs et bassins, mais aussi pour les empêcher de sauter d'un bassin à l'autre.

J. Balarin a rapporté que la société Baobab Farm Ltd. à Mombasa (Kenya) possédait une collection d'environ 12 espèces de tilapias et 8 souches de *O. niloticus* placées dans des bassins séparés et couverts.

[Des collections de tilapias vivants sont conservées dans diverses institutions, notamment à l'université d'Auburn en Alabama (Etas-Unis) ; à la station de Dor en Israël ; à l'Institut des savanes (IDESSA) à Bouaké en Côte d'Ivoire ; aux universités de Göttingen et de Hambourg en République fédérale d'Allemagne ; à l'université de Liège en Belgique et à l'Institut d'aquaculture de l'université de Stirling au Royaume-Uni -note de l'Editeur].

G. Hulata a signalé qu'en Israël, l'usage était de faire se reproduire les poissons seulement à partir de géniteurs marqués. En outre, on fait toujours pondre les poissons utilisés dans les programmes de sélection et dans les collections, dans des réservoirs en béton abrités et non dans des étangs. Cette procédure garantit au moins l'identité des stocks de référence et on connaît les parents. La ponte se pratique dans les étangs uniquement dans le but de faire proliférer les poissons à des fins commerciales.

R.S.V. Pullin a rappelé le besoin de mettre au point un registre international des souches de tilapias. A cet effet, il serait nécessaire, pour répertorier les souches, d'arrêter des critères et normes rigoureuses. A ce titre, on se doit de vérifier avec soin ce qu'affirme le secteur privé sur la performance de certaines "souches". Comment procède-t-on pour les poissons-chat et les Salmonidés ?

R. Smitherman a mentionné que les bureaux d'enregistrement des souches devaient considérer des stocks destinés aux travaux de recherche (sur lesquels l'information ne manque pas) et des stocks commerciaux (sur lesquels les seules informations dont on dispose sont en général procurées par l'éleveur). L'origine et le lignage des stocks commerciaux peuvent souvent être retrouvés, mais les affirmations des éleveurs quant aux performances de ceux-ci ne peuvent être vérifiées que par des tests comparatifs rigoureux, ce qui représente une tâche difficile et coûteuse. L'établissement d'un site central ou d'un réseau de sites serait nécessaire à ce travail en tenant compte du problème que pose l'interaction entre le génotype et le milieu. Malgré ces difficultés, on devrait commencer par l'établissement d'un bureau d'enregistrement des souches de tilapias, préciser des normes et formuler des recommandations concernant les procédures à suivre pour les tests.

R.S.V. Pullin a signalé qu'une simple vérification de l'identité des stocks serait un premier pas très utile dans cette voie.

J. Lester a fait remarquer qu'un nécessaire de détermination du groupe sanguin offrait les meilleures possibilités de simple vérification sur le terrain de l'identité des poissons. Les analyses électrophorétiques et à variations multiples des données morphométriques et méristiques sont bien plus coûteuses ; elles représentent un travail laborieux et sont bien moins rigoureuses.

J. Balarin a indiqué que certains fournisseurs commerciaux procédaient à des vérifications minutieuses des expéditions de stocks. La société Baobab Farm Ltd. insiste sur le fait d'obtenir des "lettres de non-objection" émanant des autorités locales et/ou nationales avant d'expédier les tilapias aux bénéficiaires du Kenya ou d'autres pays. On pourrait peut-être déposer des copies des ces lettres et des photographies des stocks parentaux dans un bureau d'enregistrement international. Cette procédure permettrait au moins de documenter la situation actuelle et de conserver des indications sur les expéditions.

W. Villwock a reconnu que cette démarche serait utile.

W. Wohlfarth a fait savoir que toutes ces idées étaient excellentes. Il a notamment ajouté que les participants de l'atelier devraient dès lors assumer un rôle protagoniste en envoyant des informations détaillées sur leurs stocks à l'ICLARM. On pourra ainsi dresser un cadre pour ces informations et des demandes pourront être formulées auprès d'autres institutions non représentées à l'atelier, ceci afin de recueillir des informations supplémentaires. Il est important d'ouvrir la voie dans ce sens et les participants de cet atelier sont les mieux placés pour en prendre l'initiative.

W. Villwock en a convenu.

R.S.V. Pullin a approuvé les suggestions selon lesquelles l'ICLARM devrait se faire le destinataire de ces informations et mettre en place un bureau d'enregistrement. L'ICLARM est un centre de recherches international, non gouvernemental et à but non-lucratif, financé sur le même mode que les centres de recherches agricoles internationaux (CRAI) du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI).

Le musée de zoologie du Département d'ichtyologie de l'université de Hambourg pourrait être choisi comme bureau d'enregistrement de données sur les populations naturelles et les spécimens conservés.

W. Villwock a remercié R.S.V. Pullin et a incité les participants à faire parvenir des informations à l'ICLARM et à Hambourg afin de prendre un départ dans cette voie.

G. Hulata a signalé qu'il était tout d'abord nécessaire d'établir des principes directeurs afin de pouvoir donner un cadre à cette information et que l'on pouvait, à ces fins, éventuellement s'inspirer des registres des truites et des poissons-chat.

W. Villwock en a convenu mais a tout de même vivement conseillé de commencer à fournir des informations. A cet effet, il sera nécessaire de mettre au point une procédure standard de collecte et de conservation des nouveaux spécimens.

R. Smitherman a précisé que le registre des truites avait été préparé par K. Kincaid (1981). La première démarche consiste à poser les questions suivantes pour un stock donné : 1) origine (aussi loin que l'on puisse remonter) et 2) pour la population de géniteurs, a. nombre et proportion des sexes du/des stock(s) originel(s) et b. méthodes utilisées à l'effet du remplacement ou du transfert. Ces questions ont un caractère essentiel. En dehors de cette information, d'autres informations sur les performances seront nécessaires, qu'elles ressortent ou non d'études et qu'elles soient ou non publiées.

Cinquième Session. Discussion générale menant à la formulation de recommandations

Président : R.S.V. Pullin

Recensement et conservation des ressources génétiques en tilapias

Populations naturelles

Après en avoir longuement discuté, un inventaire des sources importantes de tilapias utilisés en aquaculture, ou destinés à l'être, a été dressé (Tableau 9). Il ne s'agit pas d'une liste limitative mais d'une liste qui reflète les diverses opinions des participants à cet égard. Les espèces sont classées approximativement selon l'importance qu'elles revêtent pour l'aquaculture, sous les genres *Oreochromis*, *Sarotherodon* et *Tilapia*.

W. Villwock a recommandé la création de collections de référence de matériel conservé. Ces collections devraient comprendre, en dehors des spécimens récoltés, des informations précises sur leur origine, la date de capture, l'état, etc. ainsi que des données morphométriques et méristiques. Des photographies des poissons récemment morts ou vivants devraient également être jointes. Si des études immunologiques ou électrophorétiques étaient réalisées sur ces spécimens, les résultats devraient également y figurer. Toutes ces informations constitueraient une bonne documentation.

En ce qui concerne la conservation, les sites sauvages abritant des populations naturelles non contaminées devraient, dans la mesure du possible, être protégés. Des banques de gènes constituées par des collections de poissons vivants et des semences conservées par le froid pourraient être établies tant pour palier les pertes de ressources génétiques naturelles que pour mettre ces ressources à la disposition des chercheurs.

B. Marshall a demandé si les données morphométriques provenant du matériel conservé pouvaient être comparées avec celles provenant du matériel récemment obtenu. En d'autres termes, les mesures obtenues du matériel récent peuvent-elles être comparable à celles obtenues des collections de musées ?

J. Lester a répondu que les photographies des spécimens de musées et du matériel récent pouvaient être comparées en procédant à une analyse des formes. En outre, l'obtention éventuelle de certaines données méristiques (notamment le comptage des branchiospines) serait utile à l'étude des modifications enregistrées chez les populations et à l'établissement de l'identité du matériel.

R.S.V. Pullin a rappelé que les spécimens conservés depuis longtemps pouvaient rétrécir ou se déformer mais la mise au point de facteurs de correction pouvaient palier cette situation.

D. Thys van den Audenaerde a signalé que les spécimens de musées présentaient souvent des nageoires repliées ou d'autres caractères qui ne rendaient pas bien sur les photographies.

Tableau 9. Sites où il est possible de trouver des populations importantes ou potentiellement importantes de tilapias non contaminées ou relativement peu contaminées pour les utiliser en aquaculture, et devant être conservées.

Espèces	Meilleurs sites	Autres sites	Remarques
<i>Oreochromis niloticus</i>			
<i>O.n. niloticus</i>	Sénégal*; réseau du Nil et lacs égyptiens	Réseau de la Volta, Ghana Ghana; réseau du Niger, Burkina Faso, Mali et Niger, par ex: la "mare aux hippos", Burkina Faso; lac Tchad, Cameroun, Tchad, Niger et Nigéria	Les stocks du Sénégal* et du Nil sont les moins contaminés; d'autres risquent de s'hybrider avec les poissons des projets d'aquaculture voisins-par exemple, des poissons introduits à partir de Bangui, République Centrafricaine (origine/Côte d'Ivoire) se trouvent actuellement dans le Logone qui se jette dans le lac Tchad; les poissons ivoiriens peuvent également avoir rejoint les réseaux du Niger et de la Volta
<i>O.n. vulcani</i>	Lac Turkana (Lac Rodolphe) Kenya; lac-cratère A; le lac-cratère C n'est peut-être pas contaminé		Seul endroit pour cette sous-espèce
<i>O.n. eduardianus</i>	Lacs du Rift Valley - lac Albert (Ouganda-Zaïre); et lac George (Ouganda)		Les lacs Edouard et George sont peut-être les meilleurs endroits
<i>Oreochromis aureus</i>	Lacs du delta du Nil, Egypte; réseau du Sénégal, Sénégal et réseau du cours moyen du Niger, Mali, Niger		Les populations sénégalaises et égyptiennes sont probablement les moins contaminées
<i>Oreochromis spirulus</i>			
<i>O.s. niger</i>	Le Tana, cours inférieur		Cette sous-espèce semble avoir disparu du cours supérieur de l'Athi, Kenya comme sous-espèce pure (E. Trewavas et R.H. Lowe McConnell, comm.pers.)
<i>O.s. spilurus</i>	Cours inférieur de l'Athi, Kenya		Seul endroit connu mais même ici, il s'hybride avec <i>O.s. niger</i>
<i>O. placidus</i>	Réseau inférieur du Shire, Malawi		Coexiste avec <i>O. mossambicus</i>
<i>Oreochromis shiranus</i>			
<i>O.sh. shiranus</i>	Lac Malawi et cours supérieur du Shire, Malawi et Mozambique		Seuls endroits connus
<i>O.sh. chilwae</i>	Lac Chilwa, Malawi		Seul endroit connu
<i>Oreochromis andersonii</i>	Réseau de la Kafue, Zambie; cours supérieur du Zambèze, Zambie/Zimbabwe; les marécages de l'Okavango, lac Ngami, Ngami, Botswana		Les stocks de la Kafue et du Zambèze peuvent entrer en contact avec <i>O. niloticus</i> et <i>O. aureus</i> qui s'échappent des fermes

(suite page ci-contre)

Tableau 9. Suite

Espèces	Meilleurs sites	Autres sites	Remarques
<i>Oreochromis macrochir</i>	Marécages de l'Okavango, -- Botswana; cours supérieur du Zambèze, Zambie/Zimbabwe; réseau de la Kafue, région du Bangouéolo et lac Moëro, Zambie/Zaire		Les stocks du Botswana sont les moins contaminés
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Lac Sibaya et cours d'eau littoraux en Afrique australe	Cours moyen et inférieur du Zambèze	Les stocks du sud de l'Afrique sont probablement les moins contaminés; les projets d'aquaculture proches des eaux qui se jettent dans le Zambèze peuvent contaminer ces stocks.
<i>O. saka</i> <i>O. squamipinis</i> <i>O. karongae</i> <i>O. lidole</i>	Lac Malawi, Malawi		Stocks purs; les stades immatures sont difficiles à distinguer
<i>Oreochromis urolepis</i>			
<i>O. u. urolepis</i>	Cours inférieurs du Rufiji Kingani et Mbemkuru, et Ruaha près du confluent avec le Rufiji, Tanzanie	-	-
<i>O. u. honorum</i>	Le Wami, Tanzanie	Zanzibar ?	Le(s) seul(s) endroit(s) connu(s)
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Lagunes côtières d'Afrique occidentale, du Sénégal au Zaïre	-	Largement répandu dans cette région; à ne pas confondre avec <i>Tilapia guineensis</i>
<i>Sarotherodon galileus</i>	Lac Tchad, Tchad et Cameroun; lac Turkana (lac Rodolphe); Kenya, lac Kinnet, Israël	Nombreux endroits en Afrique sahélienne et au nord de l'Egypte	Largement répandu et s'est probablement peu hybridé avec d'autres espèces
<i>Tilapia rendalli</i>	Marécages de l'Okavango, Botswana, réseau de la Kafue, Zambie	Largement répandu en Afrique australe	Les stocks de l'Okavango et de la Kafue sont probablement les moins contaminés
<i>Tilapia zillii</i>	Lac Tchad, Tchad et Cameroun; lac Turkana (lac Rodolphe); Kenya; lac Albert, Ouganda, Zaïre à Yangambi	Largement répandu en Afrique occidentale et sahélienne, et au nord de l'Egypte	Largement répandu et s'est probablement peu hybridé avec d'autres espèces

* Depuis cette discussion, déjà publiée dans la version originale anglaise, nous avons été informés que 4000 alevins *O. niloticus* d'un poids individuel de 5 g avaient été expédiés en janvier 1980 de Bouaké en Côte d'Ivoire à la station de Richard Toll au Sénégal pour être utilisés dans un projet d'aquaculture. Des fuyards et/ou des descendants de ces poissons ont pu rejoindre le réseau fluvial du Sénégal et s'hybrider avec les populations sauvages -note de l'Editeur.

W. Villwock en a convenu et a indiqué que la façon d'éviter cette situation était d'anesthésier les spécimens avant de les conserver et d'ajouter ensuite lentement l'agent de conservation. Si cette procédure est respectée, les nageoires restent étendues.

G. Hulata a suggéré à W. Villwock de préparer un protocole portant sur la récolte et la conservation des nouveaux spécimens et de le diffuser aux chercheurs intéressés travaillant sur le terrain.

W. Villwock a accepté puis a ajouté que l'université de Hambourg serait disposée à faire office de bureau d'enregistrement de l'information sur les collections de musées et des données de référence sur les stocks sauvages.

R.S.V. Pullin a approuvé ces suggestions et a signalé qu'il serait nécessaire de rédiger des protocoles standard pour la constitution d'un échantillonnage de populations et pour la collecte de données sur le terrain.

W. Wohlfarth a suggéré de réaliser la collecte de spécimens destinés à la conservation en même temps que la collecte de matériel vivant (sperme congelé et poisson).

B. Marshall en a convenu et a suggéré de procéder simultanément au prélèvement d'échantillons de tissus en vue d'une analyse électrophorétique.

R.S.V. Pullin a reconnu que ce procédé serait avantageux mais que l'aspect logistique de la récolte des poissons vivants et du prélèvement des échantillons de tissus et de semence (disponibilité de la neige carbonique ou de l'azote liquide) poserait des difficultés dans la plus grande partie de l'Afrique.

J. Balarin et R.H. Lowe-McConnell ont signalé l'importance que revêtaient les spécimens dans les collections des musées en Afrique ainsi que le matériel archivé. Partie de ce matériel est chaque fois plus exposée à des risques étant donné que les institutions qui les abritent n'ont pas les fonds nécessaires pour le répertorier et le conserver convenablement. Il a également été recommandé de conserver des copies des spécimens récemment recueillis, en vue de créer des collections de référence dans les collections de musée, dans les bureaux d'enregistrement et dans les collections des pays d'où ils proviennent.

R.S.V. Pullin a demandé si les participants pensaient que des organismes tels que l'Union internationale pour la protection de la nature (UIPN) ou le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) pourraient s'intéresser à ces travaux pour la protection des ressources génétiques en tilapias.

R.H. Lowe-McConnell a indiqué que l'UIPN manifestait son intérêt pour la mise à jour du Livre Rouge sur les espèces en danger.

D. Thys van den Audenaerde a signalé que l'UIPN avait, il y a quelques 10 ans, mis sur pied un sous-comité pour la protection des espèces de poissons.

W. Villwock a évoqué la consultation FAO/PNUE sur les ressources génétiques en poissons (FAO/PNUE, 1981) au cours de laquelle le souhait d'établir une liaison avec l'UIPN et d'autres organismes avait été formulé, et on a de nouveau incité les participants de l'atelier à *prendre les devants* en matière de protection des tilapias.

J. Balarin a rapporté que l'UIPN était active en matière de protection des crocodiles et avait, à cet effet, adressé un questionnaire aux éleveurs, fait la synthèse des informations reçues et assuré un suivi par des visites sur le terrain. Cette étude, financée en partie par la CEE, se poursuit encore actuellement. Il y a bien évidemment peu d'éleveurs de crocodiles par rapport aux pisciculteurs.

R.S.V. Pullin a signalé que la question primordiale était de savoir si l'UIPN manifesterait un intérêt pour les travaux de protection appliqués à la pisciculture. Il se peut que l'UIPN ne sache pas apprécier l'importance de quelques tilapias d'élevage par rapport aux multitudes de tilapias vivant dans la nature.

D. Thys van den Audenaerde a précisé que l'UIPN s'intéressait essentiellement aux espèces en danger sans tenir compte de l'éventuelle utilisation de celles-ci à des fins commerciales. L'UIPN ne possède probablement pas de ressources financières et humaines

suffisantes pour palier des problèmes tels que la protection des ressources génétiques en tilapias.

B. Harvey en a convenu et a indiqué que l'UIPN avait poliment manifesté son intérêt pour les banques de gènes de poissons mais qu'elle n'avait pas encore offert son concours.

A. Coche a ajouté qu'à l'égard du contrôle et du recensement des introductions et transferts de poissons, la FAO/CECPI (Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures) et le CIEM (Conseil international pour l'exploration de la mer) avaient conjointement élaboré des codes de procédures (Turner, 1987), actuellement à l'étude, en vue de leur adoption par le Comité des pêches continentales pour l'Afrique (CPCA), la Commission des pêches continentales pour l'Amérique latine (COPESCAL) et la Commission indo-pacifique des pêches (CIPP).

Stocks d'élevage

R.S.V. Pullin a demandé qu'on émette des suggestions visant à mieux répertorier et conserver les stocks d'élevage, y compris ceux utilisés en Asie comme la souche Chitralada de *O. niloticus* en Thaïlande.

W. Villwock a signalé que les stocks d'élevage seraient inclus dans les collections de référence et inscrits au registre que l'on a suggéré de mettre au point pour les stocks sauvages. Ainsi, le tableau serait complet. Le matériel provenant des stocks d'élevage devrait également être conservé dans les collections de poissons vivants et dans les banques de gènes.

G. Hulata a ajouté que certains éleveurs israéliens développaient leurs propres stocks et continueraient probablement dans cette voie. Certains stocks sont meilleurs que d'autres et certains ont été évalués dans des conditions expérimentales. Toutefois, les éleveurs ne seront pas tous disposés à donner du matériel pour les collections de référence et surtout à fournir du matériel vivant à des fins d'évaluation. Ceci s'applique vraisemblablement au secteur privé du monde entier -certains éleveurs prêteront leur concours, d'autres ne le feront pas. Il est très important de recueillir autant d'informations que possible et autant de spécimens que possible à partir des stocks d'élevage et d'encourager tous les éleveurs à gérer leurs stocks avec soin.

J. Lester a indiqué que dans les cas où l'on ne pourrait obtenir de spécimens ou de poissons vivants, des photographies ou des vidéogrammes suffiraient. Ces images peuvent être converties en numérique et mis en mémoire sur ordinateur. Une collection de référence peut donc contenir des images photographiques converties en numérique pouvant être adressées aux intéressés.

R.S.V. Pullin en a convenu et a signalé que l'analyse des formes, selon Brzeski et Doyle (1988), et Pante *et al.* (1988), deviendrait vraisemblablement un outil puissant de description. Cela exige d'utiliser un convertisseur analogique-numérique.

R. Smitherman a cherché à savoir si les éleveurs commerciaux seraient réellement disposés à partager leur informations sur les origines et les performances de leurs poissons, particulièrement les données sur la croissance et sur les conversions alimentaires.

J. Balarin a répondu que l'exploitation Baobab Farm Ltd. à Mombosa au Kenya était ouverte à la possibilité de fournir des informations et avait encouragé l'université de Stirling à procéder à des analyses électrophorétiques sur sa collection de poissons. Il a ajouté que cette exploitation possédait 15 ans de données sur la croissance et la conversion alimentaire de ses poissons, mais qu'elle manquait de ressources financières pour les analyser.

R.S.V. Pullin a résumé la discussion sur les stocks d'élevage en confirmant que les stocks les plus importants se trouvaient dans les centres d'élevage de tilapias les plus prospères comme ceux des Philippines, de Thaïlande et d'Israël ; dans les fermes bien organisées des autres pays comme au Kenya et dans les collections des universités comme celles d'Auburn et de Stirling.

Evaluation des ressources génétiques en tilapias destinées à l'aquaculture

R.S.V. Pullin a rapporté qu'il s'était entretenu avec Trygve Gjedrem, consultant pour l'ICLARM, sur l'évaluation des ressources génétiques en tilapias au cours de ses récentes visites dans les centres d'élevage de tilapias au Ghana, en Côte d'Ivoire, aux Philippines et en Thaïlande. T. Gjedrem est d'avis que l'approche qui a été choisie en Norvège pour améliorer les géniteurs du saumon atlantique pourrait également convenir pour les tilapias. Cette approche, résumée par Gjedrem (1985), consiste en la collecte de souches sauvages sur un champ géographique étendu, l'évaluation des caractères commerciaux et la mise au point d'un programme de sélection visant à l'amélioration des caractères les plus importants. Des essais sont ensuite réalisés dans différents milieux d'élevage pour mesurer l'interaction entre le génotype et le milieu. Toutefois, dans l'industrie norvégienne du saumon, on a trouvé qu'une des souches améliorées donnait les meilleurs résultats dans les exploitations de toute la côte. L'élevage de saumons en cage est, certes, un système d'élevage comportant bien moins de variables que toutes les formes d'élevage de tilapias. R.S.V. Pullin a indiqué qu'il souscrivait à l'opinion de T. Gjedrem mais il a signalé que d'autres chercheurs préféreraient peut-être emprunter d'autres chemins menant à l'amélioration génétique.

R. Smitherman a précisé que l'approche suggérée par T. Gjedrem et R.S.V. Pullin avait donné de bons résultats pour les poissons-chat et qu'elle devrait également bien marcher pour les tilapias. Il reste cependant beaucoup à apprendre sur la variation génétique des tilapias, notamment au niveau des caractéristiques de début de croissance, mais il est désormais possible de réaliser de grands progrès génétiques. Pour l'évaluation d'une souche *au sein* d'une espèce, des tests collectifs ou individuels, reproduits avec soin, devraient être réalisés. Pour l'évaluation des espèces entre elles, il se peut que les tests collectifs soient source de complication du fait de l'interaction entre les différentes espèces, mais le classement restera certainement inchangé. Le milieu dans lequel sont conduits les tests, et les méthodes d'alimentation utilisées devraient, dans la mesure du possible, simuler le milieu de la ferme (étangs, viviers, rigoles ou cages).

[Pour les tests collectifs et individuels, l'adjonction d'une "lignée témoin interne" uniforme (de préférence une lignée homozygote ou un croisement F₁ entre deux lignées homozygotes) peut constituer un bon moyen d'éliminer les variations enregistrées d'une expérience à l'autre. Cette idée a été communiquée par Roger Doyle de l'université de Dalhousie - note de l'Editeur].

W. Wohlfarth a mentionné que l'expression *amélioration par sélection* comprenait la sélection individuelle, la sélection généalogique (appliquée par les Norvégiens pour les truites et les saumons), l'hybridation croisée, l'hybridation, etc. De surcroît, le terme F₁, soit la "première génération filiale" devrait être strictement réservé à la première génération issue d'un croisement entre deux génotypes *différents* et non employé, par exemple, pour qualifier la première génération d'un nouveau stock originel venant d'être placé en captivité.

J. Moreau a donné des explications supplémentaires sur l'indice de croissance ϕ' , mis au point par Moreau *et al.* (1986) pour comparer les caractéristiques de croissance d'une grande variété de tilapias.

ϕ' s'énonce de la manière suivante :

$$\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty}$$

K et L_{∞} étant des paramètres de l'équation de croissance de von Bertalanffy.

L'indice a tout d'abord été appliqué aux poissons de mer, puis aux tilapias vivant dans les eaux libres. L'indice ϕ' est distribué normalement pour les tilapias que l'on trouve dans les eaux naturelles. Les valeurs de l'indice ϕ' les plus élevées reviennent à *O. niloticus* du lac

Turkana et du lac Kainji et les plus basses reviennent à *O. mossambicus* qui vit par exemple dans le lac Sibaya.

Le coefficient de variation, au sein d'une même espèce, est moindre (environ la moitié) qu'entre espèces. Cette technique est à présent utilisée pour comparer les populations (150 séries de données) élevées selon différents systèmes (Pauly *et al.*, 1988). L'indice ϕ' est de nouveau normalement distribué pour cet ensemble de populations et le coefficient de variation au sein des espèces et au sein des souches est peu élevé. L'indice ϕ' sert à comparer les performances de croissance dans différentes conditions, non les taux de croissance. Cet indice peut donc servir à distinguer des espèces et des souches dont la performance de croissance est bonne, même dans des conditions où les taux de croissance, et par conséquent les courbes de croissance, sont différents. L'application de l'indice ϕ' est encore à un stade expérimental. Il serait utile de travailler sur davantage de séries de données en procédant à des analyses à variables multiples sur les facteurs du milieu (*sensu lato*) pouvant influencer l'indice ϕ' . Toutefois, selon les premières indications, pour une souche donnée, l'indice ϕ' est assez constant et constitue un indice de croissance très utile.

B. Marshall a indiqué que l'on avait toujours pensé que *O. mossambicus* que l'on trouve dans le lac Sibaya en Afrique du Sud et dont la croissance est médiocre, avait une alimentation tout aussi médiocre. On dispose actuellement de nouvelles séries de données sur la croissance de *O. mossambicus* dans les lacs hypereutrophiques. Il serait intéressant de comparer les valeurs de l'indice ϕ' .

J. Moreau a répondu que les valeurs de ϕ' étaient plus élevées chez certaines populations de *O. mossambicus* que chez la population du lac Sibaya (Tableau 10).

R.S.V. Pullin a suggéré d'appliquer cette technique à davantage de séries de données sur les espèces uniques, les souches et les hybrides issus de populations sauvages ou d'élevage.

G. Hulata a ajouté que la mesure de ϕ' sur le même génotype dans des conditions à la fois naturelles et d'élevage serait extrêmement utile pour recenser et évaluer les ressources génétiques en tilapias.

J. Moreau a répondu qu'on réalisait actuellement ces travaux sur les tilapias rouges et sur plusieurs hybrides. On pense que l'emploi simultané de ϕ' et de P, un autre indice [$P = \log_{10}(K/W_{\infty})$, (Moreau *et al.*, 1986)] permettra d'identifier les souches dont la performance de croissance est la meilleure.

J. Balarin a indiqué qu'après plusieurs années de travaux de sélection à l'exploitation Baobab Farm Ltd. au cours desquelles les plus grands *O. spilurus* avaient été sélectionnés pour en faire des géniteurs sur la spéculation que cela accélérerait la croissance, on avait réalisé que "le comportement agressif" était en fait ce qui ressortait de ces travaux. On en prit conscience lorsque les poissons furent transférés dans des espaces restreints (aquariums). J. Balarin a averti que la sélection génétique, ayant apparemment la croissance pour critère, pouvait en fait faire ressortir des caractères liés au comportement. [Or, Doyle et Talbot (1986) le contestent -note de l'Editeur].

W. Wohlfarth a répondu que tous les travaux de sélection et d'évaluation de ce type mesureraient la croissance dans un certain nombre de conditions particulières. La réponse comportementale est un des aspects de cet ensemble de conditions expérimentales ; la croissance sera différente dans des conditions différentes.

R.S.V. Pullin a évoqué les techniques d'estimation du taux de croissance utilisant les circuli sur les écailles. Ce procédé, mis au point à l'université de Dalhousie (Kamonrat et Doyle, 1988 ; Talbot *et al.*, 1988), est utile pour déterminer la croissance des poissons, particulièrement des spécimens provenant des fermes et des marchés.

R. Smitherman a résumé quelques recommandations portant sur l'évaluation des ressources génétiques en tilapias pour l'aquaculture. Il en est ressorti que :

Le milieu témoin devrait dans la mesure du possible simuler celui de l'exploitation pour ce qui est de la taille et du type, de la densité d'empoissonnement et des ressources ali-

Tableau 10. Valeurs de l'indice de croissance ϕ' de diverses populations de *Oreochromis niloticus* et *O. mossambicus* vivant en eaux libres: d'après Moreau *et al.* (1986).

Espèces/sexe	ϕ'	Sites	Référence
<i>O. niloticus</i>	2,41	L. Alaotra	Moreau (1979a)
<i>O. niloticus</i>	2,36	L. Alaotra	Moreau (1979a)
<i>O. niloticus</i>	2,62	L. Mantasoa	Moreau (1979a)
<i>O. niloticus</i>	2,57	L. Mantasoa	Moreau (1979a)
<i>O. niloticus</i>	2,65	L. Itasy	Moreau (1979a)
<i>O. niloticus</i>	2,52	L. Itasy	Moreau (1979a)
<i>O. niloticus</i>	2,71	L. Mariout	El Zarka(1961)
<i>O. niloticus</i>	2,73	L. Mariout	Payne et Collinson (1983)
<i>O. niloticus</i>	2,44	L. Mariout	Payne et Collinson (1983)
<i>O. niloticus</i>	2,41	L. Manzala	Payne et Collinson (1983)
<i>O. niloticus</i>	2,58	Moussa Hydrome	Jensen (1957)
<i>O. niloticus</i>	2,58	L. Tchad	Blache (1964)
<i>O. niloticus</i>	2,88	L. Albert	Ssentongo (1971)
<i>O. niloticus</i>	3,11	L. Kainji	Petr et Kapetsky (1983)
<i>O. niloticus</i>	3,07	L. Nasser	Petr et Kapetsky (1983)
<i>O. niloticus</i>	2,77	L. Nasser	Payne et Collinson (1983)
<i>O. mossambicus</i>	2,22	L. Sibaya	Bruton et Allanson (1974)
<i>O. mossambicus</i>	2,05	L. Sibaya	Bruton et Allanson (1974)
<i>O. mossambicus</i>	2,47	Incomati Limpopo	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,37	Incomati Limpopo	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,36	Barrage Njele	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,41	Barrage Winter	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,56	Barrage Loskop	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,47	Barrage Sheho Ngubu	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,46	Barrage Hartseespoort	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,70	Barrage De Hoop Vlei	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,33	Barrage Zeeloei Vlei	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,63	Barrage Loskop	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,51	Barrage Loskop	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,67	Barrage Doomdrai	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,46	Barrage Doomdrai	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,48	Barrage Lufhaphé	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,39	Barrage Lufhaphé	Hecht (1980)
<i>O. mossambicus</i>	2,80	Etangs en Égypte	Koura et El Bolock (1958)
<i>O. mossambicus</i>	2,71	Hong Kong	Man et Hodgkiss (1977)
<i>O. mossambicus</i>	2,59	Hong Kong	Man et Hodgkiss (1977)

mentaires. Les corrélations entre le classement de différents génotypes dans différents milieux (c'est-à-dire, l'interaction entre le génotype et le milieu) devraient être établies afin de pouvoir déterminer si les conclusions des tests conduits dans un milieu particulier sont aussi valables pour différents autres milieux. Le milieu témoin devrait être géré de sorte que l'âge, la taille, le sexe et les effets maternels ne bouleversent pas les expériences. Si les tailles initiales des poissons testés sont différentes, la relation entre la taille initiale et la taille définitive doit être précisée et les corrélations établies en conséquence.

Tous les essais devraient être reproduits correctement. Si l'on dispose d'unités de reproduction, on devrait tester les génotypes séparément. Si ces unités sont inexistantes ou insuffisantes, on devrait procéder à des tests exclusivement collectifs mais uniquement après avoir en premier lieu établi la relation entre les résultats des tests collectifs et individuels. Les recommandations essentielles ne devraient pas être fondées sur les résultats des tests collectifs seulement, à moins que cette relation n'ait été établie. Les résultats des tests devraient être associés aux résultats provenant d'autres sources, comme les valeurs de ϕ' et/ou les analyses à variables multiples des données recueillies à la ferme ou sur le terrain, etc.

Il est nécessaire de mettre en place un centre d'enregistrement de données (par exemple à l'ICLARM) qui recevrait, synthétiserait et disséminerait les informations sur les tests conduits sur les ressources génétiques en tilapias dans le monde entier.

Banques de gènes et collections de poissons vivants

J. Balarin a mentionné que l'établissement de banques de gènes de poissons vivants comportait peut-être un inconvénient, à savoir que les poissons non seulement s'adaptent à cet environnement mais qu'il s'y produirait une sélection naturelle de sorte que des gènes précieux pour certains milieux d'élevage seraient perdus. Il a ajouté que des pertes importantes de poissons s'étaient produites à l'exploitation Baobab Farm Ltd. chez les populations recevant une alimentation riche en aflatoxines. Ces poissons étaient issus de la reproduction d'un stock réintroduit peu de temps auparavant à partir de l'université de Stirling. Toutefois, les poissons issus de la reproduction des stocks de *O. niloticus* et conservés auparavant à la Baobab Farm Ltd. montraient une tolérance à la même teneur en aflatoxines lors des essais comparatifs. Il s'est donc opéré, à la ferme, une sélection aboutissant à la tolérance aux aflatoxines qui ne s'est pas produite à l'université de Stirling (où l'alimentation est de qualité supérieure), et la viabilité des deux stocks est à présent différente. Ainsi, il se peut que les stocks d'aquariums que l'on choisit engendrent des progénitures manquant de vivacité lorsque placés dans des milieux tels que la ferme.

R.S.V. Pullin a ajouté que le propos de J. Balarin était très important. L'élevage des tilapias dans le monde entier est pour la plupart réalisé en étangs, suivi par l'élevage en cages ; à l'heure actuelle, relativement peu d'importance est donnée à la culture en viviers ou en enclos. Les banques de gènes de poissons vivants devraient peut-être considérer tant les étangs que les viviers bien que cela prenne beaucoup de place. Les quelques banques de gènes comme celle de l'Institut d'aquaculture de l'université de Stirling tablent principalement sur des aquariums pour conserver leurs poissons.

R. Smitherman a indiqué que la gestion des géniteurs, c'est-à-dire, l'entretien d'un nombre approprié de géniteurs s'accouplant selon un mode aléatoire et la conservation des poissons qui ne grossissent pas très bien dans les banques de gènes, pouvait réduire le problème. Il a indiqué que des différences au niveau des géniteurs et de la gestion des écloséries pouvaient être responsables des grandes différences, signalées par J. Balarin, entre les stocks de la Baobab Farm Ltd. et ceux de l'université de Stirling. Dans la mesure où les poissons sont conservés dans de bonnes conditions, les taux de mortalité restent à des niveaux inférieurs. R. Smitherman pense qu'il ne devrait pas y avoir de perte considérable de gènes importants si les collections sont bien traitées, peu importe le mode de conservation.

R.S.V. Pullin a mentionné que même si l'on évitait de recourir à la sélection artificielle, une sélection naturelle aurait de toute façon lieu. La mortalité est toujours présente, particulièrement au cours des stades précoces de la vie des poissons : frai, larves et alevins.

J. Lester a signalé qu'il n'existait aucun moyen de prévoir si des variations génétiques utiles pour un milieu d'élevage donné se maintiendraient au-delà de plusieurs générations successives de poissons conservés dans des aquariums.

G. Hulata a indiqué qu'en dépit de cette éventuelle difficulté, il s'agissait-là d'un "compromis". Les poissons conservés dans les étangs sont relativement inaccessibles, difficiles à observer et sont plus exposés aux risques de contamination (hybridation avec d'autres stocks) que les poissons placés en viviers ou en aquariums. Les réservoirs en béton, les aquariums et peut-être aussi les cages sont des milieux très similaires. La sélection naturelle qui s'opère dans ces milieux est un moindre mal par rapport aux problèmes de gestion et aux risques de rétro-contamination que posent les collections dans les étangs.

R.S.V. Pullin a rappelé les conseils de R. Moav et de W. Wohlfarth selon lesquels on devrait laisser passer au moins deux générations (afin qu'une sélection naturelle s'opère) avant de tirer des conclusions fermes sur la performance d'un stock que l'on venait d'intro-

duire dans un nouveau milieu. Ceci est bien entendu difficile à réaliser si tous meurent d'intoxication aux aflatoxines !

W. Wohlfarth a ajouté que les modifications qui se produisaient inévitablement quand on introduisait un stock sauvage recevaient le terme de "domestication".

G. Hulata a signalé que l'on parviendrait à conserver davantage de variations génétiques au cours de ce processus de domestication si les stocks sauvages étaient placés en différents endroits dans différents milieux.

B. Harvey a suggéré de réaliser des collections de semences parallèlement aux collections de poissons vivants provenant de la nature car même si les semences conservées par le froid représentent seulement la moitié du génome, il est certain qu'elles ne subissent aucune transformation au cours de leur conservation dans l'azote liquide.

La discussion à ce propos s'est terminée par un accord unanime selon lequel les modifications subies par les populations de poissons vivants "mis en banque" étaient inévitables mais que ces populations pouvaient néanmoins fournir à l'aquaculture un matériel génétique de grande valeur. La nature inévitable de certains changements génétiques s'opérant dans les banques de gènes de poissons vivants souligne le besoin de conserver des populations sauvages à titre de référence et pour les utiliser dès que besoin est.

R.S.V. Pullin a résumé la discussion en présentant trois catégories de banques de gènes de tilapias : les populations sauvages conservées dans leur milieu naturel, les collections de poissons vivants, et les banques de semences conservées par le froid. Il a ensuite demandé des précisions sur l'intérêt relatif que représentaient ces différentes approches, compte tenu des ressources financières et humaines limitées pour mettre en place et exploiter de telles banques.

Diverses opinions ont été émises à cet égard. Par exemple, W. Wohlfarth pense que la cryoconservation de la laiteance présente davantage d'intérêts, en plus d'être une approche plus économique.

W. Villwock donne la préférence aux collections de poissons vivants parce que la semence est moins utile si l'on ne peut plus obtenir les femelles de la souche dont la semence a été mise en banque.

R.S.V. Pullin a estimé que la création de collections de poissons vivants était ce qui revêtait le plus d'importance si l'on considérait les bénéfices à court terme qu'une telle approche offrirait à l'industrie des tilapias dans les pays nécessitant du monde en développement. Cette approche est toutefois onéreuse et exige l'adoption de procédés de gestion et d'élevage rigoureux.

R. Smitherman a encouragé la création et la gestion de nouvelles collections de poissons vivants de manière à préserver la grande diversité des ressources génétiques. Les collections de poissons vivants devraient être enregistrées dans un centre international créé à cet effet et dont une institution comme l'ICLARM pourrait se charger.

R.S.V. Pullin a mentionné que le manuel sur les écloséries de carpes publié par l'ICLARM (Jhingran et Pullin, 1985) recommandait une nouvelle introduction de 2000 individus environ provenant d'un grand nombre de parents, et que l'éclosérie bénéficiaire conserve par la suite un minimum de 50 couples de géniteurs choisis de manière aléatoire. Il a ensuite sollicité les commentaires des participants sur ces recommandations [voir aussi l'Appendice II - note de l'Editeur].

R. Smitherman a indiqué qu'il était difficile de maintenir un nombre approprié de géniteurs et d'éviter les croisements frère-soeur, etc., mais que cela serait plus facile pour les tilapias des tropiques (où la reproduction est possible tout au long de l'année) qu'à l'université d'Auburn, par exemple, où les géniteurs doivent subir un hivernage. Cinquante couples de géniteurs choisis sur un mode aléatoire semble être un chiffre raisonnable pour assurer le renouvellement de la population. Néanmoins, les pontes ne suivront pas un rythme synchrone et plus de 50 couples seront peut-être nécessaires pour permettre un remplacement.

Tous les participants ont convenu que les ressources génétiques en tilapias d'Afrique devaient être conservées dans la mesure du possible dans leur milieu naturel si l'on voulait obtenir des bénéfices à long terme. Toutefois, le manque de soutien institutionnel approprié, notamment en Afrique, constituera un obstacle important.

Coopération internationale pour la recherche et son financement

R.S.V. Pullin a lancé le débat en signalant que la meilleure approche pour assurer le soutien nécessaire à la coopération internationale pour la recherche sur la génétique des tilapias en vue du développement de l'aquaculture des tilapias, était de réunir ressources génétiques en tilapias et élevage de tilapias -en Afrique, en Asie et dans d'autres régions. Ceci exige une coopération interrégionale, particulièrement entre l'Asie et l'Afrique et une collaboration plus étroite entre les généticiens et les éleveurs. La formation est un élément également indispensable. On n'insistera jamais assez sur le fait que l'exploitation des ressources génétiques en tilapias doit profiter aux pays sources et à d'autres nations africaines ainsi qu'à des bénéficiaires dans d'autres régions.

B. Marshall a mentionné qu'il était relativement facile pour les chercheurs de récolter les poissons en Afrique. Toutefois, la coopération internationale est vraiment nécessaire si l'on veut améliorer la technologie piscicole en Afrique et y transférer les techniques génétiques requises -par exemple, le stockage des semences.

R.S.V. Pullin a signalé que l'ICLARM possédait, au Malawi, un bureau pour les projets d'aquaculture en Afrique financé par l'Office allemand de la coopération technique (GTZ, GmbH). L'ICLARM a entrepris des activités de recherches et de formation dans le cadre d'une coopération interrégionale entre l'Afrique et l'Asie, et la FAO organise en Asie des séjours d'études et de formation pour les Africains depuis les années 70. La FAO, elle aussi, encourage l'adoption d'une approche interrégionale. La nature et la portée de la coopération interrégionale exigent une planification détaillée particulièrement du fait que certaines organisations et institutions associées aux activités de recherches et de développement de l'aquaculture en Afrique estiment que l'environnement socio-culturel et les systèmes d'exploitation en Afrique sont si différents de ceux de l'Asie que les systèmes et les approches adoptés en Asie n'ont guère à offrir à l'Afrique. L'ICLARM ne partage certes pas cette opinion. L'ICLARM est d'avis qu'en dépit des différences qui existent au niveau local, national et régional, l'aquaculture asiatique, qui se montre féconde, a beaucoup à offrir et peut être adaptée à l'environnement africain. La question essentielle est d'étudier tout d'abord les systèmes de culture africains et de voir ensuite comment l'aquaculture peut y être intégrée de manière profitable comme sous-système et non pas de tenter de transférer directement les systèmes aquacoles asiatiques.

J. Lester a demandé aux participants africains quel était le degré de priorité accordé par leurs gouvernements respectifs à la préservation des ressources génétiques en poissons et à la recherche et au développement de l'aquaculture. Cette indication devrait renseigner sur la mesure dans laquelle les gouvernements africains sont prêts à affecter des ressources, y compris des fonds de contrepartie, aux programmes faisant l'objet de discussions.

O. Msiska a indiqué que les gouvernements africains donnaient habituellement la plus grande priorité à la production piscicole, mais actuellement, cela s'applique davantage à la pêche qu'à l'aquaculture. Les gouvernements accorderont toutefois leur soutien à la recherche et au développement de l'aquaculture s'ils sont convaincus que la production de poissons en tirera rapidement grand profit.

J. Ofori en a convenu et a signalé que les bénéfices exprimés en termes d'augmentation de la production étaient un élément essentiel pour que les gouvernements continuent d'apporter leur concours aux programmes de recherches, ce qui risquait d'ailleurs de freiner les efforts de la recherche. La coopération internationale et le financement extérieur sont les

meilleurs moyens de pallier ce problème et de soutenir la recherche, domaine où les récompenses ne s'obtiennent pas si rapidement.

C. Nugent a précisé que peu de gouvernements africains, si toutefois c'était le cas, seraient en mesure d'attribuer leurs ressources déjà rares à la conservation des ressources génétiques même si l'élevage des tilapias en tirerait profit à long terme. Pour la plupart des gouvernements africains, la recherche doit être orientée vers la satisfaction des besoins immédiats qui sont l'apport alimentaire et l'amélioration des moyens d'existence. L'Afrique s'intéresse au développement de l'aquaculture mais bien moins qu'elle ne s'intéresse à l'agriculture. On se permet ainsi de douter que des gouvernements africains puissent octroyer des ressources à la conservation et à l'étude des ressources génétiques en tilapias. On peut s'attendre tout au plus à ce que certains gouvernements intéressés à l'aquaculture, comme le gouvernement ivoirien, soient en mesure d'apporter leur soutien à des projets de recherche de petite envergure visant à produire des espèces supérieures pour l'aquaculture. Il existe actuellement, en Côte d'Ivoire, des activités de recherche sur la mise au point de souches de riz et de café améliorées. Néanmoins, une "récompense" doit se trouver à la clé (et rapidement de surcroît) si l'on veut attirer un quelconque soutien. La Côte d'Ivoire possède bien entendu une longue histoire de recherche en aquaculture ; la station de Bouaké a poursuivi ses travaux de recherche pendant 30 ans sans qu'il n'y ait eu aucun développement de l'aquaculture dans ce pays. A présent que cette industrie se développe, les perspectives d'augmentation du soutien gouvernemental à la recherche sont plus brillantes. Les universités et institutions ivoiriennes comme le Centre de recherches océanographiques participent à la recherche en aquaculture. Toutefois, il n'existe pas vraiment de structures appropriées pour la conservation des ressources génétiques, et ceci s'applique certainement à la plupart des pays africains.

B. Marshall a signalé que des études et campagnes initiales pour la conservation des ressources génétiques naturelles pourraient être organisées assez facilement dans la plupart des pays africains avec le concours d'experts et d'organismes donateurs extérieurs. Par la suite, le succès des programmes de conservation dépendrait des politiques et attitudes adoptées par les gouvernements africains. Ces politiques et attitudes varient considérablement d'un pays à l'autre. Il est à peu près certain qu'aucun pays africain n'octroiera de ressources nationales importantes à cette tâche de conservation ou à la création de banques de gènes.

A. Coche en a convenu et a indiqué que la création et l'entretien de collections de poissons vivants en Afrique posaient de nombreux problèmes. Les installations nécessaires à ces activités sont en général inexistantes. Par exemple, les projets de la FAO sont axés sur la production de fingerlings et il n'existe pas d'installations en surnombre où conduire les travaux de génétique.

Le programme permanent d'aquaculture de la FAO se limite réellement aux projets de développement et a moins de possibilités de participation en dehors de l'aide pratique qu'elle offre occasionnellement. Les projets de la FAO peuvent toutefois s'associer aux travaux de collecte de matériel pour les musées. Le financement extérieur pour le développement et le fonctionnement d'installations supplémentaires dans certains pays d'Afrique est la seule réponse à ce problème. Le Programme de coordination du développement de l'aquaculture (PCDA) s'est engagé dans un projet préparatoire d'assistance dans le cadre du PNUD, intitulé "Approche intégrée au développement de l'aquaculture en Afrique". Ce projet sera axé sur : 1) la mise au point, à l'échelle internationale, de stages de formation à court terme destinés aux instructeurs en aquaculture ; 2) l'établissement d'un réseau pour la recherche appliquée aux petites exploitations piscicoles rurales africaines ; 3) la création de services centraux pour la coordination, les échanges d'information et la publication d'ouvrages ; 4) l'organisation de séminaires d'information et de conférences régionales ; et 5) les tâches d'assistance dans le cadre d'ateliers organisés à l'échelle nationale et de la formation sur des sujets de spécialisation biotechnique et non biotechnique (marketing, économie, socio-économie, planification en vue d'investissements).

Chen Foo Yan a mentionné qu'en Asie, l'intérêt était dans l'ensemble moins porté sur les tilapias que sur les carpes et d'autres organismes. Néanmoins, les tilapias suscitent un certain intérêt en Chine. Certains systèmes d'aquaculture asiatique comme l'élevage intégré peuvent être transférés d'Asie en Afrique. C'est une expérience très valable pour les stagiaires africains que de se rendre en Asie pour y observer l'aquaculture asiatique. En 1986, plusieurs stagiaires d'Afrique sont allés en Chine et six autres s'y sont rendus en 1987. Ce développement exige un financement sous forme de bourses universitaires de formation. Il se peut que la Chine soit en mesure d'accorder un financement à partir de son fonds pour la Coopération technique entre pays en développement (CTPD) pour répondre aux coûts locaux. Des dons étrangers sont nécessaires pour financer le coût des déplacements à l'étranger.

J. Balarin a indiqué que l'aquaculture n'était pas une priorité pour la plupart des gouvernements africains tout simplement parce qu'elle ne produit actuellement qu'une faible quantité de poissons d'élevage. Les pays qui à l'heure actuelle tirent le plus de bénéfices de l'aquaculture (Tableau 11) et qui seront par conséquent davantage disposés à apporter un soutien aux activités de conservation et à la création de banques de gènes sont : la République centrafricaine, la Côte d'Ivoire, l'Égypte, le Kenya, Madagascar, le Nigéria et le Zimbabwe (dans la mesure où la production en barrages est considérée comme aquaculture).

J. Ofori a reconnu que le meilleur moyen d'assurer le succès de la conservation et de la recherche sur les ressources génétiques était de promouvoir le développement de l'aquaculture et de ce fait, accorder davantage d'importance à ce domaine.

R.S.V. Pullin a précisé qu'il existait au sein d'ICLARM un réseau d'aquaculteurs tropicaux (Network of Tropical Aquaculturists - NTAS) (Pullin et Paguio, 1987) composé de chercheurs, non d'institutions. Ces réseaux sont mis en place pour aider les chercheurs à établir des contacts et à les maintenir, et à fournir des informations utiles, particulièrement sur les méthodes quantitatives. Le lien entre ces chercheurs est assuré au travers d'un bulletin d'information, "Aquabyte". La génétique appliquée à l'aquaculture est un des trois thèmes principaux qui rapprochent les membres du NTAS entre eux, les deux autres étant l'aquaculture côtière des mollusques et les systèmes d'élevage intégré. L'ICLARM espère que le NTAS encouragera la coopération internationale en matière de recherche génétique sur les tilapias.

J. Lester a indiqué que la coopération internationale pour la recherche, exécutée sur une base individuelle, était souvent inestimable et très productive. De nombreux laboratoires d'universités des pays développés disposent d'un personnel tout à fait disposé à collaborer avec des collègues des pays du monde en développement et sont en mesure d'aider la recherche génétique en coopérant au niveau de l'interprétation/analyse des données, de l'électrophorèse, etc., sans que cela représente un coût important. Ces activités peuvent parfois être prises en charge sur des contributions existantes destinées à la recherche. Les financements plus importants ne deviennent nécessaires que lorsque des voyages à l'étranger et des séjours d'échanges et de formation deviennent nécessaires également.

J. Moreau a signalé que même s'il était facile d'approcher des institutions homologues dans de nombreux pays dans le cadre de la coopération internationale, l'élément indispensable pour donner à ces programmes un caractère de coopération réelle était l'aptitude à "prendre les devants".

J. Moreau a par ailleurs reconnu cette qualité chez les institutions représentées à cet atelier et dotées d'une certaine expérience en matière de coopération internationale pour la recherche comme l'université d'Auburn.

R.S.V. Pullin en a convenu mais a averti qu'il était actuellement difficile d'obtenir un financement adéquat en la matière.

R. Smitherman a fait l'éloge de l'ICLARM qui s'est engagé dans ce processus en convoquant cet atelier. On pourrait inciter d'autres organismes et institutions comme la FAO, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) au Canada, la Fondation internationale pour la science (FIS), l'Institut océanographique, l'Agence de Etats-Unis pour

Tableau 11. Estimation composite des statistiques aquacoles : situation de l'Afrique en 1985 (modifié d'après Balarin, sous presse).

Pays	Etangs (nombre)	Superficie (ha)	Production (t/an)
Afrique du Sud			300 - 600
Algérie			5
Angola			7 (500)
Bénin	113 - 155	6 - 2.000	5-9 (2.500)*
Botswana			0
Burkina Faso	32 -50	11	114 (400)
Burundi	352	65	8
Cameroun	6.000 - 12.000	10 - 200	10 - 256
Cap-Vert			?
Comores			?
Congo	2.120 - 12.200	69 - 242	11 - 44
Côte d'Ivoire	340	-	532 - (700)
Djibouti			?
Egypte	11.300	2.500 - 48.850	18.500 - 25.000*
Ethiopie	10	1	1
Gabon	1.500	-	5 - 8
Gambie			1
Ghana	30 -1.400	120 -204	300 - 360*
Guinée			5
Guinée-Bissau			?
Guinée équatoriale			?
Kenya	12.200 - 32.140	610 - .000	625
Lesotho			10 - 29
Libéria	95 -300	7 - 73	10 -35
Libye			(700)
Madagascar	85.000	1.280 -2.000	180-610 (17.400)
Malawi	370 - 1.000	72 -200	96 - 104
Mali			4
Maroc			100
Maurice	20	30	60 - 120*
Mauritanie			?
Mozambique	250	10	?
Namibie			?
Niger			18
Nigéria	300	61 -2.000	20.500 - (75.000)
Ouganda	11.000	410	31 200
République Centrafricaine	900 - 25.000	33 -43	70 - 232
Réunion			?
Rwanda	448 - 3.000	78 - 84	10-37 (180)
Sahara occidental			?
Sao Tomé-et-Principe			?
Sénégal			14 (191)
Seychelles			?
Sierra Leone	162	2 -7	3 - 7
Somalie			?
Soudan	37	30 - 60	20 - 50
Swaziland	250	20	20 - 50
Tanzanie + Zanzibar	8.000 - 10.000	1.000	200-500
Tchad			?
Togo	514	8 -60	300
Tunisie	7		268 - 186
Zaire	122.070	4.000 - 4.200	125 (700-5.000)
Zambie	1.708 -3.160	350 -460	300-1.000 (6.000)
Zimbabwe	5.000	12.500	800*
Total	269.650 - 335.367	23.092 - 77.968	43.400 - 52.594

N.B. Les valeurs entre parenthèses se réfèrent à des statistiques non confirmées, non comprises dans les totaux
 Les valeurs comprennent la production obtenue en utilisant des acadjas, la méthode indienne nommée "howash",
 et dans les barrages, etc.

le développement international (USAID) ainsi que d'autres organismes donateurs des pays comme la République fédérale Allemande, la France, la Norvège et le Royaume-Uni, à rassembler quelques ressources et unir leurs forces pour soutenir un programme international pour la recherche génétique sur les tilapias.

R.S.V. Pullin a signalé que la question de savoir quels seraient le ou les donateurs en position d'apporter leur concours à la coopération internationale pour la recherche, indépendamment de la coopération bilatérale, n'était pas claire. Toutefois, l'approche proposée par l'ICLARM est semblable à celle qui a été adoptée pour l'amélioration génétique des cultures dans le cadre du système du GCRAI, et étant donné que l'ICLARM envisage de s'affilier à ce système, l'attitude des donateurs envers la recherche internationale sur la génétique des poissons devrait s'éclaircir très prochainement.

W. Villwock a indiqué que la CEE était un donateur qui s'intéressait vivement à l'aquaculture et qu'elle envisageait d'ériger une fondation au profit de ce domaine. Des propositions pourront être adressées à la CEE.

La discussion s'est poursuivie sur les besoins en matière de formation et sur les sources de financement. Les participants ont reconnu que formation et recherche devraient être liées surtout que dans ce domaine, les besoins étaient considérables, notamment en Afrique. Le concours que des donateurs comme le CRDI et la FIS peuvent apporter aux chercheurs, à titre individuel, est jugé particulièrement utile puisque leurs activités de recherche contribuent également à édifier la compétence internationale.

Chen Foo Yan a souligné l'importance des stages de perfectionnement pour les jeunes chercheurs et a ajouté que c'était là un bon procédé de renforcement de la coopération inter-régionale.

G. Hulata a mentionné que le Centre de coopération et de développement agricole international (CINADCO) relevant du ministère de l'Agriculture d'Israël avait une expérience considérable au niveau de la formation des aquaculteurs et considérerait à l'avenir les demandes d'organisation de stages dans les pays du monde en développement ainsi qu'en Israël.

A. Coche et R.S.V. Pullin ont indiqué que la FAO et l'ICLARM avaient mis au point une base de données sur les possibilités de stages de formation en aquaculture et que cette information était à la disposition des éventuels stagiaires.

Recommandations

Les participants de l'atelier ont adopté les recommandations suivantes :

1. Les donateurs qui soutiennent la recherche aquacole devraient reconnaître l'importance actuelle et potentielle de l'élevage de tilapias pour l'amélioration de la nutrition et des revenus dans les pays du monde en développement, et devraient augmenter la part de financement qu'ils octroient à la recherche génétique. Ceci peut jouer un rôle crucial dans l'accroissement de la production comme cela a été le cas pour d'autres poissons, certaines cultures et le bétail.

2. Un programme de coopération internationale pour la recherche génétique sur les tilapias devrait être établi et doté de puissants éléments de coordination, de leadership et de financement. Ce programme devrait également engager la participation d'organisations et institutions internationales, régionales et nationales. En outre, ce programme devrait, en dehors de ses objectifs de recherche, s'attacher à renforcer les compétences des institutions des pays du monde en développement en matière de recherche génétique, particulièrement en Afrique et en Asie, en organisant des stages de formation, des ateliers et des échanges au niveau du personnel.

3. Ce programme devrait a) être en synergie avec des efforts parallèles pour améliorer les techniques d'élevage, particulièrement en Afrique et en Asie ; b) effectuer le recensement des ressources génétiques en tilapias (stocks sauvages et d'élevage), développer des mesures

de conservation et créer des collections de tilapias ; c) démarrer sur le champ (tout retard pourrait signifier une perte irréversible de ressources génétiques importantes en raison de la dégradation de l'habitat et des transferts de poissons) ; et d) mettre l'accent sur *Oreochromis niloticus* et *O. aureus* et effectuer conjointement des études sur les stocks sauvages vivant dans leur milieu naturel et sur les stocks d'élevage dont on connaît les antécédents. Là où les espèces ne peuvent être utilisées (et à ce titre, un certain nombre d'autres espèces méritent d'être étudiées comme par exemple, *O. spilurus*, *O. shiranus*, *O. wrolepis hornorum*, *Tilapia rendalli*, *Sarotherodon melanotheron*), les tilapias rouges et autres espèces seront examinés à des fins d'élevage éventuel.

4. Davantage de moyens d'identification, notamment des guides de terrain pour répertorier les ressources génétiques en tilapias devraient être mis au point. A cette fin, une collaboration entre les taxonomistes, les biologistes travaillant sur le terrain et les organisations internationales comme la FAO et l'ICLARM devrait être entreprise. Les travaux sur la génétique des populations de tilapias sauvages et d'élevage recourant aux analyses électrophorétiques, immunologiques, morphométriques et méristiques devraient être poursuivis et la formation de biologistes des pays du monde en développement devrait être assurée.

5. Le registre international des souches de tilapias devrait être établi et géré par une organisation internationale appropriée. Ce registre devrait disposer d'un système excellent de traitement de l'information pour les données numériques et, en outre, contenir du matériel photographique et des informations sur les collections de stocks sauvages et d'élevage. Une coopération avec des musées et autres institutions possédant des collections de tilapias sera essentielle. L'information devrait être diffusée régulièrement aux intéressés au moyen d'un bulletin d'information par exemple.

6. Des mesures pour protéger les stocks sauvages importants et leur milieu naturel en Afrique devraient être adoptées immédiatement. Les participants ont reconnu qu'il était très difficile d'étendre ces mesures de protection à tous les stocks sauvages ; ils ont cependant recommandé d'identifier et de protéger des populations non perturbées de rivières et de lacs (choisies pour représenter les deux espèces principales ainsi que les stocks importants d'autres espèces). De telles mesures de protection exigent d'adopter une attitude plus responsable qu'auparavant à l'égard des transferts de poissons car les tilapias introduits dans des eaux naturelles ou les fuyards provenant des fermes avoisinantes peuvent s'hybrider avec les stocks autochtones ou leur faire concurrence. Pour tous transferts de tilapias à destination de, et à l'intérieur de l'Afrique, un échange de lettres de non-objection entre les fournisseurs, les bénéficiaires, tous les organismes gouvernementaux concernés et autres intéressés devrait être obligatoire *avant* l'expédition. Ces lettres devraient préciser l'origine et les antécédents des poissons. Cette mesure est particulièrement importante car le transfert proposé risque d'affecter l'écosystème aquatique dans plus d'un pays. Dans l'idéal, un code international de procédures tel que formulé par le Conseil international pour l'exploration de la mer et la Commission européenne consultative sur les pêches dans les eaux intérieures (Turner, 1987) devrait être adopté pour garantir une analyse *in extenso* des conséquences éventuelles des transferts. Des informations détaillées devraient être communiquées au centre international d'enregistrement et y être consignées.

7. Des collections de tilapias devraient être créées et comprendre les éléments suivants : a) des spécimens conservés, b) des poissons vivants, et c) des semences conservées par le froid. Ces collections devraient être conservées dans des institutions sûres, compétentes et à but non lucratif, et devraient être reproduites pour parer aux pertes et à toute détérioration. Un code de procédures devrait être mis au point pour la récolte et l'entretien des collections de poissons vivants pour éviter les effets génétiques défavorables comme les effets dépressifs, les goulets d'étranglement et les pertes dues aux croisements consanguins. Des banques de semence devraient être mises en place et gérées en accord avec les codes de procédures appliqués aux banques de matériel végétal et de semence/embryons pour le bétail. Il est particulièrement important de créer des collections de tilapias vivant sous les tropiques où ils peu-

vent se reproduire tout au long de l'année et être employés dans le cadre des programmes de recherche en coopération avec les éleveurs. Les institutions possédant des collections de poissons vivants et/ou de sperme devraient conserver des informations détaillées et les transmettre au centre international d'enregistrement. Le matériel des collections devrait être accessible à la communauté scientifique internationale aux fins de la recherche pour l'amélioration des espèces.

8. Les programmes de sélection devraient veiller particulièrement à l'interaction entre le génotype et le milieu vu que les tilapias sont élevés dans une grande diversité de systèmes d'élevage : étangs, cages, rigoles, et viviers. Dans le cadre de ces programmes, on recommande la sélection généalogique ou une combinaison famille/individus. On a estimé qu'il était essentiel de poursuivre le programme d'évaluation pendant deux générations ou davantage lorsqu'on introduisait de nouvelles souches dans un nouveau milieu.

9. Les méthodes de recherche devraient être améliorées et normalisées pour toutes les activités du programme. A ce titre, la normalisation des critères de description et de la nomenclature des souches et espèces est essentielle, et le centre international d'enregistrement devrait en assurer la conduite. Il est indispensable d'adopter des normes rigoureuses pour l'entretien des collections ainsi que des méthodes strictes d'évaluation comparative des performances pour ce qui est des aspects commerciaux, notamment pour la croissance. Un manuel de méthodes de recherche qui pourrait être complété à mesure des progrès réalisés dans ce domaine constituerait un pas important vers la normalisation.

Références bibliographiques

- Abella, T.A., M.S. Palada, R.B. Bolivar and L.J. Lester. 1986. Evaluating the growth performance of *Oreochromis niloticus* progenies in freshwater ponds, p. 19-20. In J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Albaret, J. and B. de Merona. 1978. Observations sur la faune ichtyologique du bassin de l'Agnebi (Côte d'Ivoire). Rapp. ORSTOM, Bouaké No. 18. 56 p.
- Allsopp, W.H.L. 1986. Rural fish culture development and technology transfer in eastern and southern Africa. Paper presented at the MULPOC Meeting, 17-22 March 1986. Maseru, Lesotho.
- Avtalion, R.R. 1982. Genetic markers in *Sarotherodon* and their use for sex and species identification, p. 269-277. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Balarin, J.D. 1985. National reviews for aquaculture development in Africa. 6: Cameroun. FAO Fish. Circ. 770.6. 88 p.
- Balarin, J.D. Aquaculture practices in Africa: systems in use and species cultivated, p 00-000. In H.R. King and K.H. Ibrahim (eds.) Village level aquaculture development in Africa. Proceedings of the Commonwealth Consultative Workshop, 14-20 February 1985, Freetown, Sierra Leone. Commonwealth Secretariat, London. (In press).
- Balarin, J.D. and J.P. Hatton. 1979. Tilapia: a guide to their biology and culture in Africa. University of Stirling, Stirling, Scotland, UK.
- Bard, J. 1960. Tilapia - essais comparatifs de croissance des *Tilapia macrochir* et *nilotica*. C.R. Symp. Lusaka Publ. C.S.A. 63: 175-177.
- Barel, C.D.N., R. Dorit, P.H. Greenwood, G. Fryer, N. Hughes, P.B.N. Jackson, H. Kawanabe, R.H. Lowe-McConnell, M. Nagoshi, A.J. Ribbink, E. Trewavas, F. Witte and K. Yamaoka. 1985. Destruction of fisheries in Africa's lakes. Nature (Lond.) 315: 19-20.
- Bell-Cross, G. 1972. The fish fauna of the Zambezi River system. Arnoldia (Rhodesia) 5(29): 1-9.
- Bell-Cross, G. 1976. The fishes of Rhodesia. Trustees of National Museums and Monuments, Salisbury (Harare, Zimbabwe).
- Blache, J. 1964. Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo Kebi. Mém. ORSTOM 4.
- Bruton, M.N. and B.R. Allanson. 1974. The growth of *Tilapia mossambicus* Peters (Pisces, Cichlidae) in Lake Sibaya, South Africa. J. Fish Biol. 6: 701-715.
- Brzeski, V.J. and R.W. Doyle. 1988. A morphometric criterion for sex discrimination in tilapia, p. 439-444. In R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Campbell, D. 1985. Large-scale cage farming of *Sarotherodon niloticus*. Aquaculture 48: 57-67.
- Chen, F.Y. and H. Tsuyuki. 1970. Zone electrophoretic studies on the proteins of *Tilapia mossambica*, *T. hornorum* and their F₁ hybrids, *T. zillii* and *T. melanopleura*. J. Fish. Res. Board Can. 27: 2167-2177.
- Chervinski, J. 1968. The cichlids of Ein-Feshkha springs: *Tilapia aurea exul* (Steinitz). Hydrobiologia 32: 157-160.
- Cross, D. 1985. Malawi sugar estates use wastes to grow tilapias. Fish Farming Int. 12(3): 16-17.
- Cruz, T.A., J.P. Thorpe and R.S.V. Pullin. 1982. Enzyme electrophoresis in *Tilapia zillii*: a pattern for determining biochemical genetic markers for use in tilapia stock identification. Aquaculture 29: 311-329.
- Daget, J. and A. Iltis. 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres) Mém. Inst. Fr. Afr. Noire 74: 249-278.
- Daget, J. and J. Moreau. 1981. Hybridation introgressive entre deux espèces de *Sarotherodon* (Pisces, Cichlidae) dans un lac de Madagascar. Bull. Mus. Nul. Hist. Nat. (France) 4e Sér. (A Zool. Biol. Ecol. Anim.) 2: 689-703.
- Dankwah, H.R. 1984. Fish fauna of the Kpong Headpond one year after impoundment. Annual Technical Report. Institute of Aquatic Biology, Achimota, Accra, Ghana.
- Denyoh, F.M.K. 1969. Changes in fish population and gear selectivity in the Volta Lake, p. 206-219. In L.E. Obeng (ed.) Man-made lakes: the Accra symposium. Ghana University Press, Accra.
- DOF. 1966. Pla nil. Department of Fisheries, Bangkok.

- Doudet, T. 1979 La pêche artisanale dans la retenue artificielle d' Ayamé (Côte d'Ivoire). Notes Doc. Pêche Piscic. (Nouv. Sér.) 19:1-26.
- Doyle, R.W. and A.J. Talbot. 1986. Artificial selection on growth and correlated selection on competitive behaviour in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:1059-1064.
- Dunham, R.A. and R.O. Smitherman. 1984. Ancestry and breeding of catfish in the United States. Circular 273. 93 p. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, Alabama.
- Dunham, R.A., R.O. Smitherman, J.A. Chappel, P.A. Youngblood and P.O. Bice. 1982. Communal stocking and multiple rearing technique for catfish genetics research. *J. World Maricult. Soc.* 13: 261-267.
- El Zarka, S. 1961. *Tilapia* fisheries investigation in Egyptian lakes. Annulus formation on the scales of the cichlid fish *Tilapia zillii* (Gerv.) and its validity, in age and growth studies. Notes Mem. UAR (South. Reg.) Minist. Agric. Hydrobiol. Dep. 62: 1-18.
- Elder, H.Y., D.J. Garrod and P.J.P. Whitehead. 1971. Natural hybrids of the African cichlid fishes *Tilapia nigra* and *T. leucosticta*: a case of hybrid introgression. *Biol. J. Linn. Soc.* 3: 103-146.
- FAO/UNEP. 1981. Conservation of the genetic resources of fish: problems and recommendations. Report of the Expert Consultation on the Genetic Resources of Fish, Rome, 9-13 June 1980. FAO. Tech. Pap. 217. 43 p.
- Fishelson, L. 1962. Hybrids of two species of fishes of the genus *Tilapia* (Cichlidae, Teleostei). *Fishermen's Bull.* 4(2): 14-19. (en Hébreu, avec sommaire en Anglais).
- Fishelson, L. and Z. Yaron, compilers. 1983. Proceedings of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 8-13 May 1983. Nazareth, Israel. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel.
- Fryer, G. and T.D. Iles. 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa. T.F.H. Publications, Neptune City, New Jersey, USA.
- Galman, O.R. 1987. Le tilapia rouge des Philippines (*Oreochromis*, Pisces: Cichlidae), caractères morphologiques, génétiques et biologiques; conséquences pour l'aquaculture. Institut National Polytechnique de Toulouse, 142 p. Thèse de Doctorat d'Etat.
- Galman, O.R., J. Moreau, G. Hulata and R.R. Avtalion. 1988. The use of electrophoresis as a technique for the identification and control of tilapia breeding stocks in Israel, p. 177-181. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Galman, O.R., J. Moreau and R.R. Avtalion. 1988. Breeding characteristics and growth performance of Philippine red tilapia, p. 169-175. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Gjedrem, T. 1985. Improvement of productivity through breeding schemes. *GeoJournal* 10(3): 233-241.
- Gjerde, B., K. Gunnes and T. Gjedrem. 1983. Effect of inbreeding on survival and growth in rainbow trout. *Aquaculture* 34: 327-332.
- Goren, M. 1974. The freshwater fishes of Israel. *Isr. J. Zool.* 23: 67-118.
- Groth, V., L. Renwrandt and W. Villwock. 1984. Determination of different lectin-receptors on the surface of carp erythrocytes (*Cyprinus carpio* L.). *Spec. Publ. Bur. Maricult. Soc.* 8: 169-176.
- Guerrero, R.D. III. 1985. Tilapia farming in the Philippines: practices, problems and prospects, p. 3-14. *In* I.R. Smith, E.B. Torres and E.O. Tan (eds). Philippine tilapia economics. ICLARM Conference Proceedings 12. Philippine Council for Agriculture and Resources Research and Development, Los Baños, Laguna, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Guerrero, R.D. III. 1987. Tilapia farming in the Philippines. National Bookstore Inc., Manila, Philippines.
- Gwahaba, J.J. 1973. Effects of fishing on the *Tilapia nilotica* (L.) population in L. George, Uganda over the past twenty years. *East Afr. Wildl. J.* 11: 317-328.
- Hanson, B.J., J.F. Moehl, K.L. Veverica, F. Rwangano and M. Van Speybroeck. 1988. Pond culture of tilapia in Rwanda, a high altitude equatorial African country, p. 553-559. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Harvey, B.J. and R.N. Kelley. 1988. Practical methods for chilled and frozen storage of tilapia spermatozoa, p. 187-189. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Hecht, T. 1980. A comparison of the otolith and scale methods of ageing and the growth of *S. mossambicus* (Pisces: Cichlidae) in a Venda impoundment (Southern Africa). *S. Afr. J. Zool./S.-Afr. Tydskr. Dierkd.* 15(4): 222-228.
- Hickling, C.F. 1960. The Malacca tilapia hybrids. *J. Genet.* 57: 1-10.

- Hopkins, K.D., M.M. Abdel-Helimi, M.L. Hopkins, N. Dan and G. Maheshwari. 1985. Feasibility of producing tilapia in Kuwait. Vol. 2: Market potential, project concept and economics. Vol. 3: Technical design and appendices. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait; Technology Investment Company, Kuwait; and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Hulata, G., G.W. Wohlfarth and A. Halevy. 1988. Comparative growth tests of *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* hybrids derived from different farms in Israel, in polyculture, p. 191-195. In R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Hulata, G., S. Rothbard, J. Itzkovich, G. Wohlfarth and A. Halevy. 1985. Differences in hybrid fry production between two strains of the Nile tilapia. *Prog. Fish-Cult.* 47:42-49.
- Humphries, J.M., F.L. Bookstein, B. Chernoff, G.R. Smith, R.L. Elder and S.G. Poss. 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size. *Syst. Zool.* 30: 291-308.
- ICES. 1984. Report of the Working Group on Genetics. Report F:4. Mariculture Committee, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark.
- Irvine, F.R. 1947. The fishes and fisheries of the Gold Coast. The Crown Agents for the Colonies, London.
- Jarimopas, P. 1986. Realized response of Thai red tilapia to weight specific selection for growth, p. 109-111. In J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Jensen, K.W. 1957. Determination of age and growth of *Tilapia nilotica* (L.), *T. galilaea* (Act), *T. zillii* (Gerv.) and *Lates niloticus* C. et V. by means of their scales. *K. Nor. Vidensk. Selsk. Forh.* 30(24): 150-157.
- Jhingran, V.G. and R.S.V. Pullin. 1985. A hatchery manual for the common, Chinese and Indian major carps. ICLARM Studies and Reviews 11. Asian Development Bank, Manila, and the International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Jorgensen, J.W. and M. Phillips, editors. 1985. New directions in electrophoretic methods. ACS Symposium Series No. 335. American Chemical Society, Washington DC, USA.
- Jubb, R.A. 1974. The distribution of *Tilapia mossambicus* Peters, 1852, and *Tilapia mortimeri* Trewavas, 1966, in Rhodesian waters. *Arnoldia (Rhodesia)* 6(25): 1-14.
- Junor, F.J.R. 1969. *Tilapia melanopleura* Dum. in artificial lakes and dams in Rhodesia with special reference to its undesirable effects. *Rhod. J Agric. Res.* 7: 61-69.
- Kamonrat, W. and R.W. Doyle. 1988. Genetic variation of scale circulus spacing (CIRC) in a tilapia hybrid (*Oreochromis mossambicus* x *O. wrolepis hornorum*), p. 209-213. In R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Khater, A.A and R.O. Smitherman. 1988. Cold tolerance and growth of three strains of *Oreochromis niloticus*, p. 215-218. In R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Kiener, A. 1963. Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. *Bull. Cent. Tech. For. Trop. Nogent-sur-Mame.* 24. 244 p.
- Kincaid, H.L. 1981. Trout strain registry. FWS/NFC-L/81-1. 118 p. National Fisheries Center, US Fish and Wildlife Service, Kearneysville, West Virginia, USA.
- Knaggs, E.H. 1977. The genus *Tilapia* in California's estuarine and marine waters: a possible replacement for most fishes in marine waters. Paper presented at the Annual CALCOFI Conference, 1-3 November 1977, La Jolla, California, USA.
- Koura, R. and A. R. El Bolock. 1958. Age, growth and survival of *Tilapia mossambica* (Peters) in Egyptian ponds. *Notes Mem. UAR (South. Reg.) Minist. Agric. Hydrobiol. Dep.* 41: 1-18.
- Krieg, F. and R. Guyomard. 1985. Population genetics of French brown trout (*Salmo trutta* L.): large geographical differentiation of wild populations and high similarity of domesticated stocks. *Genet. Sel. Zool.* 17(2): 225-242.
- Kuris, A.M., Z. Ra'anan, A. Sagi and D. Cohen. 1987. Morphotypic differentiation of male Malaysian giant prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *J. Crust. Biol.* 7: 219-237.
- Laird, W.M., I.M. Mackie and A.H. Ritchie. 1982. Differentiation of species of fish by isoelectric focusing on agarose and polyacrylamide gels - a comparison. *J. Assoc. Public Anal.* 20: 125-135.
- Legendre, M. 1983. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis* en Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan Côte d'Ivoire* 9(2): 1-36.
- Lombard, G.L. 1960. Four years of experimental culture of *Tilapia mossambica* in the Transvaal. *Publ. Cons. Sci. Afr. Sahara/Comm. Coop. Tech. Afr. Sahara* 63: 225-228.
- Loubens, G. 1965. Travaux en vue du développement de la pêche dans le bassin inférieur de l'Ogoue. *Publ. Cent. Tech. For. Trop.* 27. 151 p.

- Lovshin, L.L. 1980. Progress report on fisheries development in northeast Brazil. Res. Dev. Ser. Int. Cent. Aquacult. 26: 15 p.
- Lovshin, L.L. 1982. Tilapia hybridization, p. 279-308. *In* R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Lowe-McConnell, R.H. 1982. Tilapias in fish communities, p. 83-113. *In* R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Macaranas, J.M., N. Taniguchi, M.J.R. Pante, J.B. Capili and R.S.V. Pullin. 1986. Electrophoretic evidence for extensive hybrid gene introgression into commercial *Oreochromis niloticus* (L.) stocks in the Philippines. Aquacult. Fish. Manage. 17: 249-258.
- Man, H.S.H. and L.J. Hodgkiss. 1977. Age determination and growth of *S. mossambicus* in Plover Cove Reservoir Hongkong. Environ. Biol. Fish. 1(2): 35-47.
- Matthes, H. 1985. Madagascar: l'état des stocks et la situation des pêches au lac Itasy. Rapport préparé pour le projet Développement des Pêches Continentales. FAO/FI/DP/MAG/82/0144. 63 p.
- McAndrew, B.C. and K.C. Majumdar. 1983. Tilapia stock identification using electrophoretic markers. Aquaculture 30: 249-261.
- McConnell, W.J. 1965. Preliminary report on the Malacca tilapia hybrid as a sport fish in Arizona. Prog. Fish-Cult. 28: 40-46.
- McGinty, A.S. 1987. Efficacy of mixed species communal rearing as a method for performance testing of tilapias. Prog. Fish-Cult. 49: 17-20.
- Minshull, J.L. 1987. A revised checklist of Zimbabwe fishes. Arnoldia (Zimbabwe) 9(27): 343-352.
- Mires, D. 1977. Theoretical and practical aspects of the production of all male tilapia hybrids. Bamidgheh 29: 94-101.
- Mires, D. 1988. The inheritance of black pigmentation in two African strains of *Oreochromis niloticus*, p. 237-241. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Moav, R. and G.W. Wohlfarth. 1974. Magnification through competition of genetic differences in yield capacity in carp. Heredity 33: 181-202.
- Moehl, J.F., K.L. Veverica, B.J. Hanson and N. Hishamunda. 1988. Development of appropriate pond management techniques for use by rural Rwandan farmers, p.561-568. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Moreau, J. 1979a. Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. Institut National Polytechnique de Toulouse, France. Thèse de Doctorat d'Etat.
- Moreau, J. 1979b. Introduction d'espèces étrangères dans les eaux continentales africaines. Travaux de la Société Internationale de Limnologie, Nairobi, Kenya.
- Moreau, J. 1986. Inland fisheries in Madagascar, p. 79-102. *In* T. Petr (ed.) Reports and papers presented at the Indo-Pacific Fishery Commission Expert Consultation on inland fisheries of the larger Indo-Pacific islands. Bangkok, Thailand, 4-9 August 1986. FAO Fish. Rep. No. 371. Suppl. 258 p.
- Moreau, J., C. Bambino and D. Pauly. 1986. Indices of overall growth performance of 100 tilapia (Cichlidae) populations, p. 201-206. *In* J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Moriarty, D.J.W. 1973. The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlid fish *Tilapia nilotica*. J. Zool. 171: 25-40.
- Moriarty, C.M. and D.J.W. Moriarty. 1973. Quantitative estimation of the daily ingestion of phytoplankton by *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis* in Lake George, Uganda. J. Zool. 171: 15-24.
- Msiska, O.V. and G.M. Nongwa. 1985. Fish farming for rural development in Malawi. Paper presented at the Commonwealth Secretariat Consultative Workshop on Village Level Aquaculture Development in Africa, 14-20 February 1985. Freetown, Sierra-Leone.
- Oberst, S., W. Villwock and L. Renwratz. The use of lectins in erythrocyte agglutination tests to differentiate between *Tilapia* species. J. Appl. Ichthyol. 4. (Sous presse).
- Pante, M.J.R., L.J. Lester and R.S.V. Pullin. 1988. A preliminary study on the use of canonical discriminant analysis of morphometric and meristic characters to identify cultured tilapias, p. 251-257. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai, and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

- Pauly, D., J. Moreau and M. Prein. 1988. A comparison of overall growth performance of tilapia in open waters and aquaculture, p. 469-479. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Payne, A.I. and R.J. Collinson. 1983. A comparison of the characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) with those of *S. aureus* (Steindachner) and other tilapia of the Delta and lower Nile. *Aquaculture* 30: 335-351.
- Petr, T. 1969. Fish population changes in the Volta Lake over the period January 1965-September 1966, p. 220-234. *In* L.E. Obeng (ed.) Man-made lakes: the Accra symposium. Ghana University Press, Accra.
- Petr, T. and J. Kapetsky. 1983. Status of African reservoir fisheries. CIFA Tech. Pap. 10. 326 p.
- Philippart, J.-Cl. and J.-Cl. Ruwet. 1982. Ecology and distribution of tilapias, p. 15-59. *In* R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Pruginin, Y., S. Rohrbard, G. Wohlfarth, A. Halevy, R. Moav and G. Hulata. 1975. All-male broods of *Tilapia nilotica* x *T. aurea* hybrids. *Aquaculture* 6: 11-21.
- Pullin, R.S.V. 1975. Preliminary investigations with methods for controlling the reproduction of marine flatfish. *Publ. Staz. Zool. Napoli* 39 (Suppl. 1): 282-296.
- Pullin, R.S.V. 1983. Choice of tilapia species for aquaculture, p. 64-67. *In* L. Fishelson and Z. Yaron (comps.) Proceedings of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 8-13 May 1983, Nazareth, Israel. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel.
- Pullin, R.S.V. and H. Bailey. 1981. Progress in storing marine flatfish eggs at low temperatures. *Rapp. P.-V. Réun. CIEM* 178: 514-517.
- Pullin, R.S.V. and J.B. Capili. 1988. Genetic improvement of tilapias: problems and prospects, p. 259-266. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Pullin, R.S.V. and R.H. Lowe-McConnell, editors. 1982. The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Pullin, R.S.V. and M.C. Paguio. 1987. The ICLARM Network of Tropical Aquaculture Scientists. *Naga, ICLARM Q.* 10(3):9.
- Pullin, R.S.V., T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean, editors. 1988. The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. (In press).
- Rinne, J.M. 1976. Coded spine clipping to identify individuals of the spiny rayed fish *Tilapia*. *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 2626-2629.
- Schoenen, P. 1982. A bibliography of important tilapias (Pisces: Cichlidae) for aquaculture. ICLARM Bibliographies 3. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Schoenen, P. 1984. A bibliography of important tilapias (Pisces: Cichlidae) for aquaculture: *Oreochromis macrochir*, *O. aureus*, *O. hornorum*, *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *Sarotherodon galilaeus*, *Tilapia rendalli* and *T. zillii*. ICLARM Bibliographies 3, Supplement 1. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Schoenen, P. 1985. A bibliography of important tilapias (Pisces: Cichlidae) for aquaculture: *Oreochromis variabilis*, *O. andersonii*, *O. esculentus*, *O. leucostictus*, *O. mortimeri*, *O. spilurus niger*, *Sarotherodon melanotheron* and *Tilapia sparrmanii*. ICLARM Bibliographies 6. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Schuster, W.H. 1952. Fish culture in brackish water ponds of Java. *Spec. Publ. IPFC* 1.
- Shaklee, J.B., C.S. Tamaru and R.S. Waples. 1982. Speciation and evolution of marine fishes studied by the electrophoretic analysis of proteins. *Pac. Sci.* 36(2): 141-157.
- Siddiqui, A.Q. 1979. Changes in fish species composition in Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia* 64: 131-138.
- Ssentongo, G.W. 1971. Yield equation and indices for tropical freshwater fish populations. University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada. 108 p. MS thesis.
- Talbot, A., T.K. Hay, R.W. Doyle and A.E.L. Mcnaughton. "Current growth" estimators in tilapia, p. 509-513. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Taniguchi, N., J.M. Macaranas and R.S.V. Pullin. 1985. Introgressive hybridization in cultured tilapia stocks in the Philippines. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 52(8): 1219-1224.
- Tave, D., J.E. Barbels and R.O. Smitherman. 1983. Saddleback: a dominant lethal gene in *Sarotherodon aureus* (Steindachner) (= *Tilapia aurea*). *J. Fish Dis.* 6: 59-73.

- Thérézien, Y. 1964. Etude en vue du développement de la pêche au lac Itasy. Centre Technique Forestier Tropical, Tananarive, Madagascar.
- Thérézien, Y., A. Moulherat and M.M.J. Vincke. 1967. Etude en vue du développement de la pêche au lac Kinkony. Centre Technique Forestier Tropical, Tananarive, Madagascar.
- Thys van den Audenaerde, D.F.E. 1964. Révision systématique des espèces Congolaises du genre *Tilapia* (Pisces: Cichlidae). Anns. Mus. R. Afr. Cent. (Sér 8 Sci. Zool.) 124. 155p.
- Thys van den Audenaerde, D.F.E. 1968. An annotated bibliography of tilapia (Pisces, Cichlidae). Mus. R. Afr. Cent. Doc. Zool. 14. 406 p.
- Timen, B. and R.R. Avtalion. Cell surface antigens in tilapias. I. Identification of some species-specific red blood cell (RBC) antigens using rabbit antibodies. European Aquaculture Society Special Publication. (In press).
- Toots, H. 1969. Exotic fishes in Rhodesia, and translocation of indigenous species. Newsletter. Limnol. Soc. Sth. Afr. (Suppl.) 13: 70-81.
- Trewavas, E. 1982. Tilapias: taxonomy and speciation, p. 3-13. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), London, UK.
- Turner, G.E., editor. 1987. Codes of practice and manual of procedures for consideration of introductions and transfers of marine and freshwater organisms. CIEM Document 35A. 42 p. Le Conseil International pour l'Exploration de la Mer, Copenhagen, Denmark.
- Vincke, M. 1971. Contribution à l'étude du tilapia "trois quarts" du lac Itasy (Madagascar). Rapp. Annu. Cent. Tech. For. Trop., Nogent-sur-Mame, France. 20 p.
- Vincke, M.M.J. 1981. Aquaculture development in Malawi. Aquaculture Development and Coordination Programme. FAO, Rome.
- Watanabe, W.O., C.M. Kuo and M.C. Huang. 1984. Experimental rearing of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) for saltwater culture. ICLARM Technical Reports 14. Council for Agricultural Planning and Development, Taipei, Taiwan, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Watanabe, W.O., C.M., Kuo and M.C. Huang. 1985. Salinity tolerance of the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* and an *O. mossambicus* x *O. niloticus* hybrid. ICLARM Technical Reports 16. Council for Agricultural Planning and Development, Taipei, Taiwan, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Welcomme, R.L. 1966. Recent changes in the stocks of Tilapia in Lake Victoria. Nature (Lond.) 212: 52-54.
- Welcomme, R.L. 1967. Observations on the introduced species of Tilapia in Lake Victoria. Rev. Zool. Bot. Afr. 76: 249-279.
- Welcomme, R.L. 1981. Register of international transfers of inland fish species. FAO Fish. Tech. Pap. 213.
- Whyte, S.A. 1975. Distribution, trophic relationships and breeding habits of the fish populations in a tropical lake basin (Lake Bosumtwi, Ghana). J. Zool. 177: 25-56.
- Wohlfarth, G.W. and G. Hulata. 1983. Applied genetics of tilapias. Second edition. ICLARM Studies and Reviews 6. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Wohlfarth, G.W. and R. Moav. 1985. Communal testing, a method of testing the growth of different genetic groups of common carp in earthen ponds. Aquaculture 48: 143-157.
- Wohlfarth, G.W., G. Hulata and A. Halevy. Growth, survival and sex ratio of some tilapia species and interspecific hybrids. In Proceedings of German-Israeli Aquaculture Seminar. European Aquaculture Society, Special Publication. (Sous presse).

Liste des participants

M. Adou Cissé
Centre de Recherches Océanographiques
B.P.V. 18
Abidjan, Côte d'Ivoire

M. John D. Balarin
International Center for Living
Aquatic Resources Management Africa Office
P.O. Box 229
Zomba, Malawi

Mme Mary Ann P. Bimbao
International Center for Living Aquatic Resources
Management
MC P.O. Box 1501
Makati, Metro Manila
Philippines

Mme Josephine B. Capili
International Center for Living Aquatic Resources
Management
MC P.O. Box 1501
Makati, Metro Manila
Philippines

M. Chen Foo Yan
Network of Aquaculture Centres in Asia
c/o United Nations Development Programme
P.O. Box 618
Bangkok, Thaïlande

M. Harisly K. Chirwa
Fisheries Department
P.O. Box 593
Lilongwe, Malawi

Dr Andre G. Coche
FAO/FIRI-F235
Via delle Terme di Caracalla
00100 Rome, Italie

M. Mamadou Diarra
United Nations Development Programme/Food
and Agriculture Organization of the United Nations
B.P. 494
Bouaké, Côte d'Ivoire

M. Anvra J. Djobo
Direction des Pêches
B.P.V. 19
Abidjan, Côte d'Ivoire

Dr Rafael D. Guerrero III
Philippine Council for Aquatic and Marine
Research and Development
Los Baños, Laguna
Philippines

Dr Brian Harvey
Marine Technology Ltd.
1157-B Newport Avenue
Victoria, BC V8S 5E6
Canada

M. Nathanael Hishamunda
National Fishculture Project
P.B. 132
Butare, Rwanda

Dr Gideon Hulata
Agricultural Research Organization
Fish and Aquaculture Research Station
Dor, D.N. Hof Hacarmel
30820 Israël

Mme Parnsri Jarimopas
National Inland Fisheries Institute
Kasetsart University Campus
Bangkhen, Bangkok 10900
Thaïlande

M. Kouadio Konan
Ministère des Eaux et Forêts
B.P.V. 94
Abidjan, Côte d'Ivoire

Dr L. James Lester
School of Natural and Applied Sciences
University of Houston - Clear Lake
2700 Bay Area Blvd.
Houston, Texas 77508
Etats-Unis

Dr R.H. Lowe-McConnell
 Streatwick
 Streat via Hassocks
 Sussex BN6 8RT
 Royaume Uni

M. Somsak Luanprida
 National Inland Fisheries Institute
 Kasetsart University Campus
 Bangkhen, Bangkok 10900
 Thaïlande

Dr Brian E. Marshall
 University of Zimbabwe
 P.O. Box MP 167
 Mt. Pleasant, Harare
 Zimbabwe

Dr Jacques Moreau
 Ecole Normale Supérieure Agronomique
 Institut National Polytechnique de Toulouse
 145, avenue de Muret
 31076 Toulouse Cedex
 France

M. Orton V. Msiska
 Fisheries Department
 P.O. Box 593
 Lilongwe, Malawi

M. David Nguenga
 Institute of Animal Research (IRZ)
 Fishculture Research Station
 P.O. Box 255
 Fomban, Cameroun

M. Christopher G. Nugent
 Food and Agriculture Organization of the United
 Nations
 B.P. 494
 Bouaké, Côte d'Ivoire

M. Joseph K. Ofori
 Institute of Aquatic Biology
 P.O. Box 38
 Achimota, Ghana

Mme Ma. Josefa R. Pante
 Marine Science Institute
 University of the Philippines
 Diliman, Quezon City
 Philippines

Dr A. Ian Payne
 Coventry (Lanchester) Polytechnic
 Priory Street
 Coventry, CV1 5FB
 Royaume Uni

Dr Roger S.V. Pullin
 International Center for Living Aquatic Resources
 Management
 MC P.O. Box 1501
 Makati, Metro Manila
 Philippines

Dr R.O. Smitherman
 Department of Fisheries and Allied Aquacultures
 Auburn University
 Auburn, Alabama 36849
 Etats-Unis

M. Manob Tangtrongpiros
 National Inland Fisheries Institute
 Kasetsart University Campus
 Bangkhen, Bangkok 10900
 Thaïlande

M. Melchor M. Tayamen
 National Freshwater Fisheries Technology
 Research Center
 Bureau of Fisheries and Aquatic Resources
 Muñoz, Nueva Ecija
 Philippines

Mme. Supattra Uraivan
 National Inland Fisheries Institute
 Kasetsart University Campus
 Bangkhen, Bangkok 10900
 Thaïlande

Prof. D.F.E. Thys van den Audenaerde
 Musée Royal de l'Afrique Centrale
 13 Steenweg op Leuven
 B-1980 Tervuren
 Belgique

M. J. Michael Vakily
 Institute of Marine Science
 Kiel University
 Duesternbrooker Weg 20
 D-2300 Kiel 1
 République Fédérale d'Allemagne

Prof. Dr Wolfgang Villwock
 Zoologisches Institut und
 Zoologisches Museum
 University of Hamburg
 Martin-Luther-King-Platz 3
 D-2000 Hamburg 13
 République Fédérale d'Allemagne

Dr Giora W. Wohlfarth
 Agricultural Research Organization
 Fish and Aquaculture Research Station
 Dor, D.N. Hof Hacarmel
 30820 Israël

Appendice I

Amélioration génétique des tilapias : problèmes et perspectives*

tiré de :

PULLIN, R.S.V. et J.B. CAPILL 1988. Genetic improvement of tilapias : problems and prospects, p. 259-266. In R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.). The Second International Symposium on Tilapias in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

Résumé

Les tilapias sont élevés partout en régions tropicales et subtropicales mais l'attention n'a pas encore été suffisamment portée sur l'amélioration génétique des espèces cultivées. L'élevage des tilapias est largement pratiqué en Asie alors que la plupart des ressources génétiques se trouvent en Afrique. Cet ouvrage aborde les différentes approches de l'amélioration génétique des tilapias : inventaire des ressources génétiques ; évaluation des performances en élevage et utilisation d'un matériel prometteur dans les programmes de sélection. La conservation des ressources génétiques, les méthodes de recherche et les perspectives en matière d'amélioration génétique sont également abordées. L'accent est mis sur l'espèce d'élevage la plus connue, *Oreochromis niloticus*.

Introduction

Les tilapias sont élevés partout en régions tropicales et subtropicales, et il existe de grandes possibilités d'expansion de l'élevage de ces poissons (Pullin, 1985). L'espèce la plus connue est *Oreochromis niloticus* en raison de sa croissance rapide en eau douce. L'espèce *O. aureus* est relativement utilisée (toutefois moins fréquemment) en raison de sa tolérance au froid et de son aptitude à produire des ale-

vins hybrides mâles monosexes en élevage intensif. On élève plusieurs autres espèces lorsqu'on ne peut obtenir *O. niloticus* ou lorsqu'on les préfère pour diverses raisons, essentiellement liées à la tradition et à l'environnement. Des tilapias rouges, orange et de diverses couleurs, la plupart hybrides, sont aussi élevés pour un marché limité. Cette étude se penche sur les perspectives et les problèmes en matière d'amélioration génétique des tilapias d'élevage et elle est axée sur *O. niloticus*.

*ICLARM Contribution No. 372.

Possibilité d'amélioration génétique des tilapias

La recherche pour l'amélioration génétique des poissons d'élevage a peu d'antécédents par rapport à la recherche pour l'agriculture et l'élevage d'animaux domestiques. Or, on admet à présent que la génétique appliquée, particulièrement la génétique quantitative, peut avoir une incidence considérable sur l'aquaculture (Gjedrem, 1985). Toutefois, la recherche génétique sur les tilapias a, jusqu'à présent, surtout été axée sur l'hybridation et la production d'alevins mâles monosexes (Wohlfarth et Hulata, 1983). Les quelques études réalisées sur la sélection et sur l'héritabilité des caractères commerciaux sont résumés au tableau 1 : remarquer les possibilités de goulet d'étranglement et/ou d'effets dépressifs pour certaines populations de *O. niloticus*.

Les méthodes de recherche posent cependant certains problèmes. Par exemple, les différents génotypes devraient être marqués et déversés ensemble dans le même étang ou la même cage lors des essais comparatifs, et des corrections devraient être apportées, tenant compte des différences observées au niveau de la longueur initiale ou du poids initial (Wohlfarth et Hulata, 1983). L'évaluation des différents tilapias et leur utilisation dans les programmes de sélection ne progresseront guère tant que ces méthodes ne seront pas clairement définies. Dans l'intervalle, on aurait tort de penser que les possibilités d'améliora-

tion sont nulles.

Tableau 1. Résumé de la recherche génétique quantitative sur les caractères de croissance chez les tilapias d'élevage (*Oreochromis* spp.) ; les données pour la longueur et le poids à des âges différents sont mises ensemble.

Sites	Poissons	Type d'études; résultats	Remarques
Auburn, E.-U.	<i>O. n. niloticus</i> ^a	Estimation de l'héritabilité par analyse "demi-frères/demi-soeurs": h^2 n'est pas très différent de zéro	Faible variabilité (Tave et Smitherman, 1980)
Georgia, E.-U.	<i>O. aureus</i>	Sélection massale bidirectionnelle: réponse positive, lignées supérieures 7-27% > lignées inférieures; $h^2 = 0,24$ (0,07)	Bonne réponse (Bondari <i>et al.</i> , 1983)
Auburn, E.-U.	<i>O. n. niloticus</i> ^a	$h^2 = -0,10$	(Teichert-Coddington et Smitherman, cité par Hulata <i>et al.</i> , 1986)
Philippines	<i>O. niloticus</i> ^b	Sélection généalogique bidirectionnelle: faible réponse	Faible variabilité possible (Abella <i>et al.</i> , 1986)
Israël	<i>O. n. niloticus</i> (souche Ghana)	Sélection massale: pas de réponse	Faible variabilité probable (Hulata <i>et al.</i> , 1986)
Thaïlande	Tilapia rouge ^c	Sélection massale: réponse positive, lignées choisies 10-30% > témoin; $h^2 = 0,17 - 0,19$	Bonne réponse (Jarimopas, 1986)

^a 50-100 poissons (non autochtones; voir texte) transférés de Côte d'Ivoire au Brésil, 1971; 100-200 juvéniles provenant de 5-10 parents transférés du Brésil à Auburn, 1974; puis, conservation de 150-200 couples se croisant aléatoirement.

^b Stock originel expérimental obtenu en croisant des "souches" Israël, Singapour et Taiwan introduites et ayant probablement transité en Israël, principalement la souche Ghana.

^c Un hybride *O. niloticus* x *O. mossambicus* (voir Pante *et al.*, 1988)

tion des performances d'élevage, grâce aux méthodes de sélection comme Gjedrem (1985) l'a prévue pour une "grande variété d'animaux aquatiques", ne s'appliquent pas aux tilapias. Le court intervalle entre deux générations de *O. niloticus* (environ quatre mois) et son aptitude à se reproduire tout au long de l'année dans les régions tropicales mènent à penser que des acquis génétiques pourront être rapidement obtenus. Toutefois, le manque d'informations et de ressources génétiques disponibles en tilapias pose de gros problèmes.

Les plus gros élevages de tilapias sont réalisés en Asie, comme par exemple aux Philippines (Smith et Pullin, 1984), tandis que les plus grandes ressources génétiques naturelles en tilapias se trouvent en Afrique. La recherche sur l'amélioration génétique devrait être utile aux élevages déjà existants et aux plus récents. L'élevage des tilapias en Afrique, à quelques exceptions près, n'est peut-être pas encore suffisamment développé pour absorber une telle recherche. La culture des tilapias en Asie, du moins dans ses secteurs les mieux organisés, est suffisamment développée à cet effet, mais les problèmes liés au rassemblement des ressources nécessaires sont vastes. Les moyens donnés à la recherche génétique sur les poissons dans les régions tropicales sont insuffisants. Or, les ressources génétiques présentent un intérêt mondial. Si les ressources génétiques en tilapias d'Afrique doivent être utilisées pour améliorer la production de tilapias au niveau mondial, la recherche et le développement de l'aquaculture en Afrique doivent recevoir le soutien correspondant afin de pouvoir prospérer. Ceci exigera une coopération inter-régionale et internationale bien plus importante qu'elle ne l'est actuellement.

Ressources génétiques en tilapias d'Afrique

La répartition naturelle des tilapias a fait l'objet d'un bilan par Philippart et Ruwet (1982) et par Trewavas (1983). Pour *O. niloticus*, la répartition naturelle des sous-espèces groupées pour la plupart dans l'Est africain est résumée sur la figure 1. De nombreux transferts, dont un grand nombre n'ont pas été répertoriés, ont eu lieu entre les pays d'Afrique, à l'intérieur de ceux-ci, et entre les bassins fluviaux (Philippart et Ruwet, 1982). Certains

transferts récents de *O. niloticus* et de *O. aureus* ont eu lieu à partir des universités occidentales et d'Israël vers l'Afrique.

O. niloticus s'étend actuellement au delà de son aire d'origine en Afrique. Par exemple, *O. niloticus* n'est pas autochtone dans les fleuves coulant vers le sud du Ghana et de la Côte d'Ivoire à l'ouest de la Volta. Sa forme soudanaise est autochtone seulement à l'extrême nord de quelques cours d'eau coulant vers le nord de la Côte d'Ivoire (Daget et Iltis, 1965). Cependant, la souche "Bouaké" de *O. niloticus* qui est un mélange d'introductions réalisées antérieurement est actuellement largement élevée dans les eaux douces de Côte d'Ivoire. Cette souche a dû coloniser les rivières Bia et Tano qui coulent vers le Ghana à partir des fermes avoisinantes. Si c'est le cas, d'autres transferts aboutissant au mélange de ces poissons avec la souche Volta de *O. niloticus* pourraient se produire.

Il est nécessaire d'adopter une attitude raisonnable au niveau des transferts de tilapias. Les transferts seront considérés comme acceptables toutes les fois que de meilleures espèces de poissons pourront considérablement améliorer l'aquaculture existante pour le bien des populations nécessiteuses. Si les risques encourus au niveau des ressources génétiques l'emportent sur les bénéfices acquis, il conviendra d'empêcher ces transferts. Il est essentiel de conserver les populations importantes de tilapias autochtones qui sont, dans l'idéal, toutes les populations non encore contaminées des rivières et des lacs d'Afrique. Payne et Collinson (1983), décrivant les populations du lac Manzallah affirment que "la pratique actuellement généralisée de transférer des poissons, dont la provenance et les antécédents génétiques restent incertains, peut conduire à la perte des différences entre les espèces autochtones, et rendre de ce fait la tâche des sélectionneurs de poissons bien plus difficile au moment de la véritable domestication qui pose déjà d'énormes problèmes."

Ressources génétiques en tilapias d'Asie

Les informations publiées sur l'introduction et les transferts de *O. niloticus* en Asie sont résumées au tableau 2 et sur la figure 2. D'autres transferts qui n'ont pas été enregistrés ont

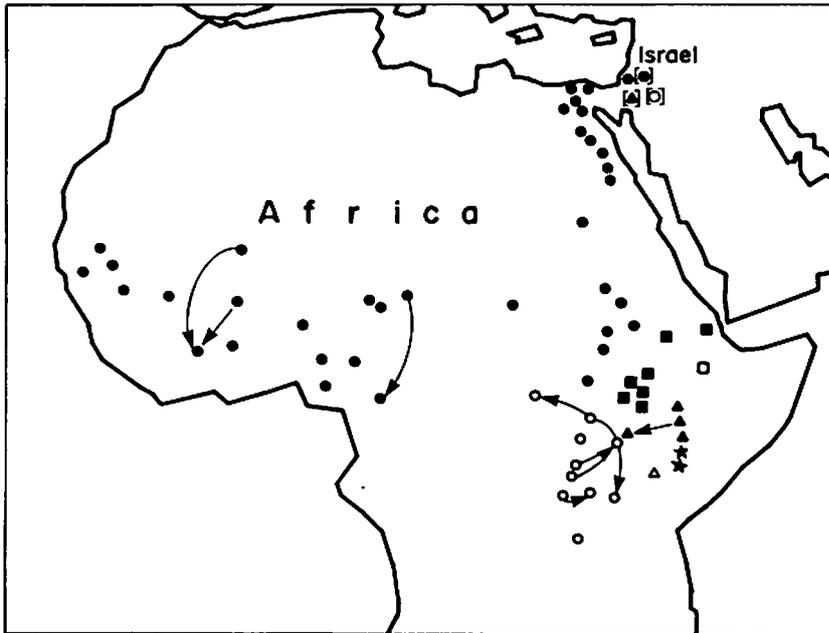


Fig. 1. Distribution des sous-espèces *Oreochromis niloticus* en Afrique (modifiée d'après Trevas, 1983) et leurs transferts à l'intérieur de l'Afrique et en Israël en vue de la recherche et de l'aquaculture. Clé : ● = *O. n. niloticus* ; ○ = *O. n. eduardianus* ; ■ = *O. n. cancellatus* □ = *O. n. filoa* ; ▲ = *O. n. vulcani* ; △ = *O. n. baringoensis* ; * = *O. n. suguta*. Les flèches indiquent certains transferts effectués à l'intérieur de l'Afrique. Israël a reçu des introductions, indiquées entre crochets [] : [●] *O. n. niloticus*, du Ghana ; [○] *O. n. eduardianus*, d'Ouganda ; et [▲] *O. n. vulcani*, du Kenya.

Tableau 2. Introductions de *Oreochromis niloticus* en Asie et transferts ultérieurs à l'intérieur de l'Asie: résumé d'après Welcomme (1981) et Guerrero (1985). Pour des informations supplémentaires, voir la Fig. 2.

Date	A	De	Date	A	De
1962	Japon	Egypte	1974	Bangladesh	Thaïlande
1965	Thaïlande	Japon	1978	Chine	Soudan
1969	Indonésie	Taiwan	Fin des années 70	Sri Lanka	Israël
1972	Philippines	Israël ¹	1979	Philippines	Israël ²
1972	Philippines	Israël	1979	Philippines	Singapour ³
1972	Philippines	Thaïlande	1984	Philippines	Taiwan
1972	Hong Kong	Taiwan			

¹ Souche Ouganda - situation actuelle peu claire.

² Souche Ghana.

³ Origine Israël, souche Ghana

eu lieu à l'intérieur de l'Asie. Toutefois, à notre connaissance, aucune introduction directe n'a eu lieu en dehors de celles qui ont fait l'objet des expéditions suivantes : 1) deux expéditions

(27 et 24 poissons, avec un taux de survie de 90% au cours du transport) en 1978, du Nil (Soudan) à la province de Hou-pei en République populaire de Chine. Ces poissons se sont

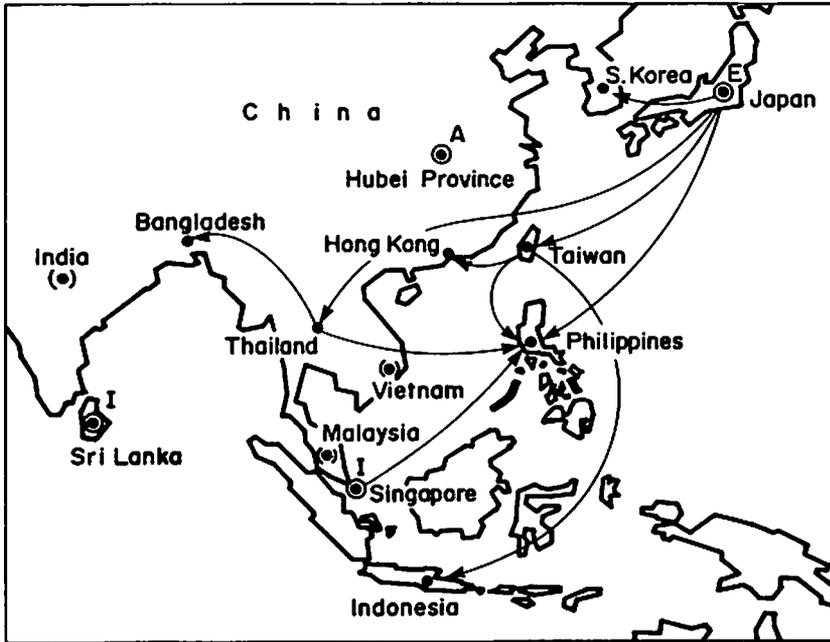


Fig. 2. Introductions de *Oreochromis niloticus niloticus* en Asie et quelques transferts ultérieurs entre les pays asiatiques, d'après Welcomme (1981), Guerrero (1985) et les observations non publiées de divers auteurs. Les données entre parenthèses () indiquent la présence de stocks transférés à partir de sources non recensées en Asie. (A) = premières introductions en Asie en provenance de A (Soudan); E (Egypte); I (Israël); ● = transferts à l'intérieur de l'Asie. Beaucoup de transferts effectués récemment à l'intérieur de l'Asie ont été omis pour des raisons de clarté et/ou de manque d'informations (voir également le Tableau 1).

reproduits en 1979 après avoir subi un hivernage, et une éclosion de tilapias de cette province produit actuellement 100 millions d'alevins par an (He Yukang, comm. pers.); 2) environ 200 individus expédiés du Caire (Egypte) au Japon (120 environ ont survécu); l'origine exacte (stock d'élevage ou stock sauvage) est inconnue (T. Maruyama, comm. pers.). Les stocks japonais semblent avoir maintenu une variabilité génétique élevée : l'hétérozigotie observée est de $(H) = 0,091$ (Basiao et Taniguchi, 1984). En 1965, cinquante poissons ont été expédiés du Japon en Thaïlande (Chotiarnwong, 1971). Le nombre de poissons qui ont survécu et se sont reproduits en Thaïlande n'a toutefois pas été clairement établi. Ce stock a reçu le nom de "souche Chitralada" et il a été isolé des autres tilapias dans un étang du Palais Royal. Un échantillon

de 20 poissons de cette souche Chitralada provenant de l'Institut asiatique de technologie (AIT) a été examiné en 1984 pour 21 loci et à montré une $H = 0,014$ (ICLARM et l'université des Philippines, résultats non publiés), ce qui indique qu'un goulet d'étranglement s'est produit à un moment quelconque. Toutefois la souche Chitralada donne actuellement de bons résultats dans l'aquaculture thaïlandaise.

Les autres populations asiatiques de *O. niloticus* proviennent toutes d'Israël. Il n'existe guère de renseignements publiés sur les stocks originels mais leur impact est considérable ; par exemple, la production aux Philippines a atteint 50.000 tonnes par an (Smith et Pullin, 1984). Les premières introductions importantes de souches de *O. niloticus* d'Afrique en Israël étaient les suivantes : 1) *O.n. eduardianus*, provenant de la station de Kajan-

si en Ouganda (originaire du lac George). Expédition de 120 alevins en 1969 et d'un autre échantillon en 1970 (Pruginin et al, 1975) ; 2) expédition en 1974 de neuf femelles et deux mâles provenant de la Volta (Ghana) (Hulata et al, 1986).

La conclusion générale est sans équivoque. La diversité génétique de *O. niloticus* élevé en Asie est probablement faible et constitue une base insuffisante pour mener des travaux de sélection. En outre, *O. mossambicus* se trouve dans de nombreux cours d'eaux d'Asie. L'hybridation introgressive entre ce poisson et *O. niloticus* est préjudiciable aux travaux des sélectionneurs et des chercheurs (Macaranas et al, 1986). Toutefois, d'après des observations non publiées et les résultats des analyses électrophorétiques réalisées sur un échantillon de 20 poissons provenant de la Province de Pathum Thani (Macaranas et al, 1986), la souche de *O. niloticus* vivant en Thaïlande centrale semble ne pas avoir été trop contaminée. De nouvelles introductions provenant d'Afrique seront hautement justifiées si l'on veut soutenir et, espérons-le, améliorer l'élevage des tilapias en Asie. Or, parmi les populations africaines, quelles sont celles qui présentent le plus grand intérêt ?

Moreau et al (1986) recommande d'utiliser $\phi' (= \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty})$, K et L_{∞} étant des paramètres de l'équation de croissance de von Bertalanffy pour comparer la croissance des tilapias. Pour *O. n. niloticus* provenant de diverses eaux (populations autochtones et introduites), la valeur de ϕ' variait de 2,26 à 3,11. Toutefois, les valeurs pour les poissons du lac Kainji ($\phi' = 3,11$) et du lac Nasser ($\phi' = 3,07$) étaient nettement plus élevées que pour le reste ($\phi' = 2,36$ à $2,77$). La valeur pour *O. n. eduardianus* (lac Albert) était très élevée $\phi' = 2,88$ (Moreau et al, 1986). Pour les poissons du lac George, Lowe-McConnell (1958) [cité par Trewavas (1983)] a estimé qu'un individu de 23 cm de longueur totale (LT) grandirait de 9 à 10 cm en un an et que la LT moyenne à l'âge de maturité sexuelle était de 28 cm, taille atteinte dans la deuxième année.

O. n. vulcani a été élevé à Dor en Israël dans le cadre d'une polyculture semi-intensive (Yashouv et Halevy, 1972) ; sa croissance pondérale quotidienne atteignait 2,9 g (printemps) et 3,4 g (été). Worthington and Ricardo (1936) [cités par Trewavas (1983)] ont estimé que sa

LT maximale atteignait 64cm dans le lac Turkana. A longueur égale, le poids était le même que pour les poissons du lac George. Des poissons atteints de nanisme ont été localisés dans le lac-cratère C., Ferguson Spit et Loiengalani. *O. n. baringoensis* a une faible longueur maximale de 36 cm et arrive à maturité à 18 cm (Ssentongo et Mann, 1971, cités par Trewavas, 1983).

On ne dispose que de très peu d'informations sur le sujet, et ce qui est cité ici n'est pas d'un grand recours comme indicateur du potentiel d'élevage en raison de la plasticité considérable des tilapias au niveau de leur croissance et de leur reproduction dans différents milieux (Lowe-McConnell, 1982). Toutefois, une valeur ϕ' élevée est probablement un bon indicateur d'un haut potentiel de croissance dans un milieu d'élevage approprié (voir Pauly et al, 1988). Il est cependant nécessaire d'intensifier les travaux de recherche sur la variabilité des différents stocks de *O. niloticus* pour le développement de caractéristiques intéressantes au niveau commercial. Par exemple, les stocks qui se trouvent aux limites de la distribution géographique, comme l'Egypte, et ceux que l'on rencontre dans des milieux défavorables, comme en altitude, peuvent présenter un intérêt particulier pour la culture subtropicale.

La recherche future : inventaire et conservation des ressources génétiques en tilapias ; évaluation comparative et programmes de sélection

Il est certain que les ressources génétiques en tilapias sont insuffisamment répertoriées. Il est nécessaire de fournir un effort supplémentaire pour les recenser et appliquer des mesures de conservation des populations sauvages importantes et de leur habitat. Des recommandations similaires pour d'autres poissons ont été largement publiées (FAO/PNUE, 1981 ; Ryman, 1981 ; Meffe, 1986). Leur exécution pose d'énormes problèmes financiers, logistiques et politiques. Or, il est indispensable d'agir. Il devrait être possible d'évaluer la situation d'au moins quelques unes des populations les plus importantes

et de conserver quelques spécimens sauvages et d'élevage.

Cette situation soulève la question de l'éventuelle création de banques de gènes. A la différence de l'agriculture pour laquelle le matériel végétal est facilement conservé [par exemple, les banques de matériel végétal de l'Institut international de recherches sur le riz (IRRI) (duplication du matériel entre les Philippines et les Etats-Unis) contenaient en 1982 61.000 cultivars d'Asie, 2.575 variétés de riz d'Afrique, 1.100 variétés de riz sauvage et 680 variétés témoins (Chang, 1983)], et à la différence de l'élevage du bétail pour lequel la cryoconservation de la semence et des embryons est largement pratiquée (FAO/PNU, 1984 ; Smith, 1984), les techniques utilisées dans les banques de gènes de poissons sont limitées à la conservation des poissons vivants et à la cryoconservation des spermatozoïdes. La conservation des collections de poissons vivants est coûteuse ; elle exige une gestion scrupuleuse. Par ailleurs, il est indispensable d'assurer des copies de ces collections en différents points. Selon Harvey (1987), les banques de semence peuvent être un moyen utile de conservation et de distribution du matériel mais les banques de gènes haploïdes monosexes comportent des limites évidentes. Elles exigent également d'adopter des normes rigoureuses pour le contrôle de la qualité et de gérer une base de données. A l'avenir, les travaux de recensement et de conservation des ressources génétiques en tilapias pourront par conséquent envisager trois approches : conservation des populations naturelles, création de collections de poissons vivants et de banques de semence.

Des recherches plus poussées sur la détermination des paramètres génétiques, l'évaluation comparative des performances d'élevage des différents tilapias, et les programmes de sélection pour améliorer les géniteurs devraient être entrepris en étroite collaboration avec les éleveurs. De même que pour l'agriculture et l'élevage du bétail, il existe une interaction importante au niveau des recherches réalisées à la ferme et à la station. Les méthodes utilisées de manière concluante dans l'élevage des Salmonidés, notamment en Norvège (Gjedrem, 1985), pourraient être appliquées aux tilapias, à condition que le soutien

nécessaire soit assuré et qu'il existe une atmosphère de coopération internationale.

Compte tenu de l'importance croissante de l'élevage des tilapias d'Asie et d'un renouveau d'intérêt porté à l'aquaculture en Afrique, nous sommes convaincus qu'il est urgent d'établir un programme important visant à recenser, conserver, évaluer et utiliser les ressources génétiques en tilapias et nous gardons bon espoir que ce programme recevra le soutien nécessaire.

Références bibliographiques

- Abella, T.A., M.A. Palada, R.B. Bolivar and L.J. Lester. 1986. Evaluation of the growth performance of *Oreochromis niloticus* progenies in freshwater ponds, p. 19-20. In Maclean, J.L., L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.) The First Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Basiao, Z.U. and N. Tamiguchi. 1984. An investigation of enzyme and other protein polymorphisms in Japanese stocks of the tilapia *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zillii*. *Aquaculture* 38: 335-345.
- Bondari, K., R.A. Dunham, R.O. Smitherman, J.A. Joyce and S. Castillo. 1983. Response to bidirectional selection for body weight in blue tilapia, p. 302-312. In L. Fishelson and Z. Yaron (compilers). Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 8-13 May 1983. Nazareth, Israel. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel.
- Chang, T.T. 1983. Genetic resources of rice. *Outlook Agric.* 12(2): 57-62.
- Chotiyamwong, A. 1971. Studies on *Tilapia nilotica* Linnaeus, *Tilapia mossambicus* Peters and their hybrids. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 75 p. M.Sc. thesis.
- Daget, J. and A. Itis. 1965. Genre *Tilapia*, p. 263-278. In Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). Mémoires de l'Institut français d'Afrique Noire (IFAN) No. 74. IFAN, Dakar, Sénégal.
- FAO/UNEP. 1981. Conservation of the genetic resources of fish: problems and recommendations. Report of the Expert Consultation on the Genetic Resources of Fish. Rome, 9-13 June 1980. FAO Fish. Tech. Pap. 217. 43 p.
- FAO/UNEP. 1984. Animal genetic resources: cryogenic storage of germplasm and molecular engineering. FAO Animal Production and Health Paper 44(2). 114 p. FAO, Rome.
- Gjedrem, T. 1985. Improvement of productivity through bleeding schemes. *GeoJournal* 10(3): 233-241.

- Guerrero, R.D. III. 1985. Tilapia farming in the Philippines: practices, problems and prospects, p. 3-13. In L.R. Smith, E.B. Torres and E.O. Tan (eds.) Philippine tilapia economics. ICLARM Conference Proceedings 12, 261 p. Philippine Council for Agriculture and Resources Research and Development, Los Baños, Laguna and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Harvey, B.J. 1987. Gamete banking and applied genetics in aquaculture, p. 257-264. In K. Tiews (ed.) Selection, hybridization, and genetic engineering in aquaculture: proceedings of a world symposium sponsored and supported by European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO (EIFAC) and Le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM), 27-30 June 1986, Bordeaux. Heenemann Verlagsgesellschaft mbH, Berlin.
- Hulata, G., G.W. Wohlfarth and A. Halevy. 1986. Mass selection for growth rate in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 57: 177-184.
- Jarimopas, P. 1986. Realized response of Thai red tilapia to weight-specific selection for growth, p. 109-111. In J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Lowe-McConnell, R.H. 1958. Observations on the biology of *Tilapia nilotica* Linné (Pisces: Cichlidae) in East African waters. *Revue Zool. Bot. Afr.* 55: 353-363.
- Lowe-McConnell, R.H. 1982. Tilapias in fish communities, p. 83-113. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, 432 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Macaranas, J.M., N. Taniguchi, M.-J.R. Pante, J.B. Capili and R.S.V. Pullin. 1986. Electrophoretic evidence for extensive hybrid gene introgression into commercial *Oreochromis niloticus* (L.) stocks in the Philippines. *Aqua. Fish. Manage.* 17: 249-258.
- Meffe, G.K. 1986. Conservation genetics and the management of endangered species. *Fisheries* 11(1): 14-23.
- Moreau, J., C. Bambino and D. Pauly. 1986. Indices of overall growth performance of 100 tilapia (Cichlidae) populations, p. 201-206. In J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds.) The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Pauly, D., J. Moreau and M. Prein. 1988. A comparison of overall growth performance of tilapia in open waters and aquaculture, p. 469-479. In R.S.V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.) 1988 The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Payne, A.I. and R.I. Collison. 1983. A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) with those *S. aureus* (Steindachner) and other tilapia of the delta and lower Nile. *Aquaculture* 30: 335-351.
- Philippart, J.C.L. and J.-Cl. Ruwet. 1982. Ecology and distribution of tilapias, p. 15-59. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, 432 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Pruginin, Y., S. Rothbard, G.W. Wohlfarth, A. Halevy, R. Moav and G. Hulata. 1975. All-male broods of *Tilapia nilotica* x *T. aurea* hybrids. *Aquaculture* 6: 11-21.
- Pullin, R.S.V. 1985. Tilapias: 'everyman's fish'. *Biologist* 32(2): 84-88.
- Ryman, N., editor. 1981. Fish gene pools. Recommendations. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 34: 107-108.
- Ssentongo, G.W. and M.J. Mann. 1971. On the fish species of Lake Baringo. *Rep. E. Afr. Freshwat. Fish Res. Org.* 1970: 20-27.
- Smith, C. 1984. Genetic aspects of conservation in farm livestock. *Livestock Production Science* 11: 37-48.
- Smith, I.R. and R.S.V. Pullin. 1984. Tilapia production booms in the Philippines. *ICLARM Newsletter* 7(1): 7-9.
- Tave, D. and R.O. Smitherman. 1980. Predicted response to selection for early growth in *Tilapia nilotica*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 109: 439-445.
- Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. *Brit. Mus. (Nat. Hist.) London.* 583 p.
- Welcomme, R.L. 1981. Register of international transfers of inland fish species. *FAO Fish. Tech. Pap.* 213. 120 p.
- Wohlfarth, G.W. and G. Hulata. 1983. Applied genetics of tilapias. Second revised edition. ICLARM Studies and Reviews 6, 26 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Worthington, E.B. and C.K. Ricardo. 1936. Scientific results of the Cambridge Expedition to the East African lakes, 1930-1. No. 15. The fish of the Lake Rudolf and Lake Baringo. *J. Linn. Soc. Lond. (Zool.)* 39: 353-389.
- Yashouv, A. and A. Halevy. 1972. Experimental studies of polyculture in 1971. *Bamidgeh* 24(2): 31-39.

Appendice II

Considérations génétiques sur l'acquisition et la conservation de populations de référence de tilapias*

Tiré de : *Aquabyte* 1(1):2, 1988.

R.O. SMITHERMAN
DOUGLAS TAVE

*Department of Fisheries and Allied Aquacultures
Alabama Agricultural Experiment Station
Auburn University, Alabama 36849, USA*

L'acquisition et la conservation de populations de référence de tilapias devraient constituer un développement important car les aquaculteurs pourraient disposer de géniteurs de bonne qualité. Un certain nombre de populations de référence devraient être créées puisqu'il existe plusieurs espèces importantes de tilapias et également des populations ou sous-espèces au sein de chaque espèce. Chaque population de référence devrait être gérée de sorte qu'elle ne soit pas contaminée par du matériel génétique provenant d'une autre population.

Le but génétique principal de l'acquisition et de la conservation d'une population de référence type est la conservation du pool de gènes pour empêcher la dérive génétique et éviter des niveaux préjudiciables de consanguinité, de sorte que les gènes et les fréquences génotypiques ne se modifient pas considérablement avec le temps. Ceci peut être réalisé en gérant le nombre approprié (N_e) de géniteurs de la population en fonction du nombre des mâles et des

femelles produisant une progéniture viable, de la proportion des sexes des poissons qui engendrent la progéniture, du système de croisement, et des variations dans la taille de la famille. La plupart des éleveurs de tilapias utilisent le croisement aléatoire et dans ce cas :

$$N_e = \frac{4 (\varphi) (\sigma)}{(\varphi) + (\sigma)}$$

φ et σ représentant le nombre de femelles et de mâles produisant une progéniture viable.

Connaître le nombre N_e d'une population est essentiel car il est inversement lié à la consanguinité et à la dérive génétique. Restreindre le nombre N_e peut irréversiblement porter atteinte au potentiel génétique et biologique d'une population.

La conservation du potentiel biologique d'un stock exige de gérer son nombre N_e de sorte que celui-ci ne descende pas au dessous d'un nombre prédéterminé. Le nombre N_e mi-

* Pour obtenir davantage d'information sur ce sujet, voir : Tave, D., 1986. Genetics for fish hatchery managers. AVI Publishing Co, Westport, Connecticut ; et Smitherman, R.O. et D. Tave, 1987. Maintenance of genetic quality in cultured tilapia. *Asian Fisheries Science* 1(1):75-82.

nimal souhaitable est déterminé par le niveau maximal tolérable de consanguinité, la fréquence des allèles les plus rares devant être sauvegarder, la probabilité souhaitable de les sauvegarder, ainsi que par le nombre de générations nécessaires (intervalle de remplacement des stocks). Si le nombre N_e descend au dessous du nombre minimal souhaitable, ne serait-ce que pour une seule génération, un goulet d'étranglement génétique peut se produire, ce qui peut détériorer à jamais la qualité génétique d'une population.

Pour gérer correctement un pool de gènes d'une population de référence type, les objectifs génétiques suivants devraient être considérés : la consanguinité ne devrait pas excéder 5% ; les allèles dont la fréquence = 0,01 devraient être sauvegardés et la probabilité de les sauvegarder devraient atteindre 99% ($P = 0,01$). Finalement, la planification à long terme doit être inscrite au programme de gestion, et 25 à 50 générations (en général 25 à 50 ans) constituent un nombre approprié. Pour atteindre ces objectifs, le nombre N_e devrait être de 390 à 500 par génération.

La base génétique des stocks parentaux sauvages devrait être ample et leur niveau de consanguinité, minimal. La plupart des stocks provenant d'écloseries présentent un certain niveau de consanguinité et leur hétérozigotie est réduite. Les populations sauvages devraient être étudiées avant d'en faire l'acquisition, ceci afin de déterminer les zones d'échantillonnage et de fournir des données de base sur les variances génétiques et sur la fréquence des gènes qui seront utilisées comme normes au moment de l'acquisition et de la gestion de la population. Selon les objectifs, la population de référence peut être créée à partir d'une seule population sauvage ou à partir de plusieurs.

On devrait s'attacher à ce que le pool de gènes soit correctement échantillonné. Le nombre N_e pour la génération initiale sera déterminé quand elle se reproduira, aussi la taille des échantillons devrait-elle être appropriée pour compenser la mortalité et les aléas de la ponte.

Pour gérer le nombre N_e d'une population de référence, la reproduction doit être scrupuleusement contrôlée. Traditionnellement, les tilapias frayent dans les étangs, les poissons s'appariant librement. Connaître et gérer le nombre N_e est chose impossible avec ce mode de reproduction.

Les poissons devraient être placés par cou-

ple dans des filets ou cages réservés à la fraie. La proportion des sexes 1:1 porte le nombre N_e au maximum chez les populations mises à part. Le choix des couples entre eux doit être aléatoire et la sélection, intentionnelle ou non, des géniteurs doit être empêchée. Cette formule d'appariement permettra le calcul du nombre N_e . Pour porter au maximum les variances génétiques, on ne devrait pas laisser un poisson frayer plus d'une fois, à moins que toute sa progéniture ne meure.

Chaque famille devrait être élevée dans un filet ou dans une cage séparée pour une période de 20 à 30 jours, après quoi les alevins peuvent être transférés dans des étangs ou dans des réservoirs. Avant la mise en charge, les tailles des familles devraient être égalisées car l'inégalité des tailles fait abaisser le nombre N_e .

Quand les poissons arrivent à maturité sexuelle, un échantillon sélectionné aléatoirement devrait venir remplacer la génération précédente. L'échantillon devrait être plus important que le nombre N_e souhaité, étant donné que certains poissons périront, que certains ne fraieront pas et que certains devront être tués aux fins d'analyses électrophorétiques qui détermineront les effets de la dérive génétique. Si cette analyse révèle des modifications considérables dans la fréquence des gènes et que davantage d'allèles que prévus ont été perdus (d'après le nombre N_e), les poissons devraient être éliminés et les parents devraient s'accoupler à nouveau.

Les demandes de duplication des populations de référence doivent être reçues suffisamment à l'avance afin de coordonner la production des nouvelles générations servant de populations de référence, et la production de poissons destinés à d'autres écloseries. Chaque demande sera honorée en faisant frayer 195 à 250 couples dans des filets ou des cages, ce qui représente un nombre N_e de 390 à 500. Le nombre total de demandes devra être connu avant la fraie afin de déterminer le nombre d'appariements nécessaires pour répondre à ces demandes. Chaque demande sera honorée en expédiant un nombre égal de poissons (4 au minimum) provenant de chaque frai. En expédiant au moins 4 poissons par frai, la taille des échantillons sera d'au moins 780 à 1000 poissons, ce qui devrait suffire à compenser la mortalité et les aléas de la fraie.

Appendice III

Identification des populations de tilapias utilisées en pisciculture* Introduction : considérations générales

Il existe trois grands groupes de tilapias :

- Les pondeurs sur substrat, gardiens, munis de quelques branchiospines (6-12) sur la partie inférieure du premier arc branchial, souvent macrophytophages ; des dents grossières garnissent la mâchoire et le pharyngien inférieur ; espèces du genre *Tilapia*.
- Les espèces biparentales, le mâle et la femelle pratiquant l'incubation buccale. Elles possèdent 12 à 27 branchiospines inférieures, la mâchoire et le pharyngien sont garnis de dents fines ; espèces du genre *Sarotherodon*.
- Les espèces à femelles pratiquant l'incubation buccale et frayant sur fonds sableux. Elles possèdent 15 à 27 branchiospines inférieures, et la mâchoire et le pharyngien sont garnis de dents grossières à fines ; espèces du genre *Oreochromis*.

Dans la clé ci-dessous, on notera que les caractéristiques du comportement et les teintes des poissons vivants, notamment des géniteurs mâles, sont des éléments importants à considérer lors de l'identification de certaines espèces. Les tilapias se ressemblent énormément du point de vue morphologique et bon nombre d'entre eux s'hybrident rapidement lorsqu'on les introduit dans de nouvelles zones, ce qui complique l'identification.

Ce guide est utile pour déterminer la position taxonomique des populations plutôt que des individus. Il est nécessaire d'observer les différences électrophorétiques et d'examiner les renseignements donnés par d'autres tests biochimiques pour caractériser certains poissons. Ces techniques seront abordées dans un manuel qui sera réalisé à l'ICLARM.

La distribution naturelle des tilapias d'élevage est résumée sur les figures 1 à 3. Cependant, les transferts de poissons pour l'élevage et le repeuplement ont largement modifié cette situation.

Ce qu'il faut observer et mesurer

La figure 4A indique les mesures caractéristiques les plus importantes. Toutes les mesures sont données en mm.

* Pour obtenir davantage d'information, consulter le guide réalisé par R.H. Lowe-McConnell à partir de la monographie de E. Trewavas (1983).

Longueur standard (LS) : longueur de la pointe du museau à l'extrémité du corps, c'est-à-dire, au point d'attache de la nageoire caudale (où les rayons des nageoires atteignent les hypuraux).

Longueur totale (LT) : utilisée en statistiques des pêches mais rarement en taxonomie : longueur de la pointe de la mâchoire inférieure à l'extrémité postérieure de la nageoire caudale.

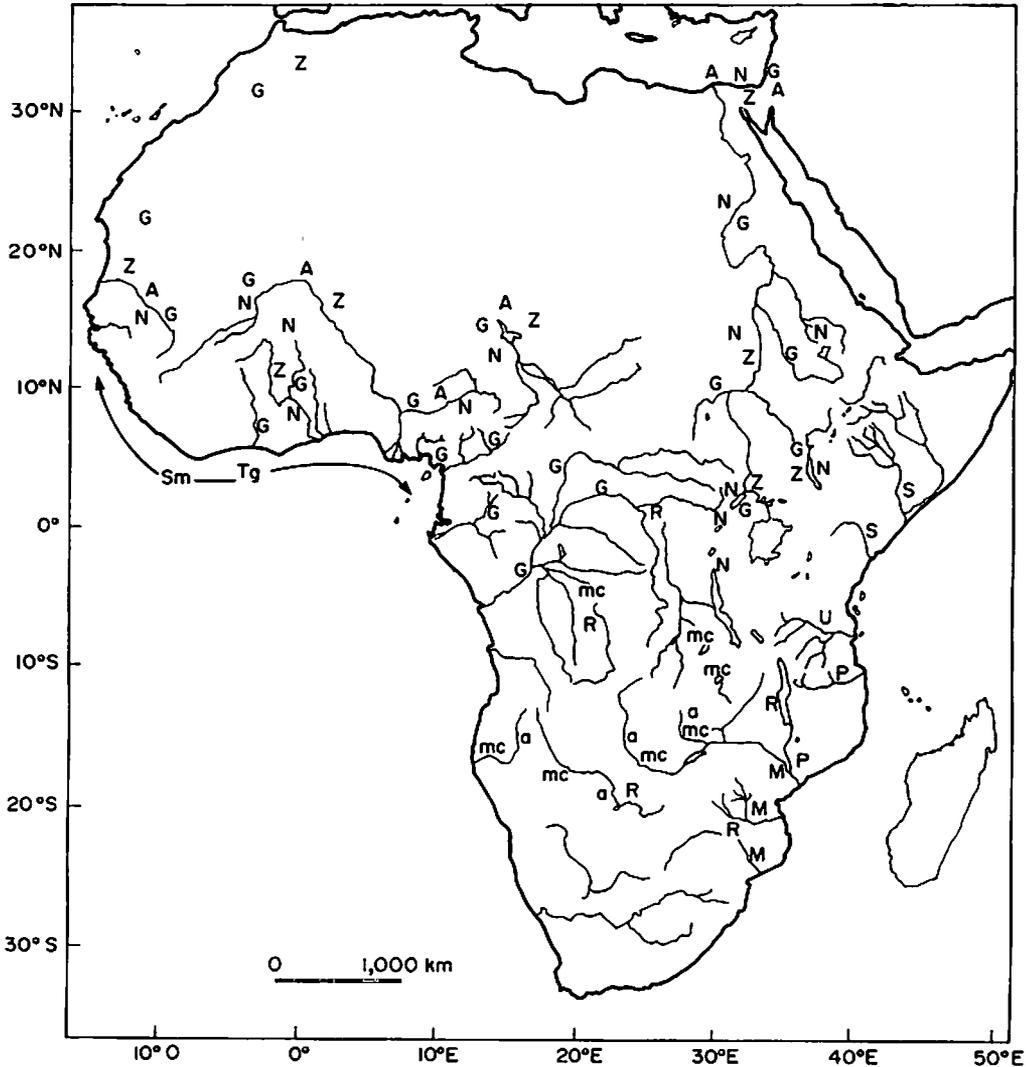


Fig. 1. Distribution naturelle des tilapias utilisés en aquaculture. Les espèces *Oreochromis niloticus* (N), *O. aureus* (A), *Sarotherodon galilaeus* (G) et *Tilapia zillii* (Z) ont toutes une distribution soudanienne de l'Afrique occidentale à la vallée du Nil. *O. aureus*, sympatrique avec *O. niloticus* dans le delta du Nil, s'étend jusque dans la vallée du Jourdain. *T. rendalli* (R) est une forme australe largement distribuée en Afrique centrale comme *O. macrochir* (mc) et *O. andersonii* (a). *S. melanotheron* (Sm) et *T. guineensis* (Tg) peuplent les lagunes côtières d'Afrique occidentale. La distribution des espèces des cours d'eau coulant vers l'est (y compris *O. spilurus* (S), *O. urolepis* (U) et *O. mossambicus* (M)) est indiquée sur la figure 3. D'après Trewavas (1983).

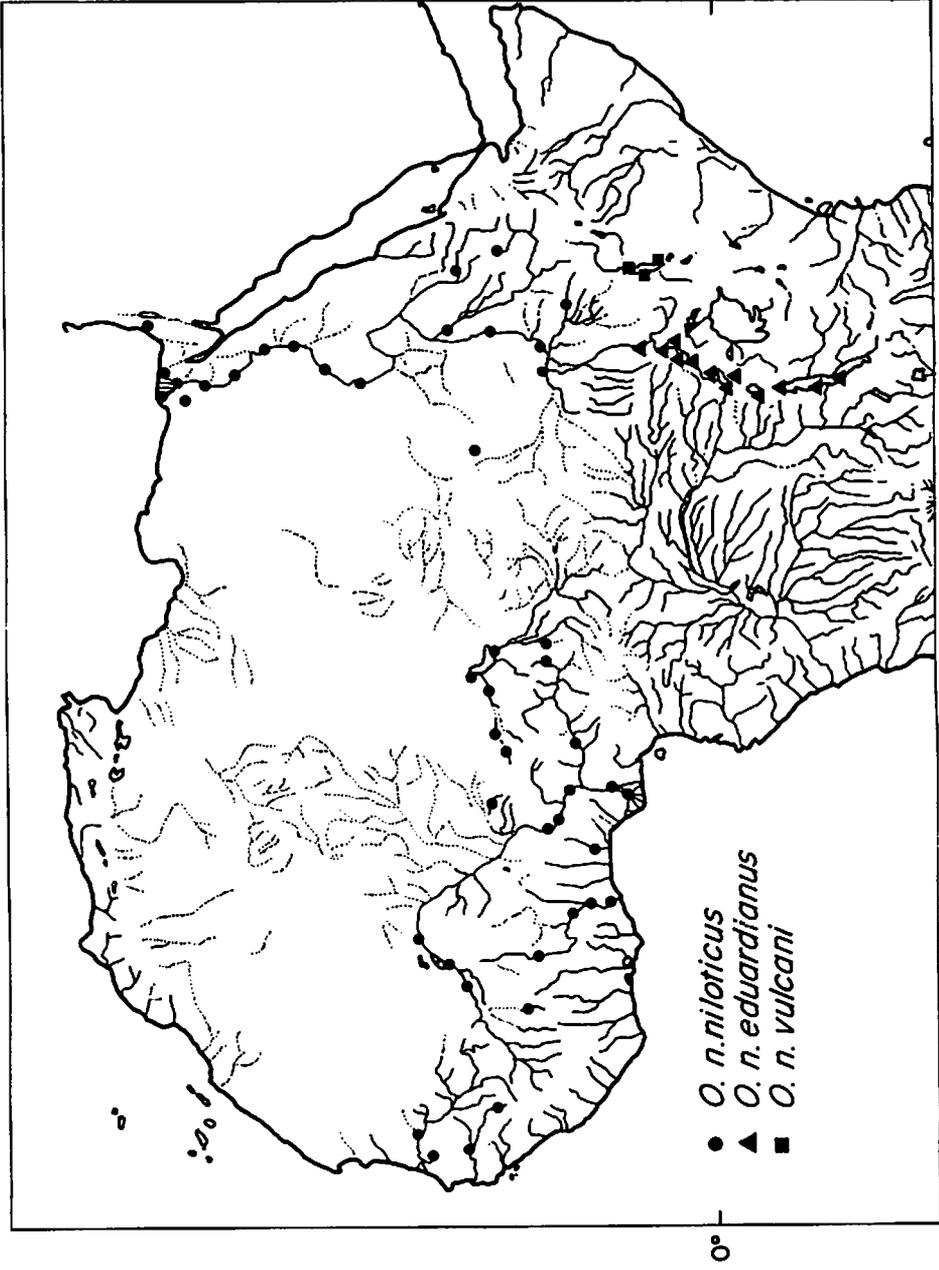


Fig. 2. Distribution naturelle des sous-espèces *Oreochromis niloticus* utilisées en aquaculture. D'après Trewavas (1983) qui apporte des détails sur la distribution d'autres sous-espèces.

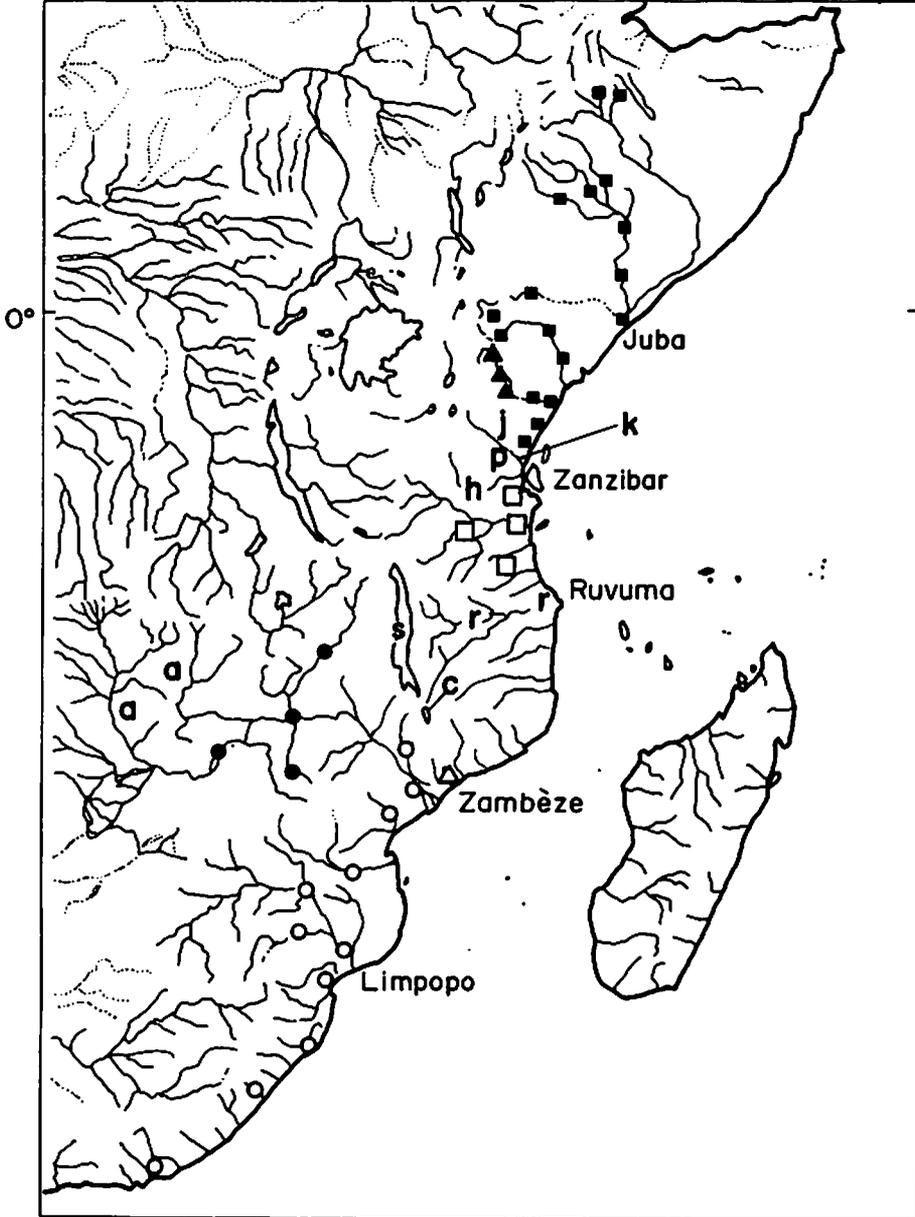


Fig. 3. Distribution naturelle de *Oreochromis* dans les réseaux fluviaux d'Afrique orientale. La plupart des espèces des cours inférieurs vivent en eau douce mais peuvent tolérer l'eau saumâtre ou l'eau de mer.

Somalie et Kenya : *O. spilurus* (■) (*O.s. niger* dans le cours supérieur de l'Athi) ; Tanzanie : cours inférieur du Pangani *O. korogwe* (k) avec *O. pangani* (p) en amont et *O. jipe* (j) dans le lac Jipe ; *O. urolepis* (□), (*O.u. hornorum* (h) dans le Wami et le Zanzibar) ; *O. placidus ruvumae* (r) dans le Rovuma ; système du Zambeze : cours inférieur du Zambeze, *O. placidus* (△) *O. mossambicus* (o) (que l'on trouve également dans les cours d'eau côtiers d'Afrique australe), remplacé par *O. mortimeri* (●) dans le cours moyen du Zambeze ; *O. andersonii* (a) dans le cours supérieur du Zambeze et dans la Kafue ; *O.s. chilwae* (c) dans le lac Chilwa ; *O. shiranus* dans le lac Malawi (s). D'après Trewavas (1983).

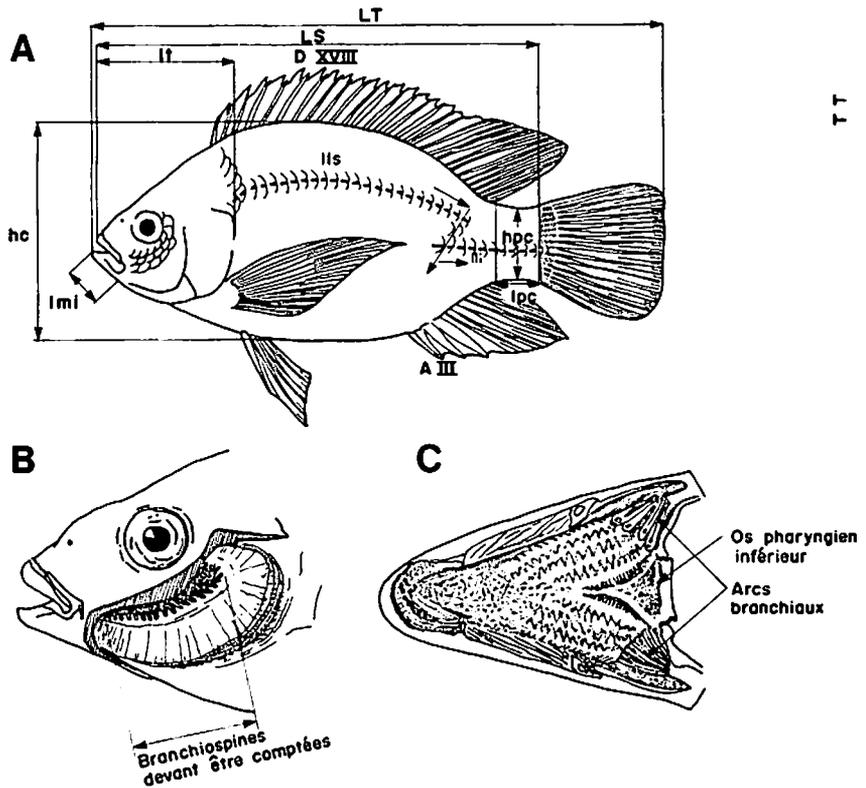


Fig. 4. A. Mesures utilisées pour l'identification des espèces de tilapias. A = épines anales (ici au nombre de III) ; hc = hauteur du corps ; lpc = longueur du pédoncule caudal ; D = épines dorsales (ici au nombre de XVIII) ; lli = longueur de la tête ; lmi = longueur de la mâchoire inférieure ; lli = ligne latérale inférieure ; lls = ligne latérale supérieure. B. Tête de *Oreochromis*, dont l'opercule a été retiré, montrant les branchiospines sur l'arc branchial antérieur (18 en haut, 4 en bas). C. Tête de *Tilapia* sectionnée au niveau de la bouche et du pharynx pour montrer la mâchoire inférieure, la position des arcs branchiaux et l'os pharyngien inférieur.

Hauteur du corps (HC) : hauteur maximale, non compris les nageoires ; cela varie considérablement selon les eaux dans lesquelles vivent les poissons.

Longueur de la tête (lt) : longueur maximale comprise entre le bord antérieur de la lèvre supérieure et l'extrémité postérieure de l'os operculaire (mesurée au pied à coulisse aux deux endroits).

Mâchoire inférieure (mi) : longueur de l'extrémité de la symphyse mandibulaire au bord postérieur de la mâchoire inférieure (utiliser l'ongle du pouce pour trouver le bout de la mâchoire inférieure qui est dissimulé dans la chair).

Longueur du pédoncule caudal (lpc) : longueur horizontale, de l'extrémité de la base de la nageoire dorsale à la base de la caudale.

Hauteur du pédoncule caudal (hpc) : hauteur minimale du pédoncule caudal.

Nombre de branchiospines : nombre de branchiospines sur le premier arc (Fig. 4B) ; à moins qu'il ne soit indiqué autrement, ce chiffre représente le nombre de branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial (branchiospines inférieures), plus facile à compter que le nombre de celles de la partie supérieure. Toutefois, le point où il faut s'arrêter de compter, c'est-à-dire, la branchiospine située juste à l'angle, est difficile à déterminer chez les tilapias, comme chez certains autres poissons ; il peut occasionnellement exister deux ou

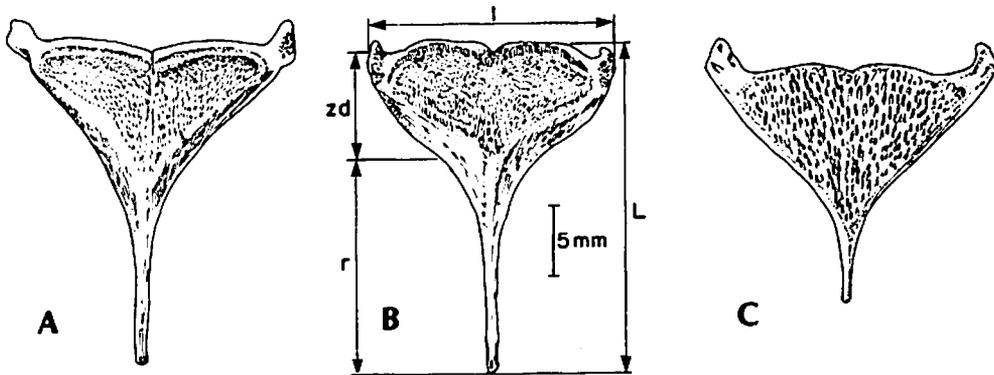


Fig. 5. Os pharyngiens inférieurs de A. *Oreochromis niloticus* ; B. *Sarotherodon galilaeus* ; et C. *Tilapia rendalli* : zd, zone dentifère ; r, rostre ; L, longueur ; l, largeur.

aucune branchiospine, au lieu d'une, au niveau de l'attache. On peut observer la position des arcs branchiaux sur la figure 4C.

Écailles de la ligne latérale : chez les tilapias, comme chez les autres Cichlidés, la ligne latérale est divisée en deux parties ; les écailles de la ligne latérale sont comptées tout d'abord le long de la ligne latérale supérieure (Ils), puis le long de la ligne latérale inférieure (Ili) en commençant par l'écaille se trouvant juste derrière le rang oblique s'étendant vers le bas et en avant de la dernière écaille de la ligne latérale supérieure (voir Fig. 4A). Ne pas compter les écailles se trouvant sur la partie chevauchante.

Comptage des rayons des nageoires : le nombre des rayons des nageoires dorsale (D) et anale (A) est un caractère d'identification utile (les épines sont généralement indiquées en chiffres romains, et les rayons mous, en chiffres arabes). Le dernier rayon dorsal ou anal est compté s'il est distinct de la base et si la taille de l'avant-dernier est comparable à celle du rayon qui le précède (il ne possède habituellement aucun support endosquelettique).

Pharyngien inférieur : la largeur (l) est la largeur maximale de droite à gauche (Fig. 5B) ; la longueur de l'os (L) et celle de la zone dentifère (zd) sont mesurées sur la ligne sagittale médiane. La position de cet os sur le plancher du pharynx est indiquée sur la figure 4C. Le meilleur moyen d'extraire cet os sans détruire le spécimen est de soulever l'opercule et les branchies et de couper vers l'avant, à l'aide d'une paire de ciseaux, entre le quatrième arc branchial et le rostre. Couper ensuite la membrane le long du bord de l'os et les muscles rattachant son angle postérieur à la ceinture scapulaire. Procéder de la même manière pour l'autre côté en prenant soin de ne pas couper la pointe antérieure ; séparer l'os de l'œsophage et des tissus situés en dessous ; enlever l'os, le débarrasser des tissus mous et le laisser sécher. Après avoir été examiné, l'os devra être remis en place si le spécimen est à conserver.

Nid : le trou creusé pour l'accouplement, et gardé par le mâle, possède souvent une forme caractéristique chez les tilapias dont les femelles pratiquent l'incubation buccale.

Autres caractères importants

La plupart des espèces de tilapias destinées à l'élevage sont celles dont les femelles pratiquent l'incubation buccale : le groupe *Oreochromis* (Günther) qui comprend cinq sous-genres. La plupart des espèces utilisées en aquaculture appartiennent au sous-genre *O. (Oreochromis)* chez lequel il manque une floche au mâle arrivé à maturité. Les caractères

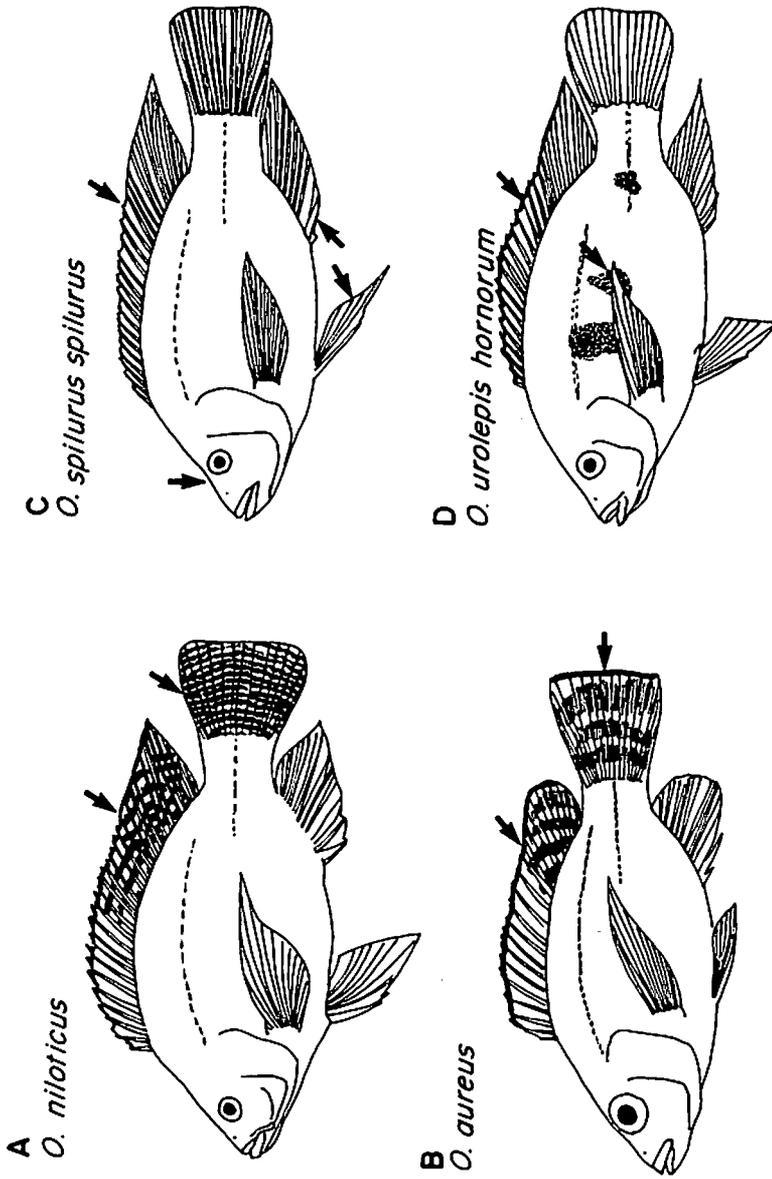


Fig. 6. Espèces *Oreochromis*. Les flèches indiquent les caractères principaux d'identification. A. *O. niloticus*-la caudale présente des bandes verticales régulières et le liséré de la dorsale est gris ou noir (croquis d'après Boulenger, 1915, fig. 163). B. *O. aureus*-la dorsale et la caudale du mâle ont un liséré rouge (croquis d'après Trewavas, 1983, fig. 66). C. *O. s. spilurus*-la dorsale a des membranes orange ; les nageoires inférieures sont bleues ; les mâles en activité reproductrice sont souvent bleus avec des nageoires noires et leur mâchoire est élargie (croquis d'après Trewavas, 1983, fig. 79). D. *O. urolepis hornorum*-2 à 4 taches au milieu du flanc ; la dorsale des mâles matures a un liséré rouge étroit et leur corps est noir (esquisse d'après Trewavas, 1983, fig. 95).

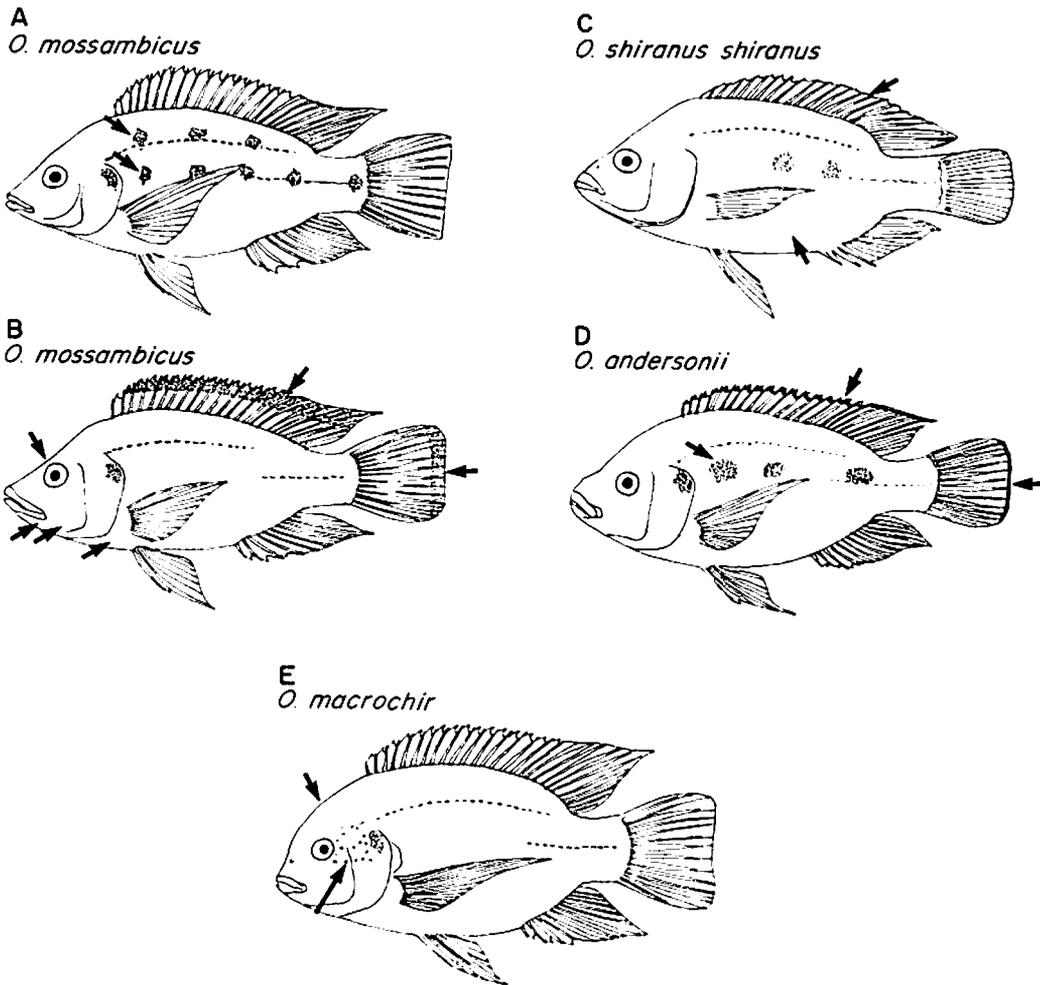


Fig. 7. Espèces *Oreochromis*. Les flèches indiquent les caractères principaux d'identification. A. La femelle *O. mossambicus* présente des taches latérales. B. Le corps du mâle *O. mossambicus* est de teinte noire ; les parties inférieures de la tête sont blanches et la caudale et la dorsale ont un liséré rouge ; noter également le profil supérieur concave et la mâchoire élargie chez les mâles matures (croquis A et B d'après Boulenger, 1915, figs. 103, 101). C. *O. shiranus shiranus*-profil supérieur de la tête concave, corps de teinte typique vert-olive, ventre jaunâtre ; membranes orange à la dorsale (croquis d'après Trewavas, 1983, fig. 113). D. *O. andersonii*-2 à 4 taches au milieu du flanc ; liséré rouge à la dorsale et à la caudale (croquis d'après Boulenger, 1915, fig. 130). E. *O. macrochir*-papille génitale se développant chez les mâles matures (groupe *Nyasalapia*) ; profil dorsal de la tête très convexe ; petites rouges à la tête ; chez les mâles, la tête devient vert foncé et irisée (croquis d'après Boulenger, 1915, fig. 105).

généraux des espèces les plus utiles en aquaculture sont indiquées sur les figures 6 à 8, et leurs caractères méristiques sont résumés ci-dessous.

Le groupe *OREOCHROMIS*

Parmi les caractères de *O. Oreochromis*, on observe :

- 13 à 27 branchiospines (sur la partie inférieure du premier arc).

- Epines à l'anale : III à VI.
- Différences de teintes marquées entre les sexes quand ils sont arrivés à maturité (dichromatisme sexuel).
- Différences de formes marquées entre les sexes chez la plupart des espèces (dimorphisme sexuel), exprimées chez les mâles arrivés à maturité par des rayons de nageoires dorsale, anale et pelvienne plus longs et par une mâchoire plus large dans laquelle les dents crénelées sont remplacées par des unicuspidés.
- Il manque aux mâles une floche ; la papille génitale du mâle ne présente ni tubercule ni filament.
- Le nid ne comprend pas de plateforme centrale.
- Très répandus en Afrique et au Moyen-Orient mais inexistant dans les cours d'eau de l'Afrique occidentale, du Corubal en Guinée Bissau en passant par la Sierra Leone et le Liberia, jusqu'aux cours d'eau de Côte d'Ivoire et du Ghana (à l'ouest de la Volta) se jetant dans le Golfe de Guinée. Fréquents dans le cours supérieur de la Volta et du Niger, ils pénètrent aussi leur cours inférieur. Inexistants dans le bassin central du Zaïre et dans les cours d'eau à l'ouest du Cameroun. Toutefois, les transferts internationaux en vue de l'aquaculture modifient constamment ces schémas de distribution naturelle.

Neuf espèces de ce sous-genre sont fréquemment utilisées en aquaculture, certaines comprenant des sous-espèces :

- *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) ; trois sous-espèces ont été élevées :
 - O.n. niloticus* (Linnaeus)
 - O.n. eduardianus* (Boulenger)
 - O.n. vulcani* (Trewavas)
- *Oreochromis aureus* (Steinachner)
- *Oreochromis spilurus* ; deux des cinq sous-espèces ont été élevées :
 - O.s. spilurus* (Günther)
 - O.s. niger* (Günther)
- *Oreochromis urolepis* (Norman) ; on doute que *O.u. hornorum* (Trewavas) soit une sous-espèce.
- *Oreochromis mossambicus* (Peter)
- *Oreochromis mortimeri* (Trewavas), distinct de *O. mossambicus* peut-être uniquement au niveau des sous-espèces.
- *Oreochromis shiranus shiranus* (Boulenger)
- *Oreochromis shiranus chilwae* (Trewavas)
- *Oreochromis andersonii* (Castelnau)
- *Oreochromis jipe* (Lowe-McConnell)

Le sous-genre *Nyasalapia*, également utilisé en aquaculture, se caractérise par :

- Présence d'une floche chez les mâles arrivés à maturité.
- Les mâchoires ne sont pas considérablement élargies chez les poissons arrivés à maturité.
- Epines à l'anale : III.
- 17 à 26 branchiospines inférieures.
- Dimorphisme sexuel non marqué chez les espèces lacustres.
- Dichromatisme sexuel marqué et même comportement reproducteur que *O. (Oreochromis)* mais le nid possède une plateforme centrale surélevée.
- Des quinze espèces provenant d'Afrique centrale et des cours d'eau occidentaux, du Cunéné au Bas-Zaïre (de nombreuses espèces sont endémiques dans les lacs, par exemple, les espèces du lac Malawi), une seule espèce, *O. macrochir* (Boulenger), a été largement utilisée en pisciculture, essentiellement en Afrique centrale.

**Clé des tilapias les plus fréquemment
utilisés en pisciculture dont
les femelles pratiquent
l'incubation buccale (*Oreochromis*)**

Lorsque figurent plus d'un nombre à la suite des caractères méristiques, les nombres entre parenthèses se rencontrent plus rarement.

- 1a. La papille génitale du géniteur mâle ne comprend pas de floche (sous-genre *OREO-CHROMIS*)...2.
- 1b. La papille génitale du mâle arrivé à maturité présente des tubercules et des filaments prolongés (sous-genre *NYASALAPIA*) ...5.
- 2a. Les mâchoires du mâle arrivé à maturité ne sont pas considérablement élargies (longueur de la mâchoire inférieure : 29 à 37% de la longueur de la tête)...3.
- 2b. Les mâchoires du mâle arrivé à maturité sont considérablement élargies (la mâchoire inférieure représente 38 à 50% de la longueur de la tête)...4.
- 3a. *O. niloticus* (Fig.6A). La nageoire caudale est marquée de bandes verticales noires régulières sur toute sa hauteur. Le bord de la nageoire dorsale est gris ou noir. Poisson d'eau douce (exception faite pour le delta du Nil) ; sa distribution naturelle est étendue ; trois sous-espèces sont utilisées en pisciculture (Fig. 2) :
 - (i) *O.n. niloticus*, largement répandu de l'Afrique occidentale jusqu'au Nil et au Yarkon ; dans le bassin du lac Tchad et dans le Niger, la Bénoué, la Volta, la Gambie et le Sénégal. Serait autochtone dans la vallée du Jourdain mais y est actuellement présent de manière artificielle.
 - (ii) *O.n. eduardianus*, bassins des lacs Edouard et George ; lac Albert, lac Kivu, Ruzizi et lac Tanganyka. Introduit dans les lacs Victoria et Kioga.
 - (iii) *O.n. vulcani*, lac Turkana (Rodolphe) et lacs-cratère sur l'île centrale ; cours d'eau se jetant dans le lac Turkana ; (introduit dans le lac Victoria).
- 3b. *O. aureus*. Se distingue de *O. niloticus* principalement par sa coloration à l'état vivant ; caudale avec de marques moins régulières ; nageoires dorsale et caudale avec bords rouges chez les mâles. Poisson d'eau douce (exception faite pour le delta du Nil) ; il se rencontre dans la vallée du Jourdain, dans le delta du Nil ; le Tchad, le Niger, le Sénégal ; (voir Fig. 6B).
- 4a. *O. spilurus*. La mâchoire inférieure des mâles arrivés à maturité est considérablement élargie. Teinte du corps jaune clair, membrane de la nageoire dorsale orange et nageoires inférieures bleues ; le géniteur mâle est souvent bleu avec des nageoires noires. Il se rencontre naturellement dans les eaux douces et salées, dans les cours d'eau côtiers du Kenya et de Somalie ; épines à l'anale : III - (IV) ; (voir Fig. 6C).
Il existe deux sous-espèces d'élevage : (*O.s. spilurus* et *O.s. niger*) ; *O. spilurus niger* a la même teinte de corps que *O.s. spilurus* mais ses nombres méristiques sont plus élevés et il se distingue par ses épines à l'anale au nombre de IV à VI ; trouvé initialement dans le cours supérieur de l'Ati au Kenya, il est à présent probablement croisé avec *O.s. spilurus*, mais peut-être pas dans le Tsavo.
- 4b. *O. urolepis hornorum* (le "tilapia Zanzibar" utilisé dans les premières expériences d'hybridation). La teinte des femelles et des mâles immatures est argentée ou d'un gris métallisé avec 2 à 4 taches sur la ligne latérale ; les géniteurs mâles sont noirs avec bord étroit rouge à la dorsale ; partie supérieure de la caudale marquée de bandes verticales irrégulières ou présentant un aspect réticulé. Se rencontre dans les eaux douces et saumâtres, dans le réseau fluvial de Wami

(Tanzanie) et de Zanzibar (introduit probablement en 1918). Il se distingue à peine de *O.u. urolepis* que l'on trouve dans d'autres réseaux fluviaux tanzaniens (y compris le Rufigi et le Grand-Ruaha mais pas dans le delta) les écailles de la nageoire caudale étant peu nombreuses, et la pigmentation du géniteur mâle peut être différente. La mâchoire inférieure élargie du mâle permet de le distinguer de *niloticus* ; (voir Fig. 6D).

- 4c. *O. mossambicus*. Le géniteur mâle est noir, la partie inférieure de la tête est blanche et les bords de la dorsale et de la caudale sont rouges. C'est un poisson d'eau douce et d'eau de mer. On le trouve dans le cours inférieur du Zambèze, dans le Limpopo et dans les cours d'eau orientaux coulant au Sud. La mâchoire inférieure (32 à 45,5% de la longueur de la tête) s'élargit considérablement chez les mâles arrivés à maturité (voir Fig. 7A et B).
- Note : *O. mortimeri* (Trewavas) se rencontre en amont du cours moyen du Zambèze et dans ses affluents, y compris le Luangwa, le Hunyani et le lac Kariba ; il se distingue de *O. mossambicus* peut-être uniquement par un pédoncule caudal relativement "plus court" (8,8 à 12,4 contre 10 à 13,7 chez *mossambicus*) et par la teinte des mâles arrivés à maturité (teinte bleu-vert iridescent à bronze prédominante avec des taches irisées sur les nageoires dorsale et caudale, contrastant avec le noir intense du corps et le blanc de la gorge du *mossambicus* mâle ; chez les deux espèces, les bords des nageoires dorsale et caudale sont rouges)
- 4d. *O. shiranus shiranus*. Teinte vert-olive, ventre jaune ; les mâles sont plus foncés, allant jusqu'au noir avec la membrane de la nageoire dorsale orange. C'est un poisson d'eau douce que l'on trouve dans le lac Malawi et dans le cours supérieur du Chire. Epines à l'anale au nombre de (III) IV (V) ; voir Fig. 7C.
O. shiranus chilwae est une sous-espèce distincte. Teinte du corps argentée, plus sombre à la partie supérieure ; les mâles sont plus foncés, presque noirs avec la membrane de la nageoire dorsale rouge. On le trouve dans des eaux alcalines, dans le lac Chilwa uniquement mais il est répandu pour l'aquaculture. Epines à l'anale : (III) - IV.
- 4e. *O. andersonii*. Poisson n'incubant pas ; femelle avec 2 à 4 taches sombres sur la ligne latérale ; dorsale et caudale à bords rouges ou caudale et anale à bords plus larges de teinte rouge ; géniteur mâle généralement de couleur foncée, avec les bords des nageoires plus larges et d'un rouge plus vif ; tête, dos et flancs marron-pourpre iridescent masquant les taches latérales ; pas de bande sur la nageoire caudale. Le nid est une simple dépression circulaire. Espèce pouvant atteindre de grandes tailles ; élargissement des mâchoires chez les mâles de grande taille seulement. C'est un poisson d'eau douce que l'on trouve dans le cours supérieur du Zambèze, dans la Kafue, l'Okavango, le Cunéné. Voir Fig. 7D.
- 4f. *O. jipe*. Écailles dont le centre est foncé et les bords jaune d'or ; bandes verticales sombres sur la nageoire caudale. Écailles de la ligne latérale en nombre élevé : 33 à 36. Epines à l'anale : III ou IV (V). Espèce endémique dans le lac Jipe et le réseau de la rivière Pangani en Tanzanie. Pas d'illustration.
5. *O. macrochir*. Mâle arrivé à maturité avec papille génitale blanche. Tête verte marquée de petites taches rouges. Profil dorsal de la tête très convexe. Géniteurs mâles de teinte verte très foncée, iridescente ; dorsale et caudale à bord rouge vif. Mâchoire inférieure représentant 27 à 36% de la longueur de la tête ; mâchoire des mâles non élargie. Espèce largement utilisée pour empoissonner les barrages et étangs d'Afrique centrale. Voir Fig. 7E..

On reconnaît deux sous-espèces

- (i) *O.m. macrochir* (Boulenger). On le trouve dans le cours supérieur du Zambèze, l'Okavango, dans la région de Ngami, le Bassin du Cunéné, la Kafue, le Cham-

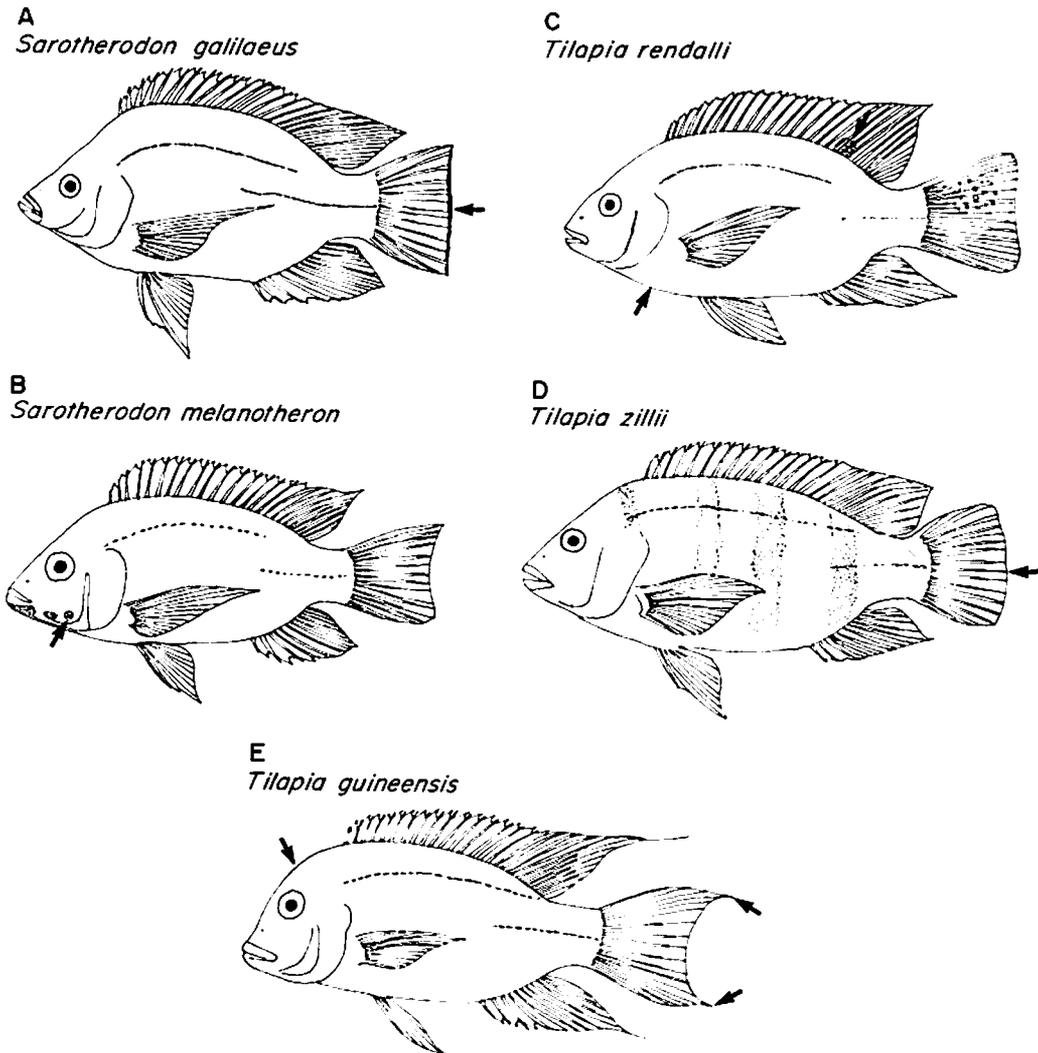


Fig. 8. Espèces *Sarotherodon* et *Tilapia*. Les flèches indiquent les caractères principaux d'identification. A. *Sarotherodon galilaeus*-liseré rose à la caudale ; corps argenté à jaune doré ; 19-24 branchiospines (croquis d'après Boulenger, 1915, fig. 109). B. *Sarotherodon melanotheron*-corps presque jaune à bleuâtre en général avec plaques noires caractéristiques sur le menton et la mâchoire inférieure ; 12-19 branchiospines (croquis d'après Boulenger, 1915, fig. 113). C. *Tilapia rendalli*-caudale d'apparence tronquée ; partie supérieure tachetée/partie inférieure rouge (ou jaune) ; la tache caractéristique du tilapia sur les rayons mous de la dorsale subsiste souvent ; partie ventrale antérieure du corps de teinte rouge ; 8-10 branchiospines (croquis d'après Jubb, 1967, pl. 38). D. *Tilapia zillii*-rayures verticales sur le corps ; caudale arrondie-subtronquée ; 8-11 branchiospines (croquis d'après Boulenger, 1915, fig. 126). E. *Tilapia guineensis*-tête au profil élevé ; couleurs éclatantes très changeantes ; prolongation des rayons extérieurs de la caudale ; 9-10 branchiospines (croquis d'après Boulenger, 1915, fig. 128).

bézi et dans la région du lac Bangweulu ; cette sous-espèce se distingue par son pharyngien inférieur à la surface dentée et aux lobes largement arrondis ; le territoire est pourvu d'un monticule central en forme de volcan au sommet plan ou légèrement concave.

- (ii) *O.m. mweruensis* (Trewavas). On le trouve dans le lac Moëro, dans le cours inférieur du Luapula et dans la Lufira. Pharyngien inférieur à la surface dentée et aux lobes plus pointus. Le territoire est un nid en forme d'étoile avec un monticule pourvu de 6 à 12 sillons et de crêtes irradiant à partir de la petite surface concave centrale.

Le groupe *SAROTHERODON*

Parmi les caractères de *Sarotherodon* (Rüppel), on observe :

- 12 à 27 branchiospines (partie inférieure du premier arc).
- Epines à l'anale : III.
- Petite bouche ; mâchoire inférieure des géniteurs mâles non élargie.
- Pharyngien inférieur à pointe allongée chez les adultes, dents fines.
- Légère ou aucune différence de teinte entre les sexes ; pas de zones roses sur la poitrine et le ventre ; "marque du tilapia" (tache sombre visible sur la dorsale) présente chez les jeunes poissons seulement.
- Papille génitale petite et simple chez les mâles.
- Les oeufs et larves sont incubés dans la bouche par l'un des parents ou par les deux ; ils vivent en couple, du moins chez certaines espèces ; comportement territorial peu net.
- Genre absent dans les cours d'eau se jetant dans l'océan Indien, dans le cours supérieur du Zambèze et dans l'Okavango, dans les cours d'eau du sud du Zaïre coulant vers l'ouest.

Les espèces du genre *Sarotherodon* les plus fréquemment élevées sont : *S. galilaeus* (Linnaeus) (Fig. 8A) et *S. melanotheron* (Rüppel) (Fig. 8B). On les trouve dans des régions très différentes. Ces deux espèces se distinguent par 12 à 19 branchiospines inférieures sur le premier arc chez *S. melanotheron*, 19 à 27 chez *S. galilaeus* ; la couleur du corps chez *S. galilaeus* va de l'argenté au jaune d'or avec des rayures verticales irrégulières, présentes ou non selon "l'humeur" ; *S. melanotheron* est de teinte jaunâtre proche de la couleur de la perle, à bleuâtre avec des taches noires sur le menton, la mâchoire inférieure et l'épaule, et une pigmentation noire marque les nageoires ou le corps chez certaines populations.

Les oeufs sont verts chez *S. galilaeus*, espèce chez laquelle les deux sexes incubent, et sont de teinte crème à jaune chez *S. melanotheron*, espèce chez laquelle le mâle incubent habituellement.

On rencontre *S. melanotheron* du Sénégal au Bas-Zaïre dans les eaux saumâtres des lagunes et des estuaires, rarement dans les eaux douces avoisinantes ou dans les eaux salées. Des cinq sous-espèces identifiées, *S.m. heudelotii* (Dumeril) que l'on trouve en Guinée ; *S.m. melanotheron* (Rüppel) que l'on trouve de Côte d'Ivoire au Cameroun, et *S.m. nigripinnis*, du Rio Muni jusqu'au Zaïre, sont les sous-espèces les plus importantes.

S. galilaeus, espèce commerciale importante que l'on trouve dans de nombreux lacs (y compris les lacs Kinneret, Turkana, Albert et Tchad), est une espèce de grande hauteur (en général 43-56% de la LS), de teinte pâle en général avec des nageoires de couleur uniforme ou très légèrement marquées, exception faite du bord rose de la caudale ; certaines populations ont les flancs marqués de mélanine. La bouche est petite et la mâchoire inférieure, ne représentant pas plus de 28% de la longueur de la tête, est garnie de très petites dents. Le pharyngien est fort et garni de nombreuses dents unicuspidées fines et serrées les unes contre les autres ainsi que d'un long rostre. La papille génitale des mâles est simple et petite.

Des cinq sous-espèces identifiées, *S.g. galilaeus* est la plus largement répandue, de l'Afrique occidentale (y compris du Sénégal jusqu'à la Guinée, les bassins de la Volta et du Niger) au Nil et à la vallée du Jourdain. Dans les cours d'eau du sud de la Côte d'Ivoire et dans le lac Bosumtwi au Ghana, on trouve la sous-espèce *S.g. multifasciatus* (Günther), et dans le Bas-Zaïre, la sous-espèce *S.g. boulengeri* (Pellegrin).

Le groupe *TILAPIA*

Le genre *Tilapia* (A. Smith) se caractérise par :

- Plus petit nombre de branchiospines : 6-12 sur la partie inférieure du premier arc branchial.
- Pharyngien au rostre court et garni de dents grossières.
- Couleurs vives, très variables et changeantes ; la "marque du tilapia" subsiste souvent chez les adultes.
- Les oeufs sont déposés sur un substrat auquel ceux-ci et les jeunes larves adhèrent, et sont gardés par les deux parents qui continuent de surveiller les alevins nageant librement. Très répandu en Afrique mais non autochtone dans le lac Victoria et dans les cours d'eau à l'est du Kenya et de la Tanzanie.

Des deux espèces de *Tilapia* élevées dans les eaux douces, *T. rendalli* (Boulenger) semble être supérieur à *T. zillii* (Gervais) comme poisson de consommation. *T. guineensis* (Bleeker) vit dans les eaux saumâtres. *T. rendalli* et *T. zillii* se répartissent de façon complémentaire.

T. rendalli (Fig. 8C) est un poisson de grande hauteur et les surfaces dorsale et ventrale sont convexes (hauteur typiquement supérieure à celle de *T. zillii* -Fig. 8D). La caudale présente une troncature nette (le bout semble avoir été coupé). Les oeufs sont jaunes.

Le corps des adultes est de teinte vert-olive foncé, plus sombre sur le dos ; la poitrine et le ventre sont d'un blanc terne marqué de taches noires mélangées à du rouge-cerise s'étendant jusqu'aux joues et à la partie inférieure des flancs ; la partie inférieure de la caudale est de teinte rouge (jaune), la partie supérieure est entièrement verdâtre ou marquée ; des barres verticales sombres peuvent apparaître sur les flancs. Chez les jeunes (environ 5 cm), les nageoires pelviennes sont orange chez *T. rendalli* et incolores chez *T. zillii*.

T. rendalli (dont une forme appartenait initialement à "*T. melanopleura*", nom qui n'est plus utilisé) est largement distribué dans le réseau fluvial du Zambèze (y compris l'Okavango, le Zambèze dans son cours supérieur, la Kafue, le Chire dans son cours inférieur et le lac Malawi), dans le Cunéné en Angola, les affluents supérieurs du Kasaï, le Lualaba, le Luapula, le lac Moëro, la région du Bangweulu et le lac Tanganyka. Il a été introduit dans plusieurs cours d'eau et barrages de Tanzanie ainsi qu'à Madagascar.

T. zillii est habituellement marqué de deux bandes horizontales sombres, l'une, sur la ligne latérale, l'autre, près du dos ; elles sont croisées par des barres verticales et des taches apparaissent aux intersections ; la nageoire caudale est recouverte d'un réseau de teinte grise dont les interstices sont de teinte pâle ; caudale arrondie subtronquée ; les oeufs sont verts.

T. zillii est une forme soudanaïenne s'étendant de l'Afrique occidentale jusqu'au Nil en passant par le bassin du Tchad, les lacs Albert et Turkana jusque dans la vallée du Jourdain.

T. guineensis (Bleeker) (Fig. 8E). En général, le profil de la tête accuse une forte pente ; le profil dorsal est convexe et le profil ventral est presque horizontal. De couleurs très vives et bien visibles avec juxtaposition de bleu-vert foncé, de vert cuivré, de noir intense et de zones rouge-cerise vif sur les parties inférieures de la tête et du corps ; les couleurs changent considérablement selon l'état physiologique et la maturité sexuelle. Distribution : Afrique occidentale où on le trouve avec *S. melanotheron* dans les eaux saumâtres des lagunes côtières, du golfe de Guinée au Zaïre dans son cours inférieur.

Références Bibliographiques

- Boulenger, G.A., 1915. Catalogue of the freshwater fishes of Africa in the British Museum (Natural History, London. Vol.III.
- Falter, U. 1987. Descriptions des patrons de coloration chez *Oreochromis niloticus* (L.)(Teleostei : Cichlidae). Anns. Soc. R. Zool. Belg. 177(2) : 201-219.
- Jubb, R.A., 1967. Freshwater fishes in southern Africa. A.A. Balkena, Cape Town, Amsterdam.
- Trewavas, E., 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), London.

Autres titres dans cette série

- **Integrated agriculture-aquaculture farming systems.** R.S.V. Pullin et Z.H. Shehadeh, Editeurs. 1980. Réimprimé 1984, 1986. ICLARM Conference Proceedings 4, 258 p. US\$10 envoi par voie de surface; US\$25 envoi par avion.
- **Theory and management of tropical fisheries.** D. Pauly et G.I. Murphy, Editeurs. 1982. ICLARM Conference Proceedings 9, 360 p. US\$ 17,50 envoi par voie de surface; \$28,50 envoi par avion (broché); US\$ 21,50 envoi par voie de surface, \$32,50 envoi par avion (relié)
- **Philippine tilapia economics.** I.R. Smith, E.B. Torres et E.O. Tan, Editeurs. 1985. ICLARM Conference Proceedings 12, 261 p. US\$11 envoi par voie de surface; \$12 envoi par avion.
- **Length-based methods in fisheries research.** D. Pauly et G.R. Morgan, Editeurs. 1987. ICLARM Conference Proceedings 13, 468 p. US\$14 envoi par voie de surface; \$32,50 envoi par avion.
- **Detritus and microbial ecology in aquaculture.** D.J.W. Moriarty et R.S.V. Pullin, Editeurs. 1987. ICLARM Conference Proceedings 14, 420 p. US\$12,5 envoi par voie de surface, \$24,50 envoi par avion (broché); US\$16 envoi par voie de surface, \$28,50 envoi par avion (relié).
- **The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture.** R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai et J.L. Madlean, Editeurs. 1988. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. US\$30 envoi par voie de surface, \$45 envoi par avion (broché); US\$40 envoi par voie de surface, \$58 envoi par avion (relié).

POUR COMMANDER: Pour les Etats-Unis, adresser directement votre commande et votre paiement (*tarif avion*) à notre distributeur exclusif, International Specialized Book Services, 5602 N.E. Hassalo St., Portland, Oregon 97213-3640. Pour le Canada et l'Amérique Centrale et du Sud, l'ISBS peut également être une source appropriée.

Pour l'Allemagne, s'adresser à S. Toeche-Mittler GmbH, Versandbuchhandlung, Hindenburgstr. 33, D-6100, Darmstadt, République Fédérale d'Allemagne.

Pour les autres pays, les pays francophones et les DOM/TOM, adresser votre commande et votre paiement en US\$ (à l'ordre de ICLARM) par mandat international, chèque de banque ou coupons UNESCO à l'Editeur, ICLARM, MC P.O. Box 1501, Makati, Metro Manila, Philippines. Nous acceptons les chèques libellés en US\$ uniquement si la banque d'émission est aux Etats-Unis en raison des frais importants que les autres banques imposent.

L'envoi par avion est vivement recommandé en raison des longs délais pouvant atteindre jusqu'à six mois et des pertes occasionnelles pouvant se produire par voie de surface.



CENTRE INTERNATIONAL DE GESTION DES RESSOURCES AQUATIQUES VIVANTES

Le Centre international de gestion des ressources aquatiques vivantes (ICLARM) est un organisme scientifique et technique international, autonome et sans but lucratif qui a été créé pour conduire, stimuler et accélérer la recherche sur tous les aspects des pêches et des ressources aquatiques vivantes.

Le Centre a été fondé à Manille le 20 janvier 1977 et son siège a été établi à Manille en mars 1977. L'ICLARM concentre ses activités dans les pays tropicaux du monde en développement.

L'ICLARM est une organisation opérationnelle, non une entité de financement. Son programme vise à résoudre des contraintes techniques et socio-économiques pesant lourdement sur l'augmentation de la production, l'amélioration de la gestion des ressources et la distribution équitable des bénéfices dans les pays en développement. Le Centre poursuit ses objectifs de développement de l'aquaculture, d'évaluation et de gestion des ressources aquatiques vivantes, de formation, et d'information par le biais de la recherche en coopération avec des institutions des pays les plus et les moins avancés.

Le personnel de l'ICLARM est composé de scientifiques recruté(e)s internationalement et provenant de diverses disciplines des sciences biologiques et sociales. En outre, l'ICLARM accepte des stagiaires, consultants et des scientifiques invité(e)s qui contribuent à l'élargissement de ses compétences et de sa flexibilité.

Le programme et le personnel de l'ICLARM sont financés par des fondations privées et des gouvernements.