

# La production de tilapias en eau chaude industrielle en Belgique \*

## Situation actuelle du projet, perspectives de développement en pisciculture solaire et transfert de la technologie

par

Jean-Claude PHILIPPART \*\* et Charles MELARD \*\*\*  
Université de l'Etat à Liège



J.C. Philippart

**SUMMARY :** The culture of tilapias in a heated effluent in Belgium : present state of the project, developments and prospects in solar aquaculture and transfer of the technology.

For the last years the culture of tilapias has been growing at a high rate in many parts of the world. This paper reports on the main steps of an applied research programme conducted by the University of Liège since 1977, in view of developing a technology of intensive tilapia culture

---

\* Manuscrit reçu le 10 mars 1987.

Communication présentée au Colloque **Aquaculture et Développement** organisé sous l'égide de la Fondation Roi Baudouin à l'Institut de Zoologie de Liège le 18 novembre 1986 à l'occasion des manifestations marquant la remise du Prix International Roi Baudouin pour le développement à la Fondation Internationale pour la Science (Stockholm).

\*\* Dr Sc. zoologiques, chercheur qualifié au F.N.R.S.

\*\*\* Dr Sc. zoologiques, chargé de recherches au C.E.R.E.R. - Tihange.

Laboratoire de démographie des poissons et de pisciculture expérimentale de l'Université de Liège. Service d'éthologie - Aquarium, 22 quai Van Beneden, 4020 Liège et C.E.R.E.R. - Pisciculture, 8b chemin de la Justice, 5201 Tihange, Belgique.

in the heated effluent of the Tihange nuclear power plant on the river Meuse. This research allowed a commercial fish farm (PISCIMEUSE S.A.) to be created on the site in 1984; since it started running, the Tihange warmwater fish farm has produced 240 tons tilapias which represent 70 % of the all fish species production.

The development of an industrial tilapia farming in Belgium was based upon a thorough knowledge of the main biological features of the tilapia *O. niloticus*. Most attention was paid to analysing how various endogenous factors (sex, size) and exogenous ones (environmental factors such as temperature, feeding level, population density) influence reproduction and fry recruitment, growth rate, food conversion efficiency and bioenergetics. The paper gives some examples of mathematical relationship and models built as tools for optimizing the tilapia production system.

As far as the transfer of the Tihange tilapia culture technology to developing countries is concerned, it appears that many biological data collected during the research would be of prime interest for orientating the good choice of the species to be cultivated in an particular area or for assessing the potential productivity of any system according to the local temperature regime of the water. On the other hand, there is strong evidence that 1) a running water tilapia farming is only conceivable if water is available from a dam-reservoir or a very low cost pumping and that 2) feeding with high protein pellets must be replaced by more appropriate and cheaper methods implying a maximum exploitation of the natural biological productivity of the water bodies in use.

When evoking the PISCISOL project - a prototype of a solar semi-closed fish culture unit in the conception and realization of which the University of Liège participated - the paper emphasizes some possibilities of semi-intensive tilapia culture involving an utilization of solar energy for heating water (passive + active systems) and growing algae and other plants valuable as tilapia food.

## RESUME

L'élevage des tilapias connaît depuis quelques années un essor considérable partout dans le monde. Cet article rappelle les principales étapes du projet de recherche mené par l'Université de Liège depuis 1977, en vue de mettre au point une technologie d'élevage intensif du tilapia dans les rejets d'eau chaude de la centrale électronucléaire de Tihange sur la Meuse. Ces recherches ont permis la création en 1984 d'une pisciculture commerciale en eau chaude (PISCIMEUSE S.A.) qui a produit à ce jour près de 240 tonnes de tilapias représentant 70 % de sa production totale.

Ce développement de la pisciculture industrielle du tilapia en Belgique repose sur une connaissance approfondie de la biologie de l'espèce *O. niloticus* et principalement des différents facteurs intrinsèques (sexe, taille) et extrinsèques (environnementaux comme la température ou liés à l'alimentation et à la densité de population) influençant la reproduction, la croissance, l'efficacité de la conversion alimentaire et la bioénergétique. L'article donne quelques exemples de relations et modèles qui ont été établis pour optimiser le système de production.

Dans la perspective d'un transfert vers les pays en développement de la technologie "Tihange" d'élevage des tilapias, bon nombre des données biologiques collectées pendant la recherche sont d'un intérêt évident pour orienter le choix des espèces dans une région déterminée ou pour évaluer

les productivités potentielles en fonction du régime thermique local. Toutefois la pisciculture des tilapias en eau courante ne peut être raisonnablement envisagée **1)** qu'en aval de barrages ou lorsqu'on dispose de possibilités de pompage peu coûteux et **2)** à condition que l'alimentation au moyen de "granulés" à haute teneur en protéines soit remplacée par des méthodes de nourrissage moins coûteuses reposant sur une exploitation maximale de la production biologique des plans d'eau utilisés.

L'évocation du projet PISCISOL - un prototype de pisciculture solaire en circuit semi-fermé aussi conçu et réalisé avec l'aide de l'Université de Liège - permet de démontrer les possibilités de développer des élevages semi-intensifs de tilapias en utilisant l'énergie solaire pour chauffer l'eau (chauffage passif et/ou actif) ainsi que pour produire des algues et autres végétaux servant de nourriture.



Ch. Mélard exhibe un tilapia de taille commercialisable produit en bassins sous-serre alimentés par des eaux chaudes résiduelles industrielles (Tihange).

## SOMMAIRE

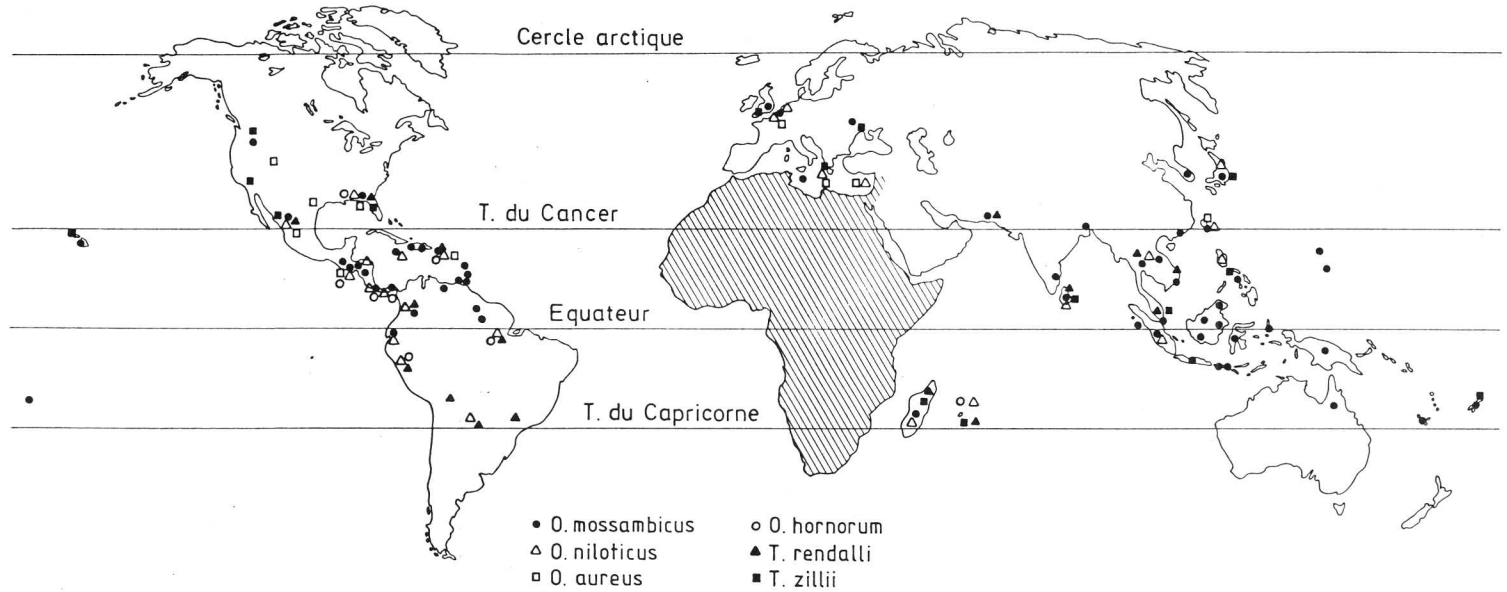
1. Introduction - Intérêt général des tilapias
2. Génèse et évolution du projet d'élevage du tilapia à Tihange
  - 2.1. Mise au point de la technologie
  - 2.2. Les développements commerciaux
3. Bases biologiques de l'élevage intensif des tilapias
  - 3.1. Contrôle de la production d'alevins
  - 3.2. Optimisation de la croissance
  - 3.3. Efficacité de la conversion alimentaire
  - 3.4. Densité de mise en charge
4. Transfert de la technologie vers les pays en développement
  - 4.1. Exploitation des données biologiques
  - 4.2. Développement de systèmes d'élevage intensif
  - 4.3. La pisciculture solaire
5. Conclusions générales
6. Références bibliographiques

### 1. INTRODUCTION - INTERET GENERAL DES TILAPIA

Avec une production actuelle approchant les 200.000 tonnes (contre à peine 20.000 t au début des années soixante), les tilapias sont en passe de devenir l'un des groupes de poissons les plus exploités par l'aquaculture mondiale en eau douce et saumâtre (HUET et TIMMERMANS, 1970; BARDACH et al., 1972; BALARIN et HATTON, 1979; BROWN, 1983; FISHELSON et YARON, 1983). Les principaux producteurs sont, par ordre décroissant d'importance, Taïwan, Les Philippines, ..., le Japon et Israël, pays dans lesquels on a enregistré au cours des dernières années une progression fulgurante de l'élevage des tilapias (**tableau 1**).

**Tableau 1.** Données sur la production mondiale des tilapias par l'aquaculture (d'après différentes sources).

Pays	Années	milliers de tonnes
Taïwan	1969	10,0
	1973	10,9
	1975	18,3
	1977	22,0
	1979	28,0
	1982	80,0
Israël	1963-1967	2,4
	1968-1972	5,4
	1973-1977	8,5
	1978-1982	11,7
Japon	1974	0
	1980	10,0
Philippines	1978	19,0
Monde	1963	20,0
	1983	200,0



**Figure 1.** Carte de la répartition mondiale des tilapias montrant l'aire originelle de distribution du groupe (hachuré) et les lieux d'introduction des principales espèces utilisées en pisciculture (d'après PHILIPPART et RUWET, 1982).

Il existe près de 80 espèces de tilapias (TREWAWAS, 1982), toutes originaires du continent africain et de la Palestine (**figure 1**). Mais plusieurs espèces ont été introduites dans au moins 120 pays à travers le monde, y compris dans les régions tempérées et froides (Japon, Amérique du Nord, Europe) où ils ne peuvent survivre que dans les eaux chaudes géothermales (LAUENSTEIN, 1978) ou industrielles (KIRK, 1972; PHILIPPART et RUWET, 1982).

On rappellera aussi que les "tilapias" se classent en deux grandes catégories éco-éthologiques en fonction de leur mode de reproduction et de leur régime alimentaire (RUWET et VOSS, 1974; RUWET et al., 1976). Le premier groupe comprend les tilapias du genre *Oreochromis* (ex. : *Oreochromis niloticus* ou tilapia du Nil, **photo 1a**) qui pratiquent l'incubation buccale (incubateurs buccaux) et sont microphages (filtreurs de plancton et/ou mangeurs de micro-organismes); le second groupe rassemble les tilapias du genre *Tilapia* qui fixent leurs oeufs sur un substrat (pondeurs sur substrat) et sont des mangeurs de macrophytes (ex. : *Tilapia rendalli*, **photo 1b**). Les avantages des tilapias en général - et spécialement des espèces incubatrices buccales et microphages du genre *Oreochromis* - pour l'aquaculture tiennent à de nombreux éléments repris dans le **tableau 2**.

**Tableau 2.** Principaux avantages des tilapias pour la pisciculture (d'après MELARD et PHILIPPART, 1981 b).

1. Reproduction naturelle aisée en captivité et succession rapide des générations (quelques mois);
2. Croissance rapide, même avec une alimentation pauvre en protéines;
3. Se nourrissent de végétaux (algues, plantes supérieures) et de micro-organismes, ce qui leur confère une grande efficacité écologique potentielle par une position aux premiers niveaux des chaînes alimentaires;
4. Existence d'un large éventail d'espèces adaptées à des environnements très variés, y compris l'eau saumâtre et la mer;
5. Grande résistance au manque d'oxygène, aux autres agents chimiques ainsi qu'aux maladies;
6. Supportent bien les manipulations fréquentes et s'adaptent aux conditions de l'élevage intensif, notamment à l'alimentation artificielle;
7. Bonne qualité alimentaire et organoleptique;
8. En Afrique, poissons connus des populations qui les exploitent dans les pêcheries;
9. Aptes à la consommation par séchage et fumage.

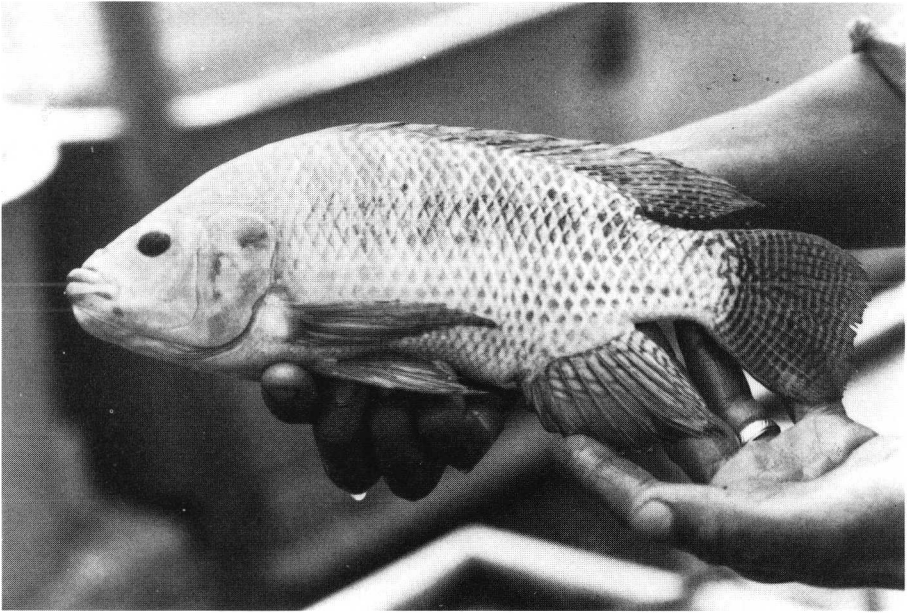


Photo 1a. *Oreochromis niloticus* (Tilapia du Nil) (photo INTERCOM).

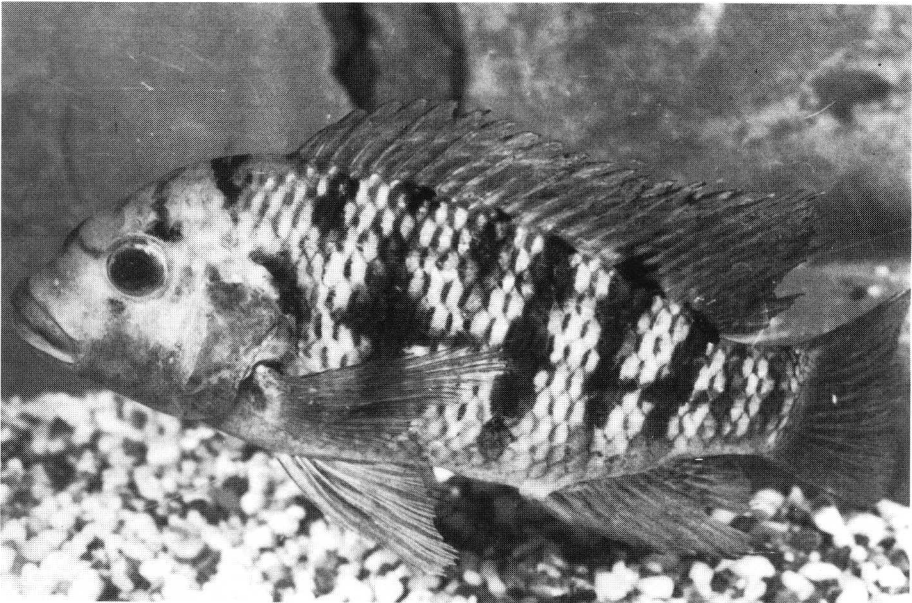


Photo 1b. *Tilapia rendalli* (photo Univ. Liège).

La culture des tilapias remonte à l'époque de l'Égypte ancienne (- 2000 ans avant JC) où ils étaient, semble-t-il, élevés dans un but uniquement ornemental (DAMBACH et WALLERT, 1966). C'est à partir de 1924 au Kenya (BALARIN et HATTON, 1979) et des années 40 dans la province du Shaba (ex-Katanga) de l'actuel Zaïre (DE BONT, 1948; DE BONT et al., 1948; HUET, 1957; HALAIN, 1972) que se sont développées, à l'initiative des colons européens, les premières formes contemporaines de pisciculture des tilapias. Dans les années 50-60, la tilapiaculture a progressivement été implantée en Asie du Sud-est ainsi qu'en Amérique. Toutefois, ces premières expériences restèrent, dans l'ensemble, assez peu efficaces car on manquait d'un minimum de connaissances scientifiques sur la systématique des espèces et leur biologie. Il en résulta, surtout en Afrique, un certain nombre d'erreurs provenant de la confusion entre les espèces ou de l'ignorance de données biologiques fondamentales comme le mode de reproduction et le régime alimentaire.

Ces lacunes furent comblées par diverses recherches menées dans les années 50-60 sur la systématique des tilapias, leur écologie et leur éthologie, recherches dans lesquelles les scientifiques belges - agronomes et biologistes - jouèrent un rôle majeur : travaux de DE BONT (1950) puis de POLL et de THYS VAN DEN AUDENAERDE (1963, 1964) au Musée de l'Afrique centrale à Tervuren, de RUWET, VOSS et collaborateurs à l'Université de Liège (voir PHILIPPART, 1986b).

Grâce aux apports de la recherche scientifique pendant les années 60-70, la pisciculture des tilapias a commencé à connaître un nouvel essor qui s'est traduit par des développements à caractère très technologique (voir : PULLIN et LOWE -McCONNELL, 1982; COCHE, 1982; BALARIN et HALLER, 1982; FISHELSON et YARON, 1983) qui marquèrent réellement le début de la domestication des tilapias. Certains experts (voir CERES, 1984) prévoient que la mise en oeuvre de ces nouvelles technologies pourrait amener la production mondiale des tilapias au niveau des 2.000.000 de tonnes, dix fois plus qu'aujourd'hui et cent fois plus qu'il y a vingt ans.

## 2. GENESE ET EVOLUTION DU PROJET D'ELEVAGE DU TILAPIA A TIHANGE

### 2.1. Mise au point de la technologie

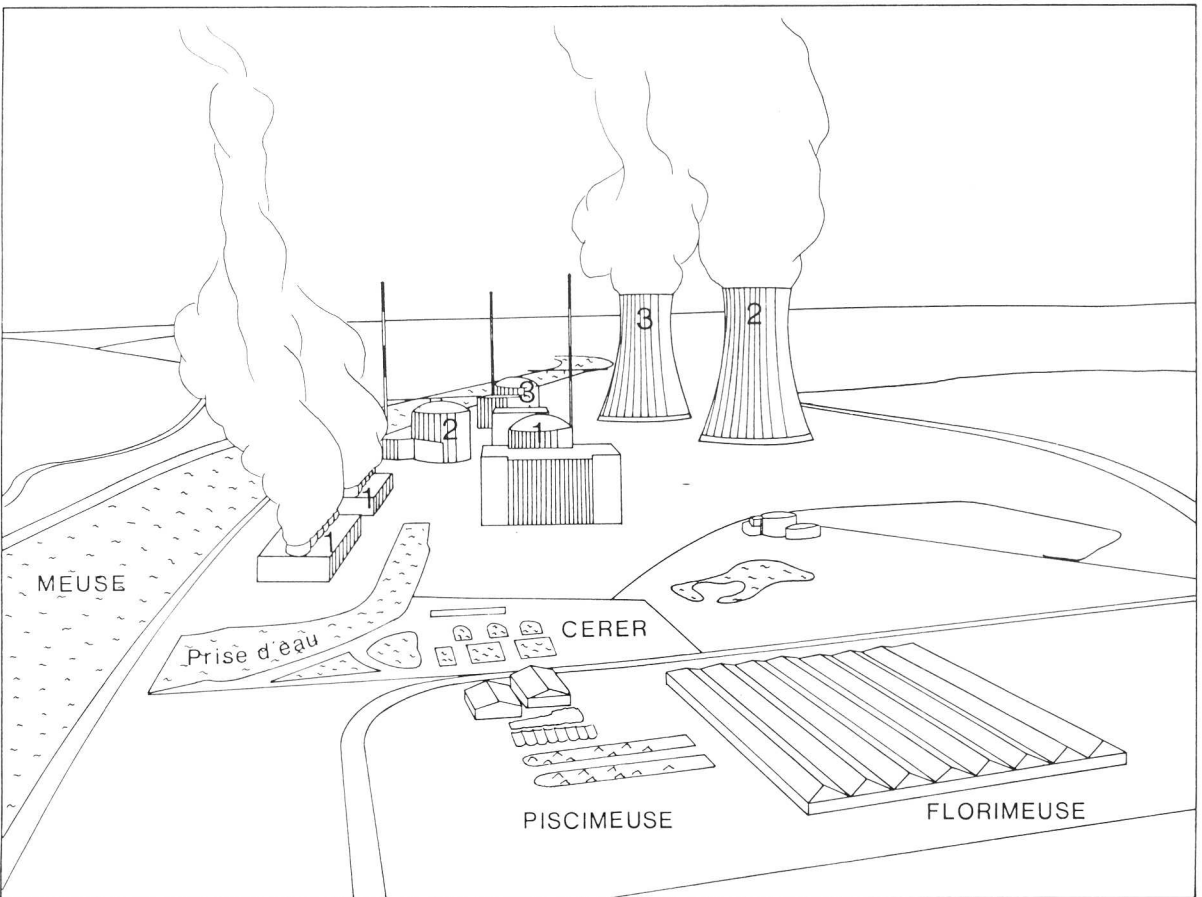
Après avoir participé aux recherches sur la biologie des tilapias, l'Université de Liège a pu aussi contribuer à la mise au point des techniques les plus modernes de tilapiaculture grâce à un programme de recherches commencé en 1977 et qui visait à utiliser pour la pisciculture les importants rejets d'eau chaude (33 m<sup>3</sup>/sec d'eau de la Meuse réchauffée de 12 °C par rapport à la température naturelle) de la centrale électro-nucléaire de Tihange sur la Meuse (PHILIPPART et MELARD, 1981; PHILIPPART, 1981; ORBAN, 1984).

Le fait que les recherches furent centrées sur les tilapias (PHILIPPART et MELARD, 1980; MELARD et PHILIPPART, 1981a,b) est le résultat d'une analyse faisant intervenir un ensemble d'éléments biologiques, techniques et socio-économiques présentés dans le **tableau 3**.

Pour la réalisation des expériences, le C.E.R.E.R. pisciculture dispose (**figure 2**) d'une infrastructure comprenant :

- 1) 3 étangs en terre de 200 m<sup>2</sup> / 200 m<sup>3</sup> utilisés pour la production d'alevins et
- 2) des bassins de croissance en polyester de 4 m<sup>2</sup> / 1,5 m<sup>3</sup> installés sous une serre - abri en plastique (**photo 2**).

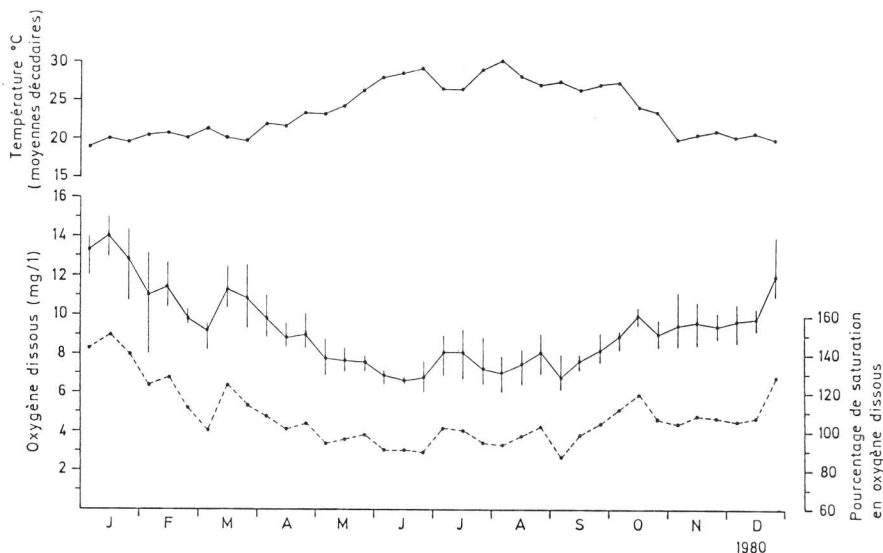




**Figure 2.** Site électronucléaire de Tihange montrant la situation du centre de recherche de l'Université (C.E.R.E.R.) et les installations de la s.a. PISCIMEUSE (dessin schématique d'après photo Luc FRECHE pour INTERCOM). Les numéros indiquent les éléments des unités Tihange 1, 2 et 3.

**Tableau 3.** Facteurs ayant conditionné le choix du tilapia dans l'expérience de pisciculture en eau réchauffée au CERER-ULg à Tihange (d'après MELARD et PHILIPPART, 1981b).

1. Souci d'innovation par rapport aux projets développés ailleurs en Europe avec, par exemple, la carpe et l'anguille.
2. Intérêt majeur du tilapia en raison de ses qualités alimentaires, de ses potentialités biologiques et de ses avantages pour l'élevage.
3. Compatibilité idéale de l'élevage du tilapia avec les caractéristiques thermiques de l'eau disponible.
4. Perspectives de commercialisation future du tilapia en Belgique où beaucoup de personnes connaissent le poisson par leur expérience en Afrique.
5. Occasion de développer en Belgique une technologie piscicole transférable ultérieurement dans les pays tropicaux.
6. Disponibilité immédiate de souches de tilapias conservées à l'Aquarium de Liège et accès à des connaissances sur l'éco-éthologie de leur reproduction et sur leur pisciculture en Afrique.

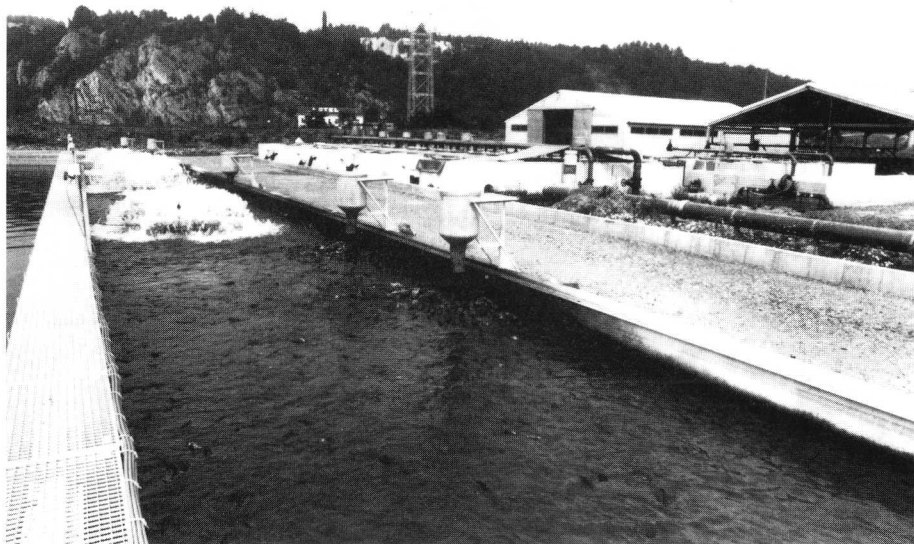


**Figure 3.** Température et teneur en oxygène dissous de l'eau de la Meuse alimentant les bassins d'élevage expérimental des tilapias au C.E.R.E.R. - Pisciculture à Tihange (MELARD et PHILIPPART, 1981b). Les données sont des moyennes décadaires (traits verticaux = minima et maxima) se rapportant à l'année 1980.

Les étangs et les bassins étaient alimentés avec l'eau de la Meuse (de très bonne qualité à hauteur de Tihange) réchauffée à des températures variant selon les saisons entre 18 et 32 °C (figure 3). La teneur en oxygène dissous était presque toujours supérieure à 90 % de saturation sauf en été où l'on enregistrait systématiquement un déficit de saturation (minimum : 6 mg/l) compensé par le recours à une oxygénation d'appoint dans les bassins et étangs d'élevage. Les poissons étaient nourris au moyen d'aliments composés à 30-50 % de protéines brutes distribués à la main, à l'aide de nourrisseurs automatiques ou à la demande.



**Photo 2.** Bassins d'élevage de C.E.R.E.R.-pisciculture (photo Univ. Liège).



**Photo 3.** Vue sur les bassins d'élevage de PISCIMEUSE (photo Luc FRECHE pour INTERCOM).

Dans ces conditions furent mises au point toutes les étapes de l'élevage du poisson comprenant les phases suivantes :

- reproduction naturelle en étang, récolte des alevins et premier alevinage en petit bassin, sexage des alevins à environ 50 g et mise en élevage "monosexé" des mâles dans différents systèmes de production (cages flottantes de 1 m<sup>2</sup> / 0,5 m<sup>3</sup>, bassins carrés de 4 m<sup>2</sup> / 1 m<sup>3</sup>, grands bassins circulaires de 8 m<sup>2</sup> / 7 m<sup>3</sup>);
- production en 220 jours d'un tilapia mâle de 300 g au départ d'alevins de 10 g;
- réalisation courante de densités de populations de 60-80 kg par m<sup>3</sup> de bassin et de charges de 2-3 kg par litre d'eau tiède débité par minute;
- obtention de productions de l'ordre de grandeur de 0,5 kg par m<sup>3</sup> de bassin et par jour, ce qui, pour un bassin de 1 m de profondeur, est équivalent à environ 2000 tonnes/ha/an.

Ces chiffres sont intéressants à resituer par rapport à la productivité des tilapias dans les systèmes naturels et dans les élevages d'intensification croissante (**tableau 4**).

**Tableau 4.** Productivité des tilapias dans des systèmes d'élevage d'intensification et de complexité technologique croissantes (d'après BALARIN et HALLER, 1983, complété).

SYSTEME D'ELEVAGE	PRODUCTION (tonnes/ha/an)		
1. Pêche en lacs et rivières	0,2	-	1,5
2. Elevage en rizières	0,3	-	1,5
3. Peuplement des lacs de barrage	0,3	-	2,0
4. Elevage en étang			
- de subsistance	0,2	-	2,0
- semi-intensif	1,0	-	5,0
- intensif	5,0	-	12,0
- super-intensif	10,0	-	25,0
5. Enclos en lagune (Bénin)	10,0	-	90,0
6. Cages flottantes en étang ou lac	10,0	-	700,0
7. Bassins et chenaux	20,0	-	2000,0

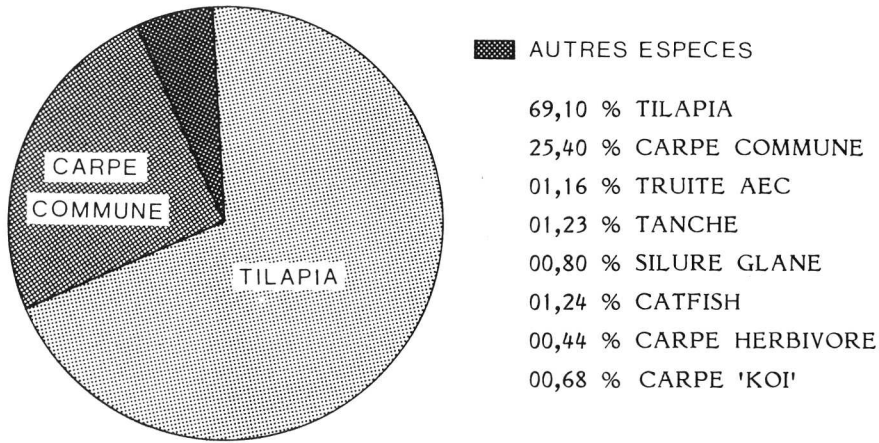
## 2.2. Les développements commerciaux

Dès 1981, les recherches du C.E.R.E.R. -Tihange avaient atteint un niveau suffisant pour autoriser le passage au stade de la production pré-commerciale dans un prototype. Ce projet a été développé, à côté des installations de recherche, par la Division Aquaculture de la société sucrière britannique Tate and Lyle. Le prototype consistait en une unité de 10 bassins ovales (D-ended tank) en fibro-ciment, installés sous une serre abri en plastique et alimentés en eau de Meuse réchauffée. Ce système de bassin ovale fonctionnait selon le principe d'une recirculation partielle de l'eau obtenue grâce à une injection d'air sous pression. Cette installation a permis de produire une dizaine de tonnes de tilapias en 1982 et 1983 et d'amorcer la phase de prospection des marchés.

Sur la base des résultats positifs obtenus en station pilote fut décidée, en 1983, la création de la société PISCIMEUSE S.A. et la mise en place d'une véritable "piscifactory" commerciale de tilapias présentant les caractéristiques suivantes (photo 3) :

- 1800 m<sup>2</sup> (1200 m<sup>3</sup>) de bassins de tous types : petits bassins carrés en polyester, grands bassins de 30 m<sup>3</sup> en béton, bassins ovales (D-ended) et chenaux ("raceways") en béton;
- une alimentation en eau chaude à raison de 1500 à 2000 m<sup>3</sup>/h amenée par gravité avant son entrée dans les tours de refroidissement des unités Tihange 2 et 3.

La production de tilapias à PISCIMEUSE est passée de 34 tonnes en 1984 à 97 tonnes en 1985 et 107 tonnes en automne 1986, soit, depuis l'entrée en fonction de l'installation, une production cumulée de 239 tonnes (70 %) sur une production totale - toutes espèces confondues - de 332 tonnes (figure 4).



TOTAL : 332 Tonnes

**Figure 4.** Production de tilapias et des autres espèces de poissons par PISCIMEUSE en 1984-86 (d'après PHILIPPART, 1986).

La production de tilapias de consommation est écoulee sur les marchés étrangers (Paris, Londres) et en Belgique où des efforts particuliers ont été menés par certains restaurateurs pour faire connaître le tilapia et les manières de le cuisiner. Il faut signaler qu'une petite partie de la production est aussi écoulee sous forme d'alevins et de géniteurs destinés à des élevages dans les pays chauds.

En conclusion du premier volet de cet exposé, il faut surtout insister sur le fait que près de 8 ans (1977-1986) ont été nécessaires pour passer de l'idée "élevage intensif du tilapia" à la concrétisation d'une opération commerciale. Mais ce succès technologique n'a lui-même été rendu possible que par un pré-acquis scientifique, résultat de longues années d'études sur le terrain et en laboratoire. C'est tout ce continuum qui est illustré par le film "Etude et culture du tilapia : histoire d'une domestication" produit en 1983 par le Service d'éthologie de l'Université de Liège (RUWET et al., 1983).

### 3. BASES BIOLOGIQUES DE L'ELEVAGE INTENSIF DES TILAPIAS

Le développement d'une technologie de production intensive de tilapias dans les eaux chaudes de la centrale électronucléaire de Tihange repose sur un certain nombre d'acquis scientifiques qui concernent les aspects fondamentaux de la biologie de l'espèce, *O. niloticus* en l'occurrence. Ces acquis scientifiques synthétisés dans la récente thèse de doctorat d'un des auteurs (MELARD, 1986) constituent les bases biologiques de l'optimalisation de l'élevage de ce poisson, au niveau des problèmes clés comme le contrôle de la production d'alevins et la maximalisation simultanée de l'efficacité de la conversion alimentaire, de la vitesse de croissance en poids et de la production par unité de surface, de volume ou de débit d'eau.

Ces informations sur les exigences, limites de tolérance et optima éco-étho-physiologiques des tilapias à l'égard des conditions du milieu (température, oxygène dissous, densité de population, alimentation, etc...) sont d'une importance capitale pour la réussite d'un élevage de n'importe quel niveau d'intensification-complexité et dans n'importe quelle partie du monde.

#### 3.1. Contrôle de la production d'alevins

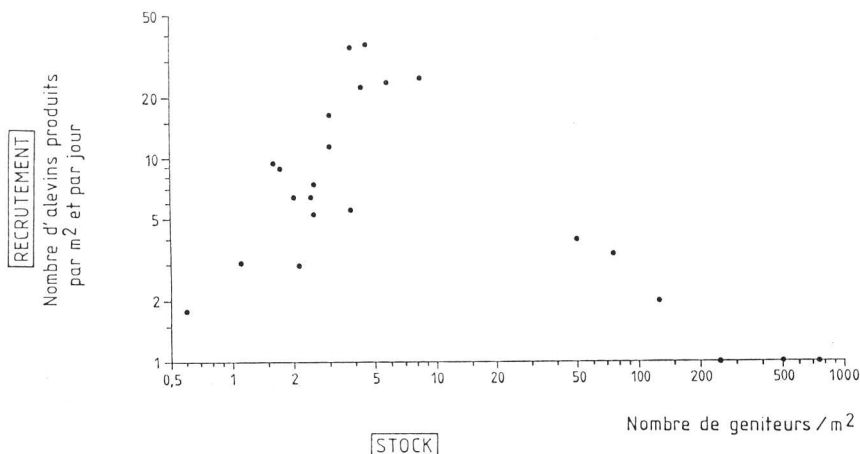
Le contrôle de la production d'alevins est un aspect crucial de la culture des tilapias mais les problèmes sont très différents selon les situations.

En élevage extensif ou semi-intensif en étang, les tilapias ont tendance à se reproduire de manière presque continue si la température est suffisante (plus de 20-22 °C en général) : il en résulte une surpopulation qui se traduit par une faible croissance des individus (nanisme) et la récolte d'un grand nombre de petits poissons. Dans ce cas, il faut tenter de limiter la reproduction excessive. Une première méthode consiste à pratiquer l'élevage monosexé des mâles, les populations monosexes étant obtenues (MELARD et PHILIPPART, 1981b) :

- 1) par triage manuel,
- 2) par traitement hormonal des alevins (méthyltestostérone incorporée à la nourriture) pour transformer les femelles en mâles et
- 3) par hybridation d'espèces (par ex. femelle *O. niloticus* X mâle *O. aureus*) dont les caractéristiques chromosomiques sont telles que la progéniture est en forte proportion (plus de 90 %) composée de mâles.

Au contraire, en élevage intensif industriel, il est nécessaire de produire avec un rendement maximum un grand nombre d'alevins destinés au peuplement des installations de croissance-production. Dans ce cas, une maximalisation de la reproduction s'impose.

Dans les expériences menées au CERER-Tihange, MELARD (op. cit.) a pu identifier et caractériser l'importance relative des divers facteurs qui influencent la production d'alevins, laquelle varie entre 2 et 36 individus /m<sup>2</sup>/jour. La **figure 5** montre la manière dont la production d'alevins dépend de la densité des géniteurs : quand la densité de mise en charge des géniteurs augmente, la production d'alevins augmente d'abord, se stabilise pour des densités de 5-6 géniteurs /m<sup>2</sup> puis diminue et est enfin totalement inhibée pour des densités de géniteurs supérieures à 200 individus /m<sup>2</sup>. En pratique, cet effet inhibiteur est exploité dans le système d'élevage en cage flottante.



**Figure 5.** Relation entre la densité du peuplement en tilapias géniteurs femelles de l'espèce *O. niloticus* et le rendement de production d'alevins en étangs et bassins au C.E.R.E.R. (d'après MELARD, 1986).

Une autre relation importante mise en évidence par les études biologiques sur la reproduction est le fait que les petites femelles produisent relativement plus (par kg de poids) d'alevins que les grandes femelles.

### 3.2. Optimisation de la croissance

La croissance est un processus biologique complexe qui fait intervenir de nombreux facteurs dont il faut connaître le rôle et la contribution relative.

#### Facteur sexe

Il est bien connu que les tilapias mâles croissent plus vite que les femelles et atteignent des tailles finales plus grandes qu'elles; chez *O. niloticus*, le dimorphisme sexuel de la croissance se marque à partir de 50 g et correspond au stade de la croissance où les femelles acquièrent la maturité sexuelle, moment à partir duquel elles investissent la plus grande part de l'énergie alimentaire ingérée dans la production d'ovules et dans les dépenses (plus la non prise de nourriture pendant l'incubation des oeufs et des jeunes) associées à la garde des jeunes. Chez des *O. niloticus* âgés de 175 jours, le dimorphisme sexuel de la croissance est tel que la taille des femelles est égal à environ 0,8 fois celle des mâles (0,6 fois pour le poids) (figure 6).

#### Facteur espèce

Toutes conditions - notamment le sexe - égales, les tilapias des différentes espèces ne grandissent pas à la même vitesse. Ces différences se marquent à l'intérieur de chaque groupe éco-éthologique (*O. niloticus* grandit mieux qu'*O. mossambicus* pourtant très largement répandu et utilisé en pisciculture) et d'un groupe à l'autre (l'incubateur buccal *O. niloticus* grandit beaucoup mieux que le pondeur sur substrat *Tilapia rendalli*, figure 7).

## Facteurs du milieu

La variabilité de la croissance des tilapias mâles d'*O. niloticus* est considérable selon les conditions du milieu (**figure 8**). Ainsi, à 7 mois, le poids moyen est de 18 g dans la population sauvage du lac Tchad où la nourriture est peu abondante tandis qu'à Tihange il est de 300 g en bassin à haute densité avec alimentation artificielle et de 650 g en étang à faible densité avec une abondante alimentation naturelle et artificielle.

L'effet du milieu recouvre le résultat de l'influence d'un ensemble de facteurs élémentaires que MELARD (op. cit.) a bien identifié chez *O. niloticus* en analysant statistiquement près de 400 expériences réalisées de 1977 à 1983 dans une gamme très variée de conditions environnementales. A partir de cette analyse, il a été possible de construire des modèles de croissance utilisables comme outils de simulation et de prévision. La **figure 9** montre les courbes de croissance pondérale maximale théorique à différentes températures. Ce modèle permet de prévoir quelle croissance peut être attendue dans un milieu dont on connaît le régime thermique.

On trouvera dans l'étude originale de MELARD (op. cit.) de nombreux résultats mettant en évidence et quantifiant pour des tilapias de différentes tailles l'effet positif sur la croissance de la ration alimentaire (courbe de nourrissage) et de la teneur en oxygène dissous et l'effet négatif de la densité de population, de la teneur en matières en suspension et de la luminosité.

### 3.3. Efficacité de la conversion alimentaire

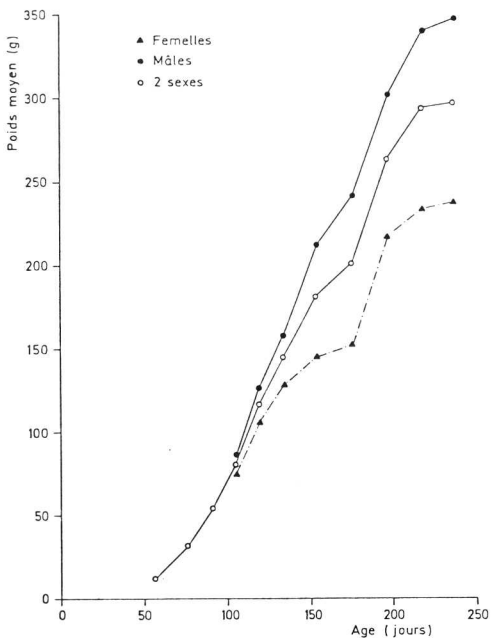
L'optimisation de l'efficacité de la transformation en protéines de l'aliment artificiel distribué à un tilapia implique de connaître - pour un type d'aliment de composition déterminée et pour une gamme donnée de températures - les courbes de rationnement. Ainsi, la courbe présentée par la **figure 10** indique la valeur des rations journalières (en % du poids corporel) de nourriture riche qu'il faut distribuer à des *O. niloticus* de différentes tailles pour obtenir une croissance rapide et une efficacité de conversion alimentaire brute (gain de poids / quantité de nourriture distribuée) la plus élevée possible.

Concernant l'efficacité écologique de l'utilisation de la nourriture par les tilapias, l'étude bioénergétique de MELARD (op. cit.) établit qu'*O. niloticus* ne consacre à la couverture de ses besoins de maintenance qu'un tiers environ de l'énergie assimilée (10 % de l'énergie ingérée) ce qui permet de compenser une efficacité d'assimilation assez faible (37 %). Ce résultat démontre en outre le grand avantage des poissons poecilothermes par rapport aux vertébrés homéothermes qui ont des dépenses de maintenance très élevées (40-50 % de l'énergie ingérée).

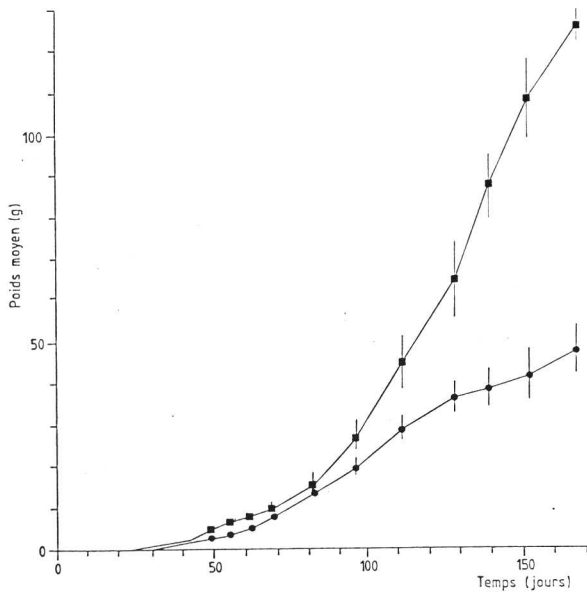
### 3.4. Densité de mise en charge

Dans tout élevage intensif en eau courante, il est primordial de connaître la biomasse (optimale) de tilapias d'une taille donnée qui peut être maintenue dans les bassins de manière à obtenir une bonne croissance et une production maximale. Pour cela, il faut établir la courbe de consommation d'oxygène dissous en fonction de la taille des poissons (**figure 11**) puis, à partir de cette courbe, calculer l'apport d'oxygène nécessaire pour assurer une bonne croissance à un nombre déterminé de tilapias recevant une ration alimentaire fixée. L'oxygène étant apporté par le flux d'eau, on arrive ainsi à fixer le taux de renouvellement de l'eau dans les bassins et à évaluer le débit absolu dans une installation (dimensionnement).

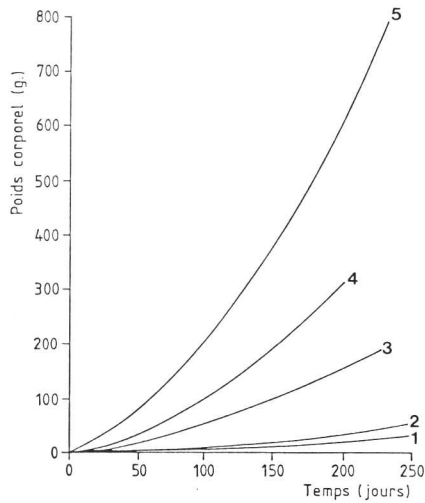




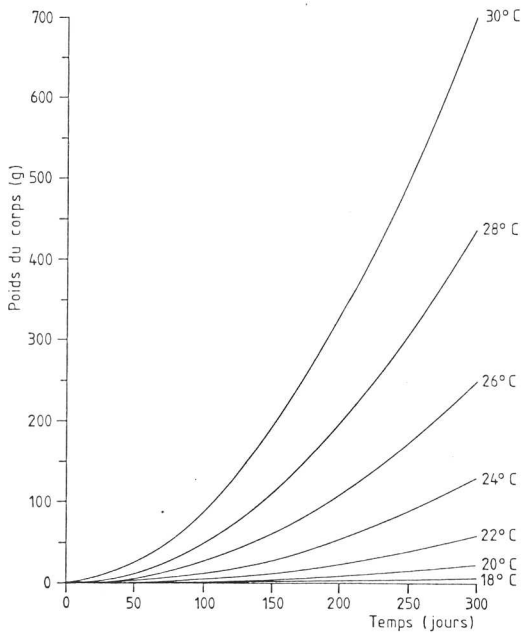
**Figure 6.** Illustration du dimorphisme sexuel de la croissance en poids du tilapia *O. niloticus* élevé en bassin au C.E.R.E.R. (d'après MELARD et PHILIPPART, 1981b).



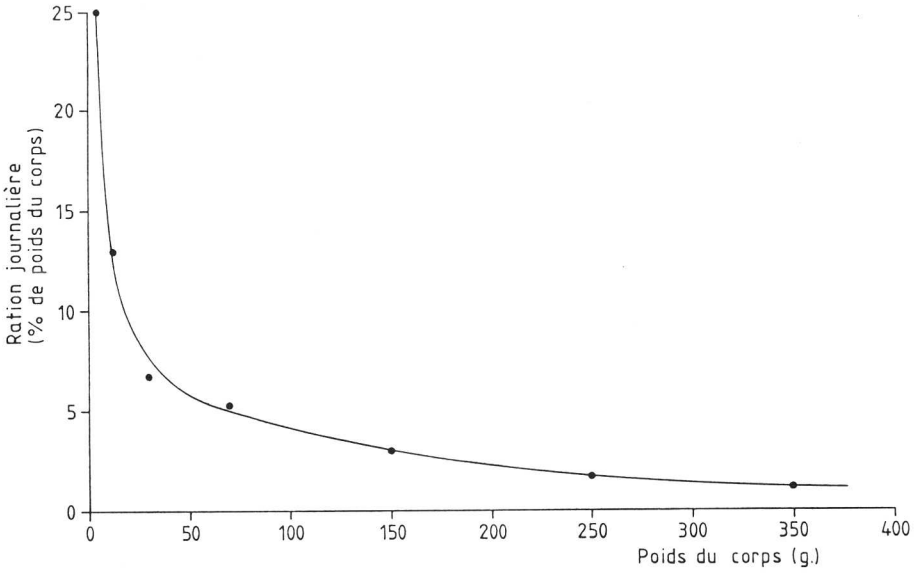
**Figure 7.** Comparaison de la croissance en poids du tilapia incubateur buccal *O. niloticus* et du tilapia pondéur sur substrat *T. rendalli* en élevage intensif en bassin (d'après MELARD et PHILIPPART, 1981b).



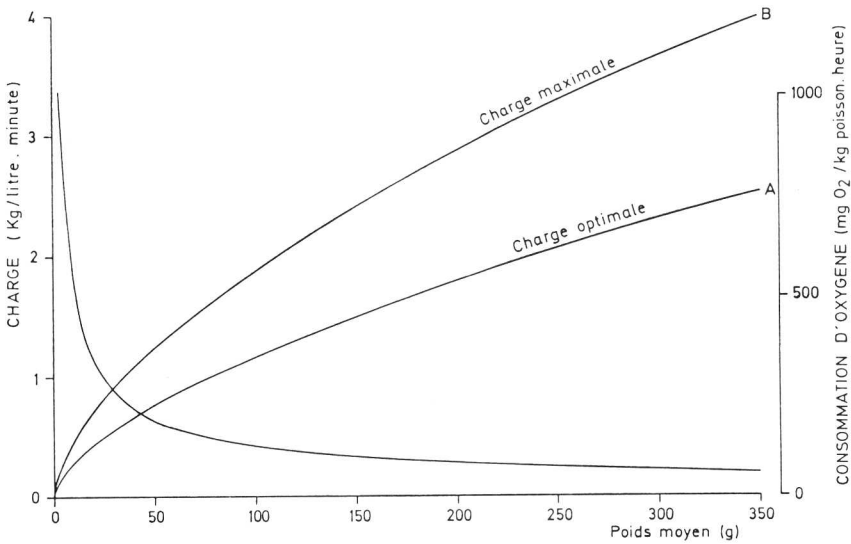
**Figure 8.** Comparaison de la croissance en poids du tilapia *O. niloticus* dans différentes conditions environnementales :  
 1. milieu naturel : Soudan (BALARIN et HATTON, 1979);  
 2. milieu naturel : lac Tchad (LOWE-McCONNEL, 1982);  
 3. cage flottante de 1 m<sup>3</sup>, haute densité (COCHE, 1977);  
 4. bassin de 4 m<sup>2</sup> / 1 m<sup>3</sup>, haute densité (MELARD, 1986);  
 5. étang de 150 m<sup>2</sup>, faible densité de population (MELARD, 1986).



**Figure 9.** Courbes théoriques de croissance en poids du tilapia *O. niloticus* à différentes températures (d'après MELARD, 1986).



**Figure 10.** Courbe optimale de rationnement, avec un aliment à 46 % de protéines brutes, du tilapia *O. niloticus* en élevage intensif en bassin à 27-31 °C (d'après MELARD et PHILIPPART, 1981a).



**Figure 11.** Courbe montrant la relation entre le poids moyen, la consommation d'oxygène et la charge optimale pour le tilapia *O. niloticus* élevé à haute densité à 30 °C (d'après MELARD et PHILIPPART, 1981b).

#### 4. TRANSFERT DE LA TECHNOLOGIE VERS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT

En conclusion, il s'agit de savoir si, et comment, il est possible de transférer dans les pays en développement les technologies d'élevage intensif des tilapias du type de celles mises au point à Tihange. Examinons les principaux aspects de cette problématique.

##### 4.1. Exploitation des données biologiques

Plusieurs projets de pisciculture du tilapia en Afrique ont échoué ou sont en sérieuse difficulté à cause de problèmes écologiques comme par exemple :

- 1) un mauvais choix de ou des espèces par rapport aux caractéristiques locales de l'environnement aquatique et
- 2) une ignorance ou une sous-estimation de l'influence du milieu et spécialement de la température sur la productivité potentielle de l'élevage.

##### Choix des espèces

Le développement de l'élevage intensif des tilapias en enclos dans les lagunes saumâtres du sud Bénin a été basé sur l'espèce introduite *O. niloticus*, considérée unanimement comme la plus performante en croissance. Après quelques premiers résultats positifs (VINCKE et PHILIPPART, 1984), l'élevage a enregistré de graves difficultés liées à l'apparition d'affections bactériennes et parasitaires qui peuvent s'expliquer par le fait qu'*O. niloticus*, bien qu'assez euryhalin, n'a pas pu supporter à long terme un niveau de salinité élevé et/ou des variations trop amples de cette salinité. Des problèmes pathologiques comparables étaient déjà survenus quelques années auparavant lors d'une opération d'élevage intensif en cages lancée par la société British Petroleum dans la lagune d'Ebrié en Côte d'Ivoire (voir VINCKE, 1985). Dans les deux cas, plutôt que d'élever l'espèce introduite *O. niloticus*, il eût mieux valu tenter de mettre au point l'élevage de l'espèce locale *O. melanotheron* moins performante en vitesse de croissance mais mieux adaptée à survivre en milieu lagunaire saumâtre.

Dans le même ordre d'idée, on peut rappeler ce qui s'est produit avec *T. rendalli* lors des premiers essais de pisciculture dans l'ex-Congo belge. Dans son aire originelle de distribution et en l'occurrence dans les étangs du Shaba (où l'existence d'une période froide limite la reproduction et dans une certaine mesure le nanisme), *T. rendalli* fournissait de très bons rendements. Transféré dans la cuvette du Zaïre à Yangambi, donc en dehors de son aire de distribution, *T. rendalli* n'a jamais donné satisfaction car les conditions thermiques locales permettaient une reproduction continue, avec comme conséquence, la surpopulation des étangs et la très faible croissance des individus (GOSSE, 1963).

##### Importance de la température

Compte tenu de l'influence majeure de la température sur la vitesse de croissance des tilapias, l'élevage d'une espèce peut être réalisable de manière rentable dans des conditions thermiques données sans l'être aussi nécessairement dans une autre région plus froide à cause de l'altitude ou de la latitude. Les modèles établis par MELARD sont très utiles pour comparer la productivité potentielle d'*O. niloticus* dans différents milieux.

## 4.2. Développement de systèmes d'élevage intensif

### Pisciculture en eau courante

Dans la plupart des régions tropicales, il est évidemment inconcevable de vouloir installer des piscicultures intensives de tilapias comme celle - hyper-sophistiquée et énergétivore - de Tihange. Cela ne signifie nullement toutefois qu'il ne faut pas chercher à développer des piscicultures de tilapias (ou d'autres poissons) de type industriel, par exemple à proximité des grands centres urbains. En ce domaine, les potentialités les plus grandes sont offertes par les sites de barrage artificiel en aval desquels peuvent se construire des étangs et/ou des bassins alimentés avec de grands volumes d'eau amenés par simple gravité (pas de coût de pompage) au moyen d'une prise d'eau dans le lac-réservoir lui-même ou dans un canal d'irrigation. Ainsi, à la fin des années septante, une pisciculture intensive d'*O. niloticus* a été intégrée dans le complexe d'irrigation du périmètre sucrier de Banfora en ex Haute-Volta (PHILIPPART, 1980).

Une pisciculture intensive en bassin d'*O. mossambicus* fonctionne depuis quelques années au Kenya (Baobab Farm; BALARIN et HALLER, 1983).

### Disponibilité d'aliments composés riches

La haute productivité des élevages intensifs de tilapias est conditionnée par une alimentation d'appoint sous la forme de farine ou de granulés contenant 20-35 % de protéines. La fabrication de tels aliments est tout à fait possible dès qu'on dispose de sous-produits agricoles appropriés (son de blé ou de riz, brisures de riz, tourteau de coton, de soja, etc...), surtout si elle peut être combinée à la production de provende pour volaille. En pratique, le problème posé par la fabrication d'un aliment artificiel est davantage économique (coût trop élevé par rapport au prix de vente potentiel du poisson) que strictement technologique. C'est pourquoi, l'intensification de la pisciculture des tilapias doit se baser le plus possible sur l'utilisation des capacités de production naturelle de nourriture dans les eaux tropicales chaudes et bien ensoleillées. Dans un projet privé en cours de développement au Bas-Zaïre, de très hauts rendements (8-10 tonnes/ha/an) sont obtenus dans de grands étangs d'eau stagnante mis en charge avec une population monosexue de tilapias microphages (*O. macrochir* ou *O. niloticus*) qui se nourrissent du phytoplancton dont la production est stimulée par une fertilisation chimique (engrais azotés) et surtout organique (fientes de poulet + déchets ménagers et agricoles divers). Dans un tel système, l'alimentation d'appoint peut se limiter à des sous-produits simples (son de blé et de riz, brisure de riz, etc...).

L'obtention de hauts rendements par ces méthodes de pisciculture en étang dépend strictement d'une gestion rigoureuse portant sur le contrôle journalier de la concentration en oxygène dissous (plus il y a de phytoplancton, plus les risques sont grands de provoquer un déficit d'oxygène en fin de nuit), la croissance des poissons, la récolte au moment opportun, la production contrôlée d'alevins et la densité de peuplement. Ces tâches ne peuvent être assurées que par du personnel bien informé des principes écologiques et surtout bien entraîné pratiquement.

### 4.3. La pisciculture solaire

Par le fait qu'ils sont fondamentalement herbivores - microphages ou macrophages - les tilapias peuvent être considérés comme des utilisateurs primordiaux de l'énergie solaire dans les milieux naturels et dans les étangs d'élevage extensif et semi-intensif (Mac LARNEY, 1977; FERNANDO, 1983). Dans certaines piscicultures semi-industrielles africaines (Zambie), des aliments composés pour tilapias sont élaborés au départ des sous-produits agricoles de faible valeur, "complémentés" par des protéines de qualité fournies par des cultures d'algues unicellulaires en étangs spécialement aménagés.

Une autre application de l'énergie solaire à la pisciculture des tilapias consiste à élever ou plutôt à stocker ceux-ci dans des étangs sous serre en plastique ou en verre : cette technique est mise en oeuvre pour "hiverner" les tilapias géniteurs et des alevins en Israël et au Texas (CHERVINSKI et STICKNEY, 1981). Cette méthode simple est applicable non seulement aux régions méditerranéennes d'Afrique mais aussi aux régions d'altitude en zone tropicale et intertropicale.

La possibilité de produire des tilapias de manière intensive mais sans recourir à des effluents industriels ou à des sources géothermales pour fournir l'eau chaude fait l'objet depuis 1982 du projet PISCISOL - prototype de pisciculture solaire - développé au départ du projet "Tilapias Tihange", conjointement par notre laboratoire de l'Université de Liège et l'association Environnement et Progrès à Waremme, avec l'aide de la Région Wallonne (LIBOIS et al., 1984). PISCISOL (photos 4) est une unité pilote de pisciculture en circuit semi-fermé (capacité de 50 m<sup>3</sup> d'eau y compris les installations d'épuration) où les exigences thermiques de poissons tropicaux comme les tilapias (20-30 °C) sont satisfaites au moyen de techniques combinant :

- 1) l'isolation extérieure + le chauffage solaire passif (effet de serre) pour maintenir la température ambiante et
- 2) la récupération d'énergie + le chauffage solaire actif (capteurs à eau) pour amener à la température voulue (24-28 °C) le volume d'eau de puits (initialement à 8-12 °C) qu'il faut injecter chaque jour dans le circuit pour maintenir une qualité d'eau garantissant une bonne survie et croissance des poissons.

Les expériences réalisées avec *O. niloticus* et *T. rendalli* se sont révélées très positives au point de vue de la croissance et de la production, sans toutefois reproduire les résultats obtenus en eau courante industrielle au CERER-Tihange. Cette moindre efficacité n'est pas liée aux techniques solaires mais aux contraintes (distribution de nourriture limitée) du circuit fermé, initialement conçu pour l'élevage de petites quantités de poissons tropicaux de haute valeur. Toutefois, le prototype PISCISOL est remarquablement approprié au stockage de souches de tilapias, à la reproduction et à l'expérimentation sur la croissance et l'alimentation.

On rappellera qu'en Amérique du Nord, plusieurs projets de pisciculture solaire des tilapias ont été expérimentés (ZWEIG et al., 1981). Des perspectives encourageantes sont offertes par un système où des tilapias microphages et des algues unicellulaires sont élevés dans de grands bassins sous serre (BONDARI et al., 1983) ou dans des silos translucides (COSTA-PIERCE, 1982). La technologie de la pisciculture solaire des tilapias en circuit fermé est particulièrement intéressante pour les régions chaudes arides.



**Photo 4.** Vue extérieure de PISCISOL (photo Jacques LOUIS pour Environnement et Progrès).

## **5. CONCLUSION GENERALE**

Les prochaines décennies vont voir se multiplier toutes les formes de pisciculture du tilapia - depuis la pisciculture de subsistance améliorée jusqu'à la pisciculture industrielle utilisant les techniques les plus sophistiquées. Dans ces deux domaines, la Belgique a acquis historiquement une expérience certaine. Si les scientifiques et techniciens belges veulent continuer à participer activement aux développements de la "3e génération" en tilapiaculture, il est désormais devenu impérieux qu'ils s'organisent pour maintenir une activité de recherche de haut niveau et pour mieux valoriser leurs connaissances et leur savoir-faire dans les projets concrets de coopération avec les pays en développement.

## **6. BIBLIOGRAPHIE**

BALARIN, J.D. et J.D. HATTON, 1979.

Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa.

Unit of Aquatic Pathobiology, Univ, Sterling, Scotland, 174 p.

BALARIN, J.D. et R.D. HALLER, 1982.

The intensive culture of Tilapia in tanks, raceways and cages, pp. 265-355. In : J.M. MUIR and R.J. ROBERTS (Eds), Recent advances in aquaculture.

Westview Press, Boulder, Colorado.

BALARIN, J.D. et R.D. HALLER, 1983.

Commercial tank culture of tilapia, pp. 473-483. In FISHELSON, L. & Z. YARON, International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, Israël, 8-13 May 1983, Tel Aviv University, Tel Aviv, 624 pages.

- BARDACH, J.E., J.H. RYTHET et W.D. Mc LARNEY, 1972.  
 Aquaculture : The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms, Wiley-Interscience, New York and London, 868 pages.
- BROWN, E.E., 1983.  
 World Fish Farming : Cultivation and Economics (Second Edition).  
 AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, USA, 516 pages.
- CERES, 1984.  
 Le tilapia croît et se multiplie.  
CERES, 17 (4) : 40-100.
- CHEN, T.P., 1976.  
 Aquaculture practices in Taiwan. Fishing News Books.  
 Ltd., Farnham, Surrey, England.
- CHERVINSKI, J. et R.R. STICKNEY, 1981.  
 Overwintering facilities for tilapia in Texas.  
Prog. Fish-Cult., 43 (7) : 20-21.
- COCHE, A.G., 1982.  
 Cage culture of tilapias, pp. 205-246. In PULLIN, R.S.V. & R.H. LOWE-McCONNELL, The biology and culture of tilapias, ICLARM Conference Proceedings 7 (Bellagio, Italy, 2-5 septembre 1980), 435 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- COSTA-PIERCE, B.A., 1982.  
 Construction and use of free-standing solar silos as combined mass algal fish culture.  
Aquacult. Eng., 1 (4) : 239-244.
- DAMBACH, M. et I. WALLERT, 1966.  
 Das Tilapia-Motiv in der altägyptischen Kunst.  
Chronique d'Égypte, 49 : 273-294.
- DE BONT, A.F., 1948.  
 Fish farming in the Belgian Congo.  
Nature, 162 : 998-999.
- DE BONT, A.F., 1950.  
 La reproduction en étangs du *Tilapia melanopleura* (Dum) et *macrochir* (Blgr.). Compte rendu de la Conférence piscicole Anglo-belge, 1949, Communication n°8 : 303-312.
- DE BONT, A.F., C.P. HALLAIN, M. HUET et A. HULOT, 1948.  
 Premières directives pour l'élevage des poissons en étangs au Katanga.  
 Publ. Dir. Agr. et Elev. Min. Colonies, Bruxelles, 24 pp.
- FERNANDO, C.M., 1983.  
 Zooplankton and fish production, with special reference to the tilapias, pp. 95-104. In FISHELSON, L. & Z. YARON, International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, Israël, 8-13 May 1983, Tel Aviv University, Tel Aviv, 624 p.
- FISHELSON, L. et Z. YARON, 1983.  
 International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, Israël, 8-13 May 1983, Tel Aviv University, Tel Aviv, 624 p.



- GOSSE, J.P., 1963.  
Le milieu aquatique et l'écologie des poissons dans la région de Yangambi.  
Ann. Mus. R. Afr. Cent. (Sér. 8 Sci. Zool.), 116 : 113-249.
- HALAIN, C.P., 1972.  
La lutte contre le faim dans le monde. Déficit protéique et pisciculture.  
Monographie. Document du CEDESA (Centre de documentation économique et sociale africaine, Bruxelles), fasc. 3 : 65 p.
- HUET, M., 1957.  
Dix années de pisciculture au Congo belge et au Rwanda-Urundi :  
Compte rendu de mission piscicole. Station de recherches des eaux et  
Forêts, Groenendaal, 154 p.
- HUET, M. et J.A. TIMMERMANS, 1970.  
Traité de pisciculture, Editions Ch. de Wyngaert, Bruxelles, 718 p.
- KIRK, R.G., 1972.  
A review of recent developments in Tilapia culture, with special  
reference to fish farming in the heated effluents of power stations.  
Aquaculture, 1 (1) : 45-60.
- LAUENSTEIN, P.C., 1978.  
Intensive culture of tilapia with geothermally heated water, pp. 82-85.  
In : SMITHERMAN R.O., W.L. SHELTON, & J.H. GROOVER (Eds).  
Culture of exotic fishes symposium proceedings. Fish Culture section,  
American Fisheries Society, Auburn, Alabama, USA.
- LIAO, I-Chiu, 1983.  
Status and prospects of tilapia culture in Taiwan, pp. 588-598. In :  
FISHELSON, L. & Z. YARON, International Symposium on Tilapia in  
Aquaculture, Nazareth, Israël, 8-13 May 1983, Tel Aviv University, Tel  
Aviv, 624 p.
- LIBOIS, M., J.C. PHILIPPART et C. LOMBARD, 1984.  
Dossier de présentation du projet PISCISOL : Unité pilote de pisciculture  
solaire. Environnement et Progrès, Waremme, 17 p.
- LOWE-McCONNELL, R.H., 1982.  
Tilapias in fish communities, pp. 83-113. In : PULLIN, R.S.V. & R.H.  
LOWE-McCONNELL. The biology and culture of tilapias. ICLARM  
Conference Proceedings 7, 432 p. International Center for Living Aquatic  
Resources Management, Manila, Philippines.
- Mc LARNEY, W.O., 1977.  
The why of cultivating fish.  
The Commercial Fish Farmer, 4 (1) : 23-24.
- MELARD, Ch., 1986.  
Recherches sur la biologie d'*Oreochromis niloticus* (*Tilapia*) *niloticus*  
L. (Pisces Cichlidae) en élevage expérimental : reproduction, croissance,  
bioénergétique.  
Cah. Ethol. Appl., 6 (3) : 224 p.

- MELARD, Ch. et J.C. PHILIPPART, 1981a.  
Pisciculture intensive du Tilapia *Sarotherodon niloticus* dans les effluents thermiques d'une centrale nucléaire en Belgique, pp. 637-658.  
In : Proceedings world symposium on aquaculture in heated effluents and recirculation systems, Stavanger (Norway), 28-30 May 1980, Vol. 1, Berlin.
- MELARD, Ch. et J.C. PHILIPPART, 1981b.  
La production de tilapia de consommation dans les rejets industriels d'eau chaude en Belgique.  
Cah. Ethol. Appl., 1 (suppl. 2) : 7-122.
- MICHA, J.C., 1974.  
La pisciculture africaine. Espèces actuelles et espèces nouvelles, pp. 163-195. In : J.C. RUWET (Ed.), Zoologie et Assistance technique, FULREAC Université de Liège, 381 p.
- ORBAN, L., 1984.  
Les installations de récupération de la chaleur à la centrale électrique de Tihange (près de Huy, Belgique) au service de l'horticulture et de la pisciculture.  
Bull. soc. géographique de Liège, 20 (20), octobre 1984 : 87-97.
- PHILIPPART, J.C., 1980.  
Pré-étude sur la pêche et la pisciculture en Haute-Volta.  
Partim Pisciculture, pp. 49-97, CECODEL Ulg - FUL, 129 p.
- PHILIPPART, J.C., 1981.  
L'élevage des poissons dans les eaux chaudes industrielles.  
Demain (Etude et Expansion), 290 : 641-653.
- PHILIPPART, J.C., 1986a.  
Les espèces et les nouvelles techniques. Communication au Colloque "Développement et valorisation de la pisciculture en Région Wallonne : Demain... la pisciculture" tenu à Binche le 13 octobre 1986 (sous presse).
- PHILIPPART, J.C., 1986b.  
Tilapias : vers la pisciculture des années 2000. Préface de l'étude de Ch. MELARD : Recherches sur la biologie d'*Oreochromis niloticus* (*Tilapia*) *niloticus* L. (Pisces Cichlidae) en élevage expérimental : reproduction, croissance, bioénergétique.  
Cah. Ethol. Appl., 6 (3) : 224 p.
- PHILIPPART, J.C. et Ch. MELARD, 1980.  
Belgian power plant heats tilapia tanks.  
Fish. Farming Int. (U.K.), 7 : 14-15.
- PHILIPPART, J.C. et J.C. RUWET, 1982.  
Distribution and ecology of tilapias, pp. 15-59. In : PULLIN, R.S.V. & R.H. LOWE-McCONNELL, The biology and culture of tilapias, ICLARM Conference Proceedings 7 (Bellagio, Italy, 2-5 septembre 1980), 435 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- PULLIN, R.S.V. et R.H. LOWE-McCONNELL, 1982.  
The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, 432 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

- RUWET, J.C., 1962.  
La reproduction des *Tilapia macrochir* Blgr. et de *T. melanopleura* (Dum) (Pisces Cichlidae) au lac de barrage de la Lufira (Katanga).  
Rev. Zool. et Bot. africaines, LXVI (3-4) : 243-271.
- RUWET, J.C., 1963.  
Observations sur le comportement sexuel de *Tilapia macrochir* Blgr. (Pisces Cichlidae) au lac de retenue de la Lufira (Katanga).  
Behaviour, XX (3-4) : 242-250.
- RUWET, J.C., 1968.  
Familial behaviour of tilapia (Pisces : Cichlidae) and its implications.  
Nature, 9 : 977.
- RUWET, J.C., 1981.  
Etude et culture des Tilapias ou les leçons de l'histoire exemplaire d'une domestication (Préface à l'article de MELARD et PHILIPPART, 1981b).  
Cah. Ethol. Appl., 1 (suppl. 2) : 1-6.
- RUWET, J.C., J.C. PHILIPPART, Ch. MELARD et D. BISSCHOPS, 1983.  
Scénario et commentaire du film "Etude et culture des tilapias : Histoire d'une domestication".  
Cah. Ethol. Appl., 3 (1) : 115-130.
- RUWET, J.C. et J. VOSS, 1974.  
Etude et Culture des Tilapia, pp. 197-228. In J.C. RUWET (Ed.), Zoologie et Assistance technique, FULREAC Université de Liège, 381 pages.
- RUWET, J.C., J. VOSS, L. HANON et J.C. MICHA, 1976.  
Biologie et élevage du tilapia, pp. 332-364. In : Symposium on aquaculture in Africa, CIFA Tech. Pap., 4 (suppl. 1) : 791 pages.
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.F., 1963.  
La distribution géographique des Tilapia au Congo.  
Bull. Acad. Roy. Sc. Outre-Mer (N.S.), 9 : 570-605.
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.F., 1964.  
Révision systématique des espèces congolaises du genre Tilapia (Pisces Cichlidae).  
Ann. Mus. R. Afr. Centrale, série n°8, Zoologie, 1-115.
- TREAWAWAS, E., 1982.  
Tilapias : Taxonomy and Speciation, pp. 3-13. In : PULLIN, R.S.V. et R.H. LOWE-McCONNELL, The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, 432 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- VINCKE, P., 1985.  
La pisciculture de *Tilapia nilotica* (= *Sarotherodon niloticus*) dans les eaux continentales de Côte d'Ivoire.  
Tropicultura, 3 (3) : 93-103.
- VINCKE, P. et J.C. PHILIPPART, 1984.  
Mission d'évaluation de la pisciculture en République populaire du Bénin. Université de Liège, Centre de Coopération au Développement (CECODEL), 132 pages + annexes.

VOSS, J., 1969.

Contribution à l'éthologie des poissons Cichlides : *Tilapia zillii*  
(Gervais 1848).

Rev. Zool. Bot. Afric., 79 : 99-109.

VOSS, J., 1980.

Color patterns of african Cichlids.

T.F.H., New Jersey, 126 p.

ZWEIG, R.D., J.R. WOLF, J.H. TODD, D.G. ENGSTROM et A. DOOLITTLE,  
1981.

Solar aquaculture : an ecological approach to human food production,  
pp. 210-226. In : A.J. ALLEN & E.C. KINNEY (Ed.). Proceedings of the  
bio-engineering symposium for fishculture. Fish culture section of the  
American Fisheries Society, Publ. 1, 307 p.