Nfe 88 0091

Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux
10, rue Pierre Curie - 94704 Maisons-Alfort Cedex

D.E.S.S. DE PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

Bibliothèque de l'I.E.M.V.T.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

ELEVAGE DU TILAPIA DANS LA BANDE INTERTROPICALE

par

Brigitte REVOL

et Eric DAVID

Session 1987-1988

9201

ELEVAGE DU TILAPIA DANS LA BANDE INTERTROPICALE

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

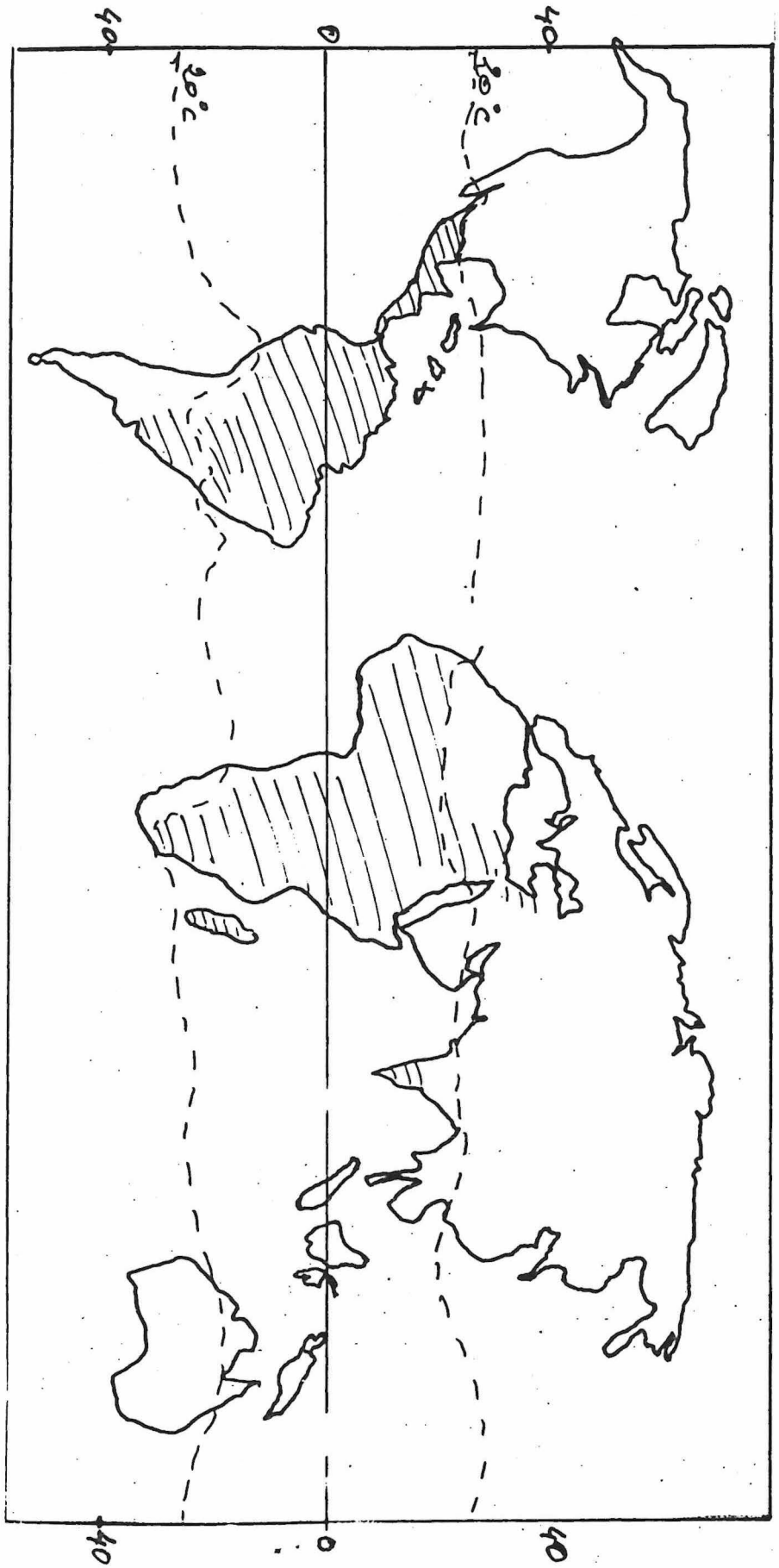
Sous le terme générique "Tilapia" est regroupé un grand nombre d'espèces appartenant, dans la classification actuelle à trois genres désormais bien définis (Oreochromis, Sarotherodon et Tilapia proprement dit).

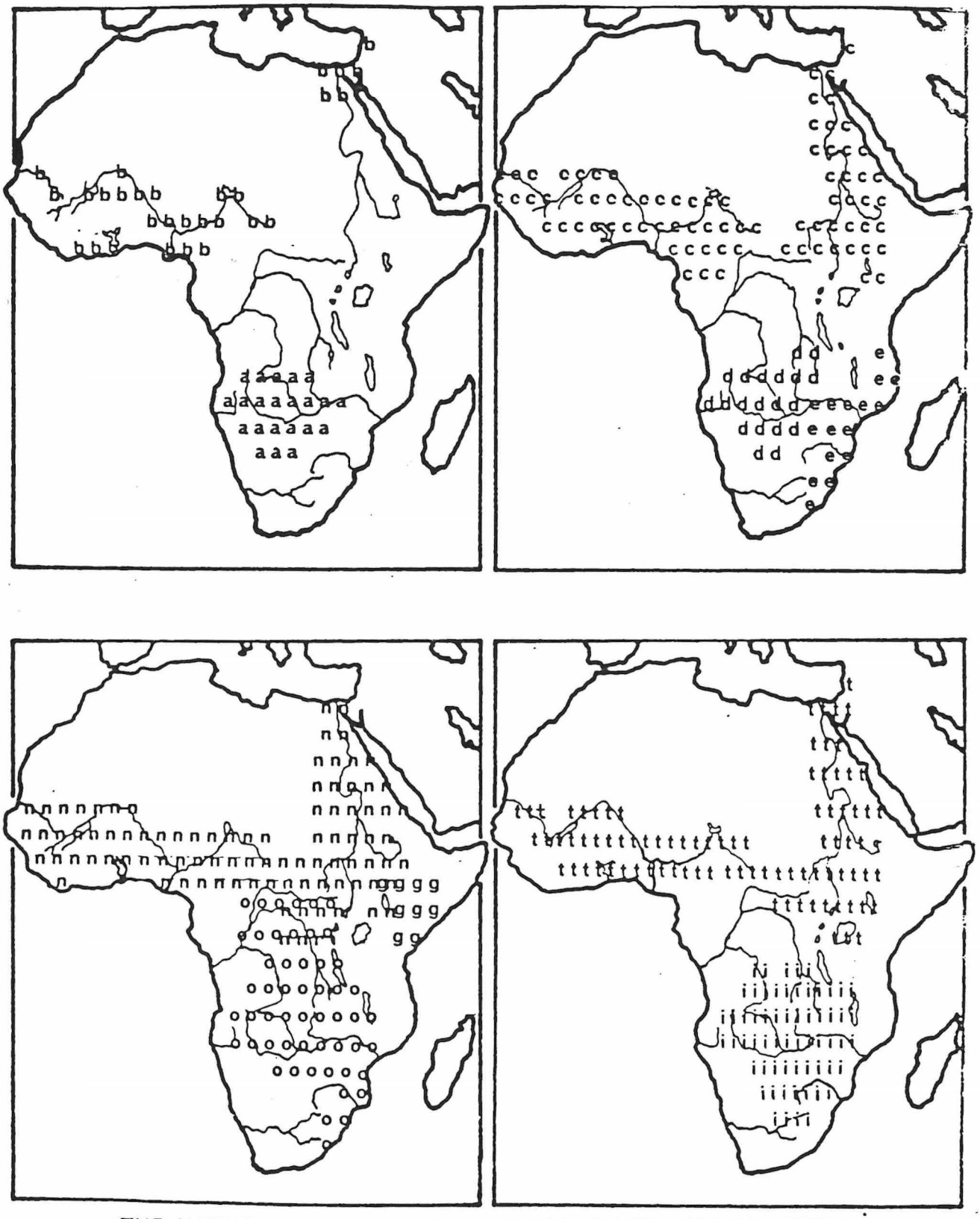
Des fossiles de certaines espèces, datés de 18 millions d'années ont été dégagés près du lac Victoria. Aux origines de la civilisation humaine, des témoignages de la connaissance et même de la domestication du Tilapia nous sont parvenus. Ainsi retrouve-t'on dans plusieurs temples égyptiens des peintures représentant l'espèce aujourd'hui la plus prometteuse en élevage piscicole: Oreochromis Niloticus.

Géographiquement, ces poissons, autrefois concentrés dans les grands lacs de l'Afrique Centrale et de l'Afrique de l'Est (ainsi que dans le Nil pour O. Niloticus), ont essaimé dans toute la bande intertropicale mondiale et même au-delà (USA, Israël, Japon). Le succès de sa généralisation dans les eaux chaudes est dû à des facteurs accidentels aussi bien qu'à ses qualités intrinsèques. On pense notamment que tout le peuplement indonésien s'est fait à la faveur de quelques individus d'Oreochromis Mossambicus échappés d'un aquarium et qui auraient remonté les cours d'eau. Sa capacité d'adapta-

tion assez extraordinaire à d'autres conditions que les siennes originelles, sa prolificité, sa résistance, ont permis au Tilapia de se répandre en Amérique latine (Mexique, Brésil, Colombie, Nicaragua...), au Proche Orient, dans tout le Sud-Est asiatique et dans certains pays tempérés interessés par son étude (France, USA, RFA). Cette dissémination n' est pas d'ailleurs sans poser aujourd'hui quelques problèmes pour savoir, au départ, sur quelle population le pisciculteur travaille. En outre, l'espèce principalement impliquée fut longtemps O. Mossambicus car dès le départ la plus étudiée et généralisée. Mais les qualités qui ont permis une telle explosion ne représente plus, pour le pisciculteur disposant de méthodes modernes, ce qu'on recherche en terme de rentabilité d'élevage. Ainsi a-t-il été peu à peu remplacé par d'autres espèces telles que Tilapia Rendalli, T. Zillii, Oreochromis Aureus et surtout aujourd'hui O.Niloticus.

REPARTITION DES TILAPIAS DANS LE MONDE





THE NATURAL DISTRIBUTION PATTERN OF TILAPIA IN AFRICA

(*Sarotherodon* and *Tilapia* species)

a *S. andersonii*

b *S. aureus*

c *S. galilaeus*

d *S. macrochir*

e *S. mossambicus*

n *S. niloticus*

g *S. spilurus niger*

o *T. rendalli*

i *T. sparrmanii*

t *T. zillii*

1) LE TILAPIA DANS SON MILIEU NATUREL

Plusieurs paramètres de la biologie du Tilapia permettent d'expliquer sa capacité de diffusion dans des milieux variés:

A) MILIEU NATUREL

Le Tilapia est au départ un poisson d'eau douce ou saumâtre de régions chaudes.

Les températures de son milieu naturel dépassent 20 ° mais il peut supporter des écarts importants variables selon les espèces.

Par exemple: Température optimale pour O. Mossambicus: 20 à 35° mais ses températures léthales sont en fait de 8 à 39°.

ESPECE	TEMPERATURE LETHALE MINIMUM	MAXIMUM
O.Aureus	3-9°C	
O.Grahami	10-12°C	
S.Galileus	8-9°C	
O.Macrochir	12-13°C	
O.Mossambicus	5,5-10°C	38-42°C
O.Niloticus	8-10°C	
T.Rendalli	8-13°C	37-42°C
T.Zillii	7-9°C	
O.Spilurus	8°C	
O.Hormonum * O.Niloticus	12-13°C	

Les Tilapias sont en majorité des poissons d'eau douce. En fonction du biotope d'origine, on pourrait s'attendre à des tolérances à la salinité de l'eau relativement faibles. en fait, parmi ces espèces d'eau douce, certaines apparaissent particulièrement résistantes comme O.Mossambicus, qui peut supporter des concentrations en sel équivalentes à plus de deux fois le milieu marin, ou S.Andersonii qui ne meurt que dans un milieu quasi-marin.

D'autres espèces sont notoirement moins résistantes, telles O.Niloticus ou O.Aureus et surtout leurs hybrides.

Un facteur fondamental reste l'accomodation au milieu. Si on passe avec transitions d'un milieu d'eau douce à un milieu plus salé (par exemple en période estivale où l'évaporation de l'eau concentre le milieu), la résistance du Tilapia suit et peut se maintenir indéfiniment (cas des espèces transposées en milieu saumâtre ou marin)

Il existe également des espéces adaptées à l'eau saumâtre comme T.Guinéensis ou S.Melanotherodon qui, elles s'accomodent mal de l'eau douce.

Enfin on remarquera que O.Mossambicus a une croissance supérieure dans une eau à concentration saline moitié de l'eau de mer par rapport à de l'eau douce, qui reste pourtant son biotope d'origine.

TABLEAU DES SALINITES EN MILIEU NATUREL

ESPECE	SALINITE LETHALE	SALINITE SUPPORTEE (sans croissance)
S.Andersonii	26-33 %.	
O.Aureus		41-45 %.
S.Galileus		13,5-21 %.
O.Macrochir		13,5-20 %.
O.Mossambicus	69 %.	
O.Niloticus	12,5 %.	
T.Rendalli	19 %.	13,5 %.
T.Zillii		39 %.
O.Aureus * O.Niloticus	22-23 %.	18 %.
Red Tilapia		35 %.

ESPECE SALINITE SALINITE

CARACTERISTIQUES DES PRINCIPALES ESPECES DE TILAPIAS UTILISEES EN ELEVAGE

SPECIES	AVAILABILITY	FOOD HABITS	GROWTH	REPRODUCTION AND TEMPERAMENT
Sarotherodon mossambicus (Java tilapia)	Indigenous to East and Southern Africa as far south as Natal. Mainly confined to lower Zambezi R. and coastal lagoons. Cultured widely in S.E. Asia, Near East, Southern Africa; experimentally in Japan, Latin America, USA and Russia.	Adults omnivorous though mainly feed on plankton, vegetation and bottom Algae. First feed at 6 - 9mm. Juvemiles (below 5cm) feed entirely on zooplankton. 5 - 7cm fish are plankton feeders: diatoms, green Algae, small crustaceans and readily take artificial foods.	Males grow faster than females; growth 150 - 350 g/year in freshwater and up to 450 g/year in brackish water. Maximum size in wild 1.7Kg (36cm) but stunting occurs in ponds.	Monogamous mouth broader. Matures at 2 - 3 months in ponds, 6 - 9 months in wild. Male constructs 30 - 35cm saucer shaped nest in 30 - 90 cm water. Female broods eggs (extraorally fertilized); hatch 2 - 3 days emerge 5 - 8 days, staying with parent 3 - 6 weeks. Spawn 6 - 11 times/year every 22 - 40 days. (somewhat aggressive).
Sarotherodon niloticus (Nile tilapia)	In freshwater from Syria, through Egypt all East Africa to Zaire and West Africa. Also found in brackish waters. Has been as widely distributed as *S. mossambicus* and rapidly becoming one of commonly cultured species in Africa, Israel, Thailand.	Omnivorous but mainly feeds on phytoplankton; can use blue-green Algae. Feeds also on benthic fauna and soft deposits. Fish of below 6cm generally have a more diverse food spectrum. Adults readily take pelleted food.	Males grow 2 - 5 times faster than females. Achieve 18 - 20 cm/year in Sudan; 120 - 200 g in 4 months in cages in Ivory Coast. Maximum size in wild 50cm (2.5Kg).	Mature in ponds at 4 - 5 months(10 - 17cm) and in wild at 20- 39 cm. 2 or 3 hollow nests are made and female produces 1500 -2000 eggs at a time, spawning at least 3 times/year. (somewhat aggressive to other species).
Sarotherodon spilurus nigrus	Indigenous to the Athi and Tana rivers in East Africa. Introduced to various parts of Africa and cultured in Kenya, Zaire, Uganda, Mozambique but results disappointing.	Omnivorous grazer, feeds on epiphytic, epilithic and filamentous Algae and benthic organisms but not on higher plants.	Grows rapidly in the early stages (4 - 5cm/month for 3 - 4 months). Males grow faster than females and at 4 - 5 months (10cm) are 2cm larger than females. Maximum size obtained is 1Kg (38cm).	Spawn at 4 months (11-16cm) and at 3 monthly intervals thereafter if conditions are suitable.
Tilapia rendalli	Indigenous from Senegal to Natal. Successfully introduced and cultured in several Asian and American countries. Cultured in mixed culture with *S. macrochir*.	Adults feed exclusively on higher plant. Fry (below 5cm) feed on zooplankton and phytoplankton, eat more plant material at 5 - 7cm and thereafter 90% of diet is filamentous Algae and higher plants. Fry above 4cm take artificial feeds.	Reaches 5 - 6cm in 6 weeks and grows 100 - 150g/year Maximum size attained in the wild is 1.3Kg (40cm).	Monogamous substrate spawner. Mature in 7 months (12cm), spawning at 6 - 7 weeks intervals (4 - 8 times/year) provided temperature is above 21°C. Males make a nest of 5 - 10 holes of 10cm diameter in 10 - 100cm of water. 1000 - 6000 eggs are laid at one time in one hole and moved by female from hole to hole. Hatch in 15-20 days, cared for for 2 - 3 weeks (aggressive).
Tilapia sparmanii	Ranges from East Africa south of equater to South Africa. Cultured in South Africa and experimentally in Japan mainly as a forage fish.	Juveniles (below 6cm) feed on zooplankton, gradually changing to eating benthic deposit and vegetation. By 10cm are mainly phytophagous.	Seldom exceed 100g though a maximum size of 300g (27cm) has been recorded.	Mature at 8cm. Lay 3300 eggs at a time in one or more saucer shaped nests. Male guards the eggs. (highly aggressive).
Tilapia zillii	Widely distributed throughout Africa north of equator and across to Jordan and Syria. Successfully introduced into south USA and Malaysia.	Strictly phytophagous, feeding on leaves and stems of rooted aquatic vegetation and their associated epiphytic Algae. Readily adapts to artificial feeding.	Males generally grow 35% faster than females. Can grow 10cm in 3 months and have reached 26 - 29cm (300 - 450g) in a year. Maximum size 3Kg (35cm).	Mature in 2nd year (25 - 27 cm) in wild but in 3 - 5 mon months (20 - 50g) in ponds. Saucer shaped nest 20 - 25c diameter, 5 - 8cm deep. 7000 eggs laid per spawning 6 spawnings/year. Eggs guarded by female. Larvae are attached to substrate for 3 - 5 days, cared for by female.

SUITE :

SPECIES	AVAILABILITY	FOOD HABITS	GROWTH	REPRODUCTION AND TEMPERAMENT
Sarotherodon andersonii	Distributed throughout Central West Africa. Cultured in Katanga and Zambia.	Adults tend to be omnivorous; fry below 5cm feed mainly on zooplankton turning more to phytoplankton at 7cm. Also take benthic organisms.	Maximum size is 0.7Kg (36cm); generally grow 200-225 g/year in ponds but may grow as much as 120g in 2 months.	Male constructs a 18 - 60cm saucer shaped nest in 30 -45 cm water. Mature at 12 - 15 months (15-21cm). Female lays 300-700 eggs, spawning only at temperatures above 21°C. Broods the eggs for 2-3 weeks and cares for young for 5 - 6 weeks.
Sarotherodon aureus	Widely distributed from Israel to Uganda and across Africa to Senegal. Experimentally cultured in Alabama, S. USA and Israel	Adults onmivorous. Fry below 5cm feed on cladocerons but fish larger than 2cm eat filamentous Algae , rotifers etc and take supplementary foods, e.g. oil cake.	Male grows faster than female attaining a maximum size of 31.5cm.	Mature at 13.5 - 16cm in 2nd year in wild, at 7.6cm in ponds Eggs laid in strands, 300-400 incubated at a time; hatch in 7-8 days. Both parents may brood young 8-10 days. Spawning can occur every 4-9 weeks. (aggressive).
Sarotherodon galilaeus (Galilee cichlid)	Widespread from Galilee and Jordan R. to Senegal and throughout Central Africa to the Nile. Cultured widely in North Central Africa and Israel.	Entirely planktonophagic. Filter-feeds on Algae including epilithic Algae and make use of supplementary foods.	Grow between 0.5 - 3 g/d reaching maximum of 0.8Kg (40cm). Male growth distinctly superior to female.	Mature at 12 - 16cm (80g). Both sexes make nests and brood young. About 5000 eggs/year, 150 - 1100 incubated at a time. Hatched fry are carried for 10 - 15 days.
Sarotherodon macrochir (Green headed bream)	Native to South Central Africa, Zaire to South Africa. Cultured mainly with *Tilapia rendalli* in Zaire, Rhodesia and Malagasy Republic.	Young feed on zooplankton and phytoplankton. Adults generally phytoplanktophagous, feeding almost entirely on planktonic and epiphytic Algae. Fish above 4 -cm readily take artificial feeds. At 12cm can take 70% of diet as artificial food.	Males grow 1.4 times faster than females, reaching 6 - 7 cm in 6 weeks and 14cm in 6 months. Generally gain 150 - 200 g/year in ponds. Maximum size 1.2Kg (40cm).	Mature at 10 - 20cm (8-12 months). Lay 1000 - 1500 eggs at a time, spawning at 4 - 5 week intervals and 6 - 11 times/year. Nests 50 - 300cm in diameter, raised centre, in 30 - 150cm water. Egg laid in strands, fertilized and buccal incubation 5 days and cared for for 2 - 3 weeks. (Non-aggressive).

B) REGIME ALIMENTAIRE

La majorité des Tilapia à l'état adulte sont omnivores et quelques espèces se développent avec un régime exclusivement phytophage. Ainsi O.Mossambicus se nourrit de plantes, de petite végétation et d'algues; O.Niloticus se nourrit surtout de phytoplancton mais peut utiliser des algues bleues et vertes; T.Rendalii, par contre, se nourrit exclusivement de plantes supérieures.

Ceci est particulièrement intéressant car le nombre d'espèces végétariennes parmi les poissons est très faible.(cf II)

Les juvéniles se nourrissent sur zoo ou phytoplancton. Ex: à une taille inférieure à 5 cm, S.Andersonii se nourrit sur zooplancton, puis sur phytoplancton quand sa taille passe de 5 à 7 cm. O.Aureus s'alimente d'algues filamenteuses, de rotifères,...

C) COMPORTEMENT GENERAL

Avant la période de ponte, les Tilapia manifestent un instinct grégaire en constituant des groupes isolés, organisés et importants. Le jour, ils cherchent leur nourriture ou restent en groupe autour de protections telles que racines, rondins de bois, populations herbacées...S'il existe plusieurs espèces différentes ensemble, elles bougent et se nourrissent de façon synchrone, manifestant ainsi un compor-

tement mimétique.

A l'intérieur de ces groupes se forme une hiérarchie tenant compte de la taille et du poids des individus mais pas exclusivement. On a pu mesurer expérimentalement les structures de dominance par des comportements type poisson mordeur ou menaçant de morsure par rapport aux poissons mordus ou menacés de morsure. Ainsi existe la plupart du temps un individu dominant, très peu menacé et contrôlant seulement deux ou trois autres poissons dominants. Ce second étage domine lui même un troisième étage ... mais de moins en moins nettement au fur et à mesure qu'on descend la hiérarchie, c'est à dire que l'acte de dominance devient de moins en moins unilatéral. Cette structure ne dépend pas du sexe en dehors de la période de ponte, mais on remarque que les mâles, ayant des croissances en taille généralement plus fortes que les femelles, sont le plus souvent aux premiers postes de dominance.

Ce mode de vie ainsi que les habitudes de reproduction ont leur importance en élevage.(cf II)

D) COMPORTEMENT EN PERIODE DE REPRODUCTION

En période de reproduction, déterminée en particulier par la température de l'eau, le groupe se fractionne, cherche des sites spécifiques,la couleur des individus change,une séparation morphologique et comportementale s'installe entre

les sexes. L'aggressivité inter-individuelle augmente ainsi que, pour les espèces vivant en couples unis, l'aggressivité vis à vis de la communauté.

En période de ponte, les femelles portant les oeufs sont moins attaquées que les autres individus correspondant à leur position hiérarchique. Ces comportements sociaux permettent d'employer ainsi le moins d'énergie possible pour produire des juvéniles.

Le mode comprtemental des "Tilapia" en période reproductive a déterminé leur classification en trois genres.

Les trois genres construisent un nid au fond des étangs et la femelle vient y déposer ses oeufs; mais, alors que le genre Tilapia laisse éclore les oeufs au fond (BOTTOM BROODER), les genres Oreochromis et Sarotherodon protègent et incubent les oeufs dans leur bouche (MOUTH BROODER) après fécondation, la femelle pour Oreochromis; le mâle ou la femelle pour Sarotherodon. Le parent qui incube les oeufs ne se nourrit pas pendant cette période ni aux premiers stades larvaires, d'où une moindre croissance par rapport aux autres individus. Un courant d'eau, passant continuellement dans la bouche, baigne les oeufs et assure leur bon développement. Après les premiers stades larvaires, les alevins sortent de la bouche (la durée du mooth-brooding dépend des espèces; voir tableau p.14) du parent protecteur mais restent autour de lui. Si un danger se présente, ils reviennent momentanément dans la bouche parentale. Cette capacité est gardée deux

ou trois semaines après le mooth-brooding.

Le comportement sexuel permet aussi une différenciation: le genre Tilapia étant monogame et oreochromis polygame (chez O. Aureus existe même une polyandrie, la femelle passant de mâle en mâle pour féconder ses oeufs). Sarotherodon est, quant à lui, monogame ou polygame selon les conditions.

Chez T.Zillii, monogame permanent, et S.Galileus, monogame transitoire, l'aggressivité du couple devient très forte et leur territoire doit être important en volume. Par contre chez O.Niloticus ou Aureus, la formation de couples et la fertilisation peuvent se faire entre de nombreux mâles et femelles et les territoires se cantonnent à l'aire du nid.

PRINCIPALES DIFFERENCES ENTRE MOOTH-BROODERS ET BOTTOM-BROODERS

2 modes principaux de Reproduction

oeufs conservés dans la bouche (Sarotherodon)	oeufs pondus dans le milieu ext (Tilapia)
1) petit nbre d'oeufs (± 700)	- gd nbre d'oeufs (± 7000)
2) oeufs jaune opaque forme d'un grain de mil (2,2 x 3 mm) Pas de couche ext. gélatineuse	- oeufs vert olive 1,5 mm Ø couche ext adhésive
3) Seul le ♂ se colore et délimite un territoire dans lequel il fait le nid.	- les 2 sexes se colorent et construisent le nid
4) Période prénuptiale courte	- Période prénuptiale longue
5) ♂ polygame, utilise le nid comme un site temporaire pour la fécondation des oeufs	- Monogame - couple stable -
6) ♀ garde les oeufs en bouche pendant 20-30 j.	- les 2 parents restent pour garder les oeufs et les alevins - Eclosion ap. 2-3 j: Alevins abandonnés par parents ap. 45-50 j:
7) moins d'oeufs produits, mais chaque oeuf contient + de jaune	
8) meilleure survie des jeunes grâce aux soins parentaux	- + de mortalité dans les 1ers stades du développement - Moins de soins parentaux.

II) INTERETS DE L'ELEVAGE DU TILAPIA

A) CHOIX DU POISSON DE PISCICULTURE

Le choix d'un poisson de pisciculture dépend évidemment du but même de l'exploitation. Il existe des pisciculture intensives, semi_intensives, extensives, pour des productions spécifiquement piscicoles ou dans des élevages intégrés dont la finalité premiéère n'est pas la production du poisson. Mais en général une exploitation rationnelle du milieu réclame toujours les mêmes qualités générales des poissons, à savoir:

_ QUALITE DE LA CHAIR: elle fait du poisson un produit final de consommation, apprécié pour ses qualités nutritives et sa flaveur.

_ RUSTICITE: pour une adaptation à des conditions d'élevage variées.

_ FACILITE DE MANIPULATION: diminuant les facteurs de stress et permettant notamment le transport.

_ REPRODUCTION FACILE: permettant un autorenouvellement et un bon rendement de l'exploitation.

_ CROISSANCE RAPIDE: cette notion est à relativiser chez les poissons qui, s'ils sont d'excellents transformateurs en terme de quotient nutritif, ont des gains moyens quotidiens assez faibles.

_ ALIMENTATION ECONOMIQUE: elle sera conditionnée surtout par la longueur de la chaine alimentaire aboutissant à l'espèce élevée. Les poissons à longue chaine faisant figure de "poissons de luxe".

B) REPONSE DU TILAPIA AUX CRITERES DE CHOIX

B-a) CHAINE ALIMENTAIRE

Les chercheurs s'intéressèrent très tôt à ce qui reste la qualité majeure du Tilapia: sa courte chaine alimentaire. Seules dans le monde certaines carpes sont capables de rivaliser avec le Tilapia dans ce domaine.

De nombreux essais ont été réalisés sur les capacités omnivores des Tilapias. Il se trouve, qu'à part T.Zillii qui est strictement phytophage, les Tilapia digèrent de nombreuses formes de matière organiques: algues bleues, algues vertes, bactéries, aggrégats détritiques aussi bien que des sous_produits variés de l'agriculture et de l'élevage (liste non exhaustive p.18).

Mais ceci, bien que montrant la grande facilité de ces poissons à transformer des aliments peu nobles, ne suffit pas encore à expliquer pourquoi les Tilapias restent les poissons les plus productifs du monde (à part peut-être certaines espèces de Carpes herbivores). Les hypothèses tendent à mon-

trer que, dans les conditions tropicales et équatoriales, la production de zooplancton (consommé surtout ou exclusivement par les juvéniles et qui est faible par rapport aux conditions tempérées) est utilisée plus efficacement et avec de plus hauts rendements par les Tilapias, ce qui assure, dans le cadre de l'élevage, un pourcentage de survie élevé, rattrappant le faible nombre d'oeufs par femelle et par ponte, associé avec des gains moyens quotidiens importants tant quantitativement que qualitativement à ce stade critique de tout élevage piscicole.

D'autre part les blooms d'algues, fréquents dans les condititons intertropicales et très rapides dés que les facteurs de milieu s'y prêtent, diminuent la production de zooplancton. Les juvéniles phytoplanctonophages de Tilapia seront favorisés par rapport aux juvéniles d'autres espèces piscicoles, la plupart du temps zooplanctonophages sinon se nourrissant d'organismes supérieurs.

En ce qui concerne l'alimentation inerte à partir de sous-produits divers, on constate que les Tilapias sont d'excellents transformateurs . Les indices de consommation, faisant le rapport entre la quantité d'aliments ingérés par quantité de poisson vif produit, sont frequemment inférieurs à 2,5 , on cite pour Taiwan des IC de 1,2-1,4. Dans les cas extrêmes où les individus se nourrissent en partie sur la phytomasse de leur milieu les IC, bien entendu faussés peuvent descendre en dessous de 1. Ces chiffres restent comparables voire supérieurs aux IC des poulets de chair ,réputés

pour être les meilleurs en ce domaine parmi les espèces domestiques terrestres.

DIFFERENTS PRODUITS OU SOUS-PRODUITS UTILISABLES POUR L'ALIMENTATION DES TILAPIAS

ESPECES STRICTEMENT HERBIVORES	ESPECES OMNIVORES	
PLANTES IMMERGEES OU SEMI-IMMERGEES	Déchets céréaliers	Déchets rizerie
	sons de céréales	Pulpe Café
Characeae	Tourteau Baobab	Pomme de Terre
Chlorophyeae		
Conjugatae	Tourteau Coprah	Déchets Igname
Hydrilla		
Lagerosiphon	Tourteau Coton	Pelures Igname
Leesia		
Potamogeton	Graines Coton	Fruits divers
Sparganium		
Lemnia	Maïs	Déchets Canne à
	(toutes formes)	sucre
PLANTES CONSOMMEES JEUNES	Soja	Cucurbitaceae
	(toutes formes)	
		fumier Volaille
Ceratophyllum	Coques Arachide	
Cyperus		Lisier
Echinochlon	Tourteau Arachide	
Fimbristylis		Restes cuisine
Nymphaeaceae	Déchets Cacao	
Pistia		Légumes
Scripus	Pulpe Cacao	
Typha		Déchets Banane
Vallisineria	Manioc	
		Termites
	Déchets Choux	
		Mauvaises herbes
	Farine Noix de	
	Coco	Déchets Mangue
	Drèches brasserie	Collets Carotte

B-b) REPRODUCTION

Le nombre d'oeufs pondus est très faible en regard des nombres astronomiques obtenus chez beaucoup d'espèces de poissons. Le Tilapia le plus prolifique pond seulement quelques milliers d'oeufs par an dans des conditions de cycle reproductif quasi-continu, ce qui signifie quelques centaines d'oeufs par ponte (voir tableaux p.8 et 9).

Pourtant son comportement en période de reproduction est particulièrement intéressant pour l'éleveur. Le fait de creuser un nid, de le surveiller, et pour les genres Sarotherodon et Oreochromis d'incuber les oeufs et de garder les premiers stades juvéniles dans leur bouche, les juvéniles plus gros pouvant encore y trouver protection en cas de danger, assure un taux d'éclosion puis un taux de survie élevé en période critique d'élevage. De plus, en conditions équatoriales, certaines espéces pondent toute l'année, assurant ainsi un développement considérable des populations qui n'est pas sans poser certains problèmes (cf V).

B-c) RUSTICITE ET FACILITE DE MANIPULATION

Elle conditionne la résistance des individus dans des gammes de température, d'oxygénaton et de salinité des eaux qui ne sont pas les conditions originelles de vie du Tilapia mais qui pourtant permettent leur élevage (voir tableau)

Des expériences ont montré qu'un Tilapia comme O.Niloticus respire encore à 100% de sa respiration normale à une teneur très basse en oxygène dissout (3mg 02 /litre eau) montrant une excellente acclimatation à des conditions de milieu difficiles. En cas de stress provoqué, sa vitesse de respiration se multiplie parfois par trois mais sa capacité de survie reste très bonne.

En ce qui concerne le transport, les Tilapias se révèlent très maniables puisqu'il suffit d'un récipient étanche avec une eau saturée au départ en oxygène pour le garder plusieurs jours sans nuire à ses fonctions.

B-d) CROISSANCE

Elle demeure relativement meilleure que la plupart des autres Poissons. Des gains moyens quotidiens en grossissement atteignent souvent 1,5g /jour; la phase de grossissement concernant des individus de 30g (stade fingerling) à 200-300 et même 600-1000g dans les systèmes d'élevage les plus performants (à la taille commercialisable), on peut noter que ce GMQ représente 5% (début de grossissement) à 0,15-0,5% (fin de grossissement) du poids vif. A titre de comparaison, pour un bovin de boucherie de 500kg gagnant 500g /jour, le GMQ représente 0,1% du poidzs vif environ. Le Tilapia n'est donc pas ridicule par rapport à d'autres espèces domestiques.

Aux stades larvaires et juvéniles les GMQ sont de

l'ordre de grandeur de 0,1g /jour entre 0 et 5 jours et de 0,3g /jour entre 5 et 30 g, correspondant à peu près à un intervalle 1 semaine- 3 mois.

Bien que cet indice ne doît pas être utilisé seul, on considère qu'un GMQ >0,9g /jour est bon, entre 0,7g et 0,9g satisfaisant et <0,7g/jour mauvais (mais evidemment ces valeurs varient avec la population considérée, le type d'élevage et les facteurs de milieu entre autres, néanmoins elles pourront servir de repère pratique).

B-e) RECHERCHE GENETIQUE

Ajoutons enfin à tous ces paramétres les croisements interspécifiques entre différentes espèces de Tilapia qui ont pour caractéristique interréssante l'amélioration des performances par déterminisme sexuel.

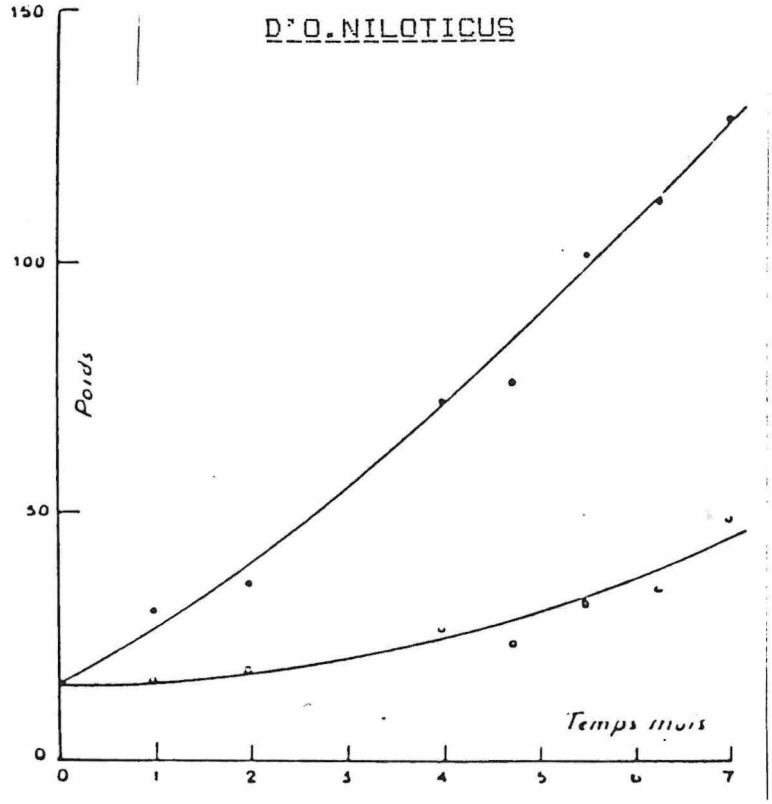
En effet la croissance des mâles en phase de grossissement est meilleure que celle des femelles (contrairement aux Salmonidés d'élevage par exemple).On cherchera donc à obtenir des populations entièrement mâles, avec en plus l'avantage de supprimer les risques de surpopulation qui diminue la taille individuelle au profit du nombre à cause de la compétition pour des ressources alimentaires limitées (Il s'ensuit un nanisme généralisé de toute la population).

Certains croisements interespèces permettent d'obtenir 90-100% de mâles en descendance. Depuis les premières décou-

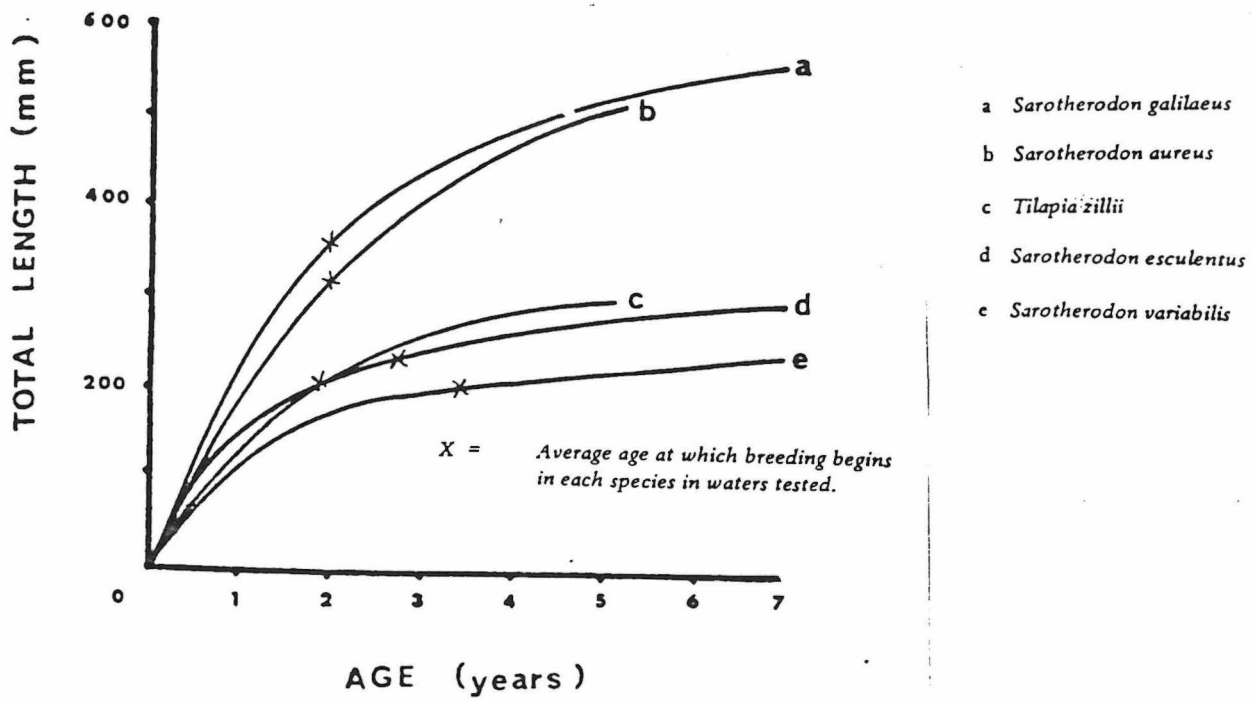
vertes au début des années 60, de nombreux essais ont été tentés. Des exemples seront détaillés plus loin. Ces observations sont interprétées par une hypothèse simple sur les chromosomes sexuels de ces espèces (les chromosomes sexuels existent sans doute chez la quasi totalité des Poissons mais ne sont en général pas détectables par examen cytologique): chez l'une des espèces parentales (O.Niloticus par exemple), la femelle possèderait deux chromosomes sexuels identiques (nommés XX) et le mâle deux chromosomes sexuels différents (nommés XY), tout comme chez les mammifères; chez l'autre espèce parentale (O.Hornorum souvent), ce serait l'inverse: chromosomes sexuels identiques chez le mâle (ZZ), différents chez la femelle (ZW), comme chez les oiseaux. Le croisement O.Niloticus femelle par O.Hornorum mâle fournirait uniquement des descendants d'un seul type (ZX) qui se trouvent être des mâles. Cependant, et sans que l'on puisse l'expliquer simplement, l'utilisation pour ces hybridations d'autres espèces paternelles plus intéressantes économiquement que O.Hornorum conduit souvent à une proportion significative de femelles, qui doivent être éliminées par tri manuel.

Il est à signaler que des populations entièrement mâles pourraient être produites dans l'avenir grâce à une autre méthode fondée sur l'inversion du sexe: elle consiste à produire des mâles YY qui résultent soit du croisement d'un individu féminisé par traitement hormonal XY par un mâle ordinaire, soit de l'autofécondation d'un hermaphrodite XY. Les mâles YY sont ensuite croisés avec de nombreuses femelles XX et ne donnent que des fils XY.

COMPARAISON DES COURBES DE CROISSANCE MALE ET FEMELLE D'O.NILOTICUS



COURBES DE CROISSANCE COMPAREES DE DIFFERENTES ESPECES DE TILAPIAS



111) TYPOLOGIE D'ELEVAGE

Après avoir souligné les qualités piscicoles variées du Tilapia et avant de détailler les contraintes particulières de l'élevage de ce poisson, il devient nécéssaire de prendre en compte les modes de pisciculture et donc à dresser une typologie générale suivant le degrès d'intensification de l'élevage et les strutures physiques de compartimentation de l'eau et des animaux.

A) LA PISCICULTURE INTENSIVE

Elle consiste à produire de grandes quantités de poissons par rapport aux unités de surface et de volume utilisées. C'est une activité agricole sédentaire dans laquelle le pisciculteur peut à tout moment disposer de l'eau des bassins (dans les exploitations en étang) et des poissons qui s'y trouvent. La production de poisson est, sauf circonstances exceptionnelles, obtenue à partir de la fertilisation et /ou de l'alimentation artificielle.

Cette catégorie d'élevage est maintenant bien développée par rapport aux autres formes (vues en B) historiquement plus importantes .Les éléments de la pisciculture intensive sont:

_ Des unités d'élevage (étangs, enclos ou cages) convenablement aménagés.

_ Une exploitation rationelle techniquement et économiquement

_ Un environement économique favorable.

_ Une source d'approvisionnement économique en fertilisants et /ou aliments.

A-a) PISCICULTURE EN ETANGS

Une pièce d'eau de petite taille (quelques ares), artificielle ou naturelle et aménagée pour la pisciculture que l'on peut facilement remplir et vider suivant les nécéssités, doit constituer un milieu favorable au développement du Tilapia.

Les deux conditions de base sont un approvisionnement en eau convenable et un terrain approprié. Des manuels techniques de vulgarisation et de recherche donnent les normes de construction en fonction de ces facteurs.

Les différentes opérations pratiques de ce type de pisciculture restent:

_ La mise en charge, elle dépend de la conduite de l'élévage (cf après)

_ L'alimentation ou l'application d'engrais: la nourriture est distribuée sous une forme facilement mangeable, ne doit pas être jetée n'importe où (repères), il existe

éventuellement des distributeurs à la demande, ni n'importe quand (alimentation régulière). La fertilisation se fait sous forme organique, avec de très nombreuses possibilités, ou minérale (engrais azotés, phosphatés, potassiques, chaulage).

_ La récolte du Tilapia: avec ou sans pêche intermédiaire, de toute façon en vidant l'étang à la fin.

_ L'entretien de l'étang: manière de remplir et de maintenir le niveau d'eau, entretien du fond et des autres parties de l'étang, contrôle de la végétation.

Il existe différentes méthodes de conduite d'élevage en étang:

1)_ Méthode équienne: les Tilapias doivent atteindre la plus grande taille possible avant récolte. On produit puis on élève ensemble des alevins de même âge. Cette méthode nécéssite des étangs-frayères de petite surface, de l'ordre de 1 are, puis une récolte d'alevins suffisamment gros (20-30g), appelés "fingerlings", pour passer en étangs de production. On peut aussi faire l'élevage de monosexes selon cette conduite.

2)_ Elevage en une seule catégorie d'étangs: l'alevinage puis le grossissement se font en un seul étang. A la vidange, les poissons de taille commerciale sont séparés des plus petits que l'on place dans un dispositif de stabulation transitoire en attendant le réempoissonnement.

3)_ Elevage mixte: on élève avec le Tilapia d'autres espèces de poissons avec une mise en charge forte. Peu intéressant vu le pourcentage souvent élevé de petits poissons ainsi obtenus.

4)_ Elevage avec prédateurs: pour éviter la prolifération des Tilapias et leur nanisme généralisé résultant, on empoissonne l'étang, une fois les alevins devenus suffisamment gros, avec des alevins de l'un de leurs prédateurs naturels, à un certain ratio, afin qu'il n'y ait à la vidange que des Tilapia en grossissement plus quelques prédateurs.

A-b) PISCICULTURE EN CAGES

Ce sont des enclos semi-mobiles qu'on installe en eau libre ou près des rives de cours d'eau, de retenues naturelles ou artificielles. Elles se maintiennent à la surface de l'eau par des bouées, des bidons et autres flotteurs divers ou au fond de l'eau par des pieds. Des grillages ou filets de maillage approprié empêchent les poissons de fuir.

L'investissement de départ demeure important mais les fortes mises en charge permettent une haute rentabilité du système, d'autant plus que le constant débit d'eau à travers les cages élimine les substances toxiques ou inhibitrices éventuelles.

L'alevinage devient facteur limitant car il faut disposer de structures closes pour l'obtention de juvéniles (pe-

tits étangs, cuves d'élevage). Sous cette réserve les opérations lors de la conduite d'élevage restent les mêmes qu'en étang, l'entretien des cages se faisant entre la récolte et le réempoissonnement.

A-c) PISCICULTURE EN CUVES (TANKS)

Elle est dérivée de la pisciculture en étang et de la pisciculture en cage dont elle combine les caractéristiques pour améliorer encore l'intensivité de l'élevage. Les Tilapias sont placés dans des cuves en matériaux synthétiques, de format variable suivant le stade de croissance. Les caractéristiques d' élevage, et surtout la qualité de l'eau, peuvent ainsi être beaucoup mieux contrôlées. On réalise l'analogue de l'élevage hors-sol des espèces domestiques terrestres.

Les très hauts rendements obtenus vont de pair avec des investissements élevés et ce type de pisciculture reste rare, sinon dans les pays développés disposant de puissants moyens d'investissement.

A-d) PISCICULTURE INTEGREE

Un mode d'avenir de la pisciculture intensive du Tilapia semble être son intégration à des projets d'élevage intensif d'autres espèces domestiques dont elle peut valoriser les refus, déchets et déjections.

Les espèces associées peuvent être des suidés, des palmipèdes comme l'Oie ou le Canard, des gallinacés...On potentialise ainsi deux productions au lieu d'une sans beaucoup augmenter les investissements nécéssaires. Il demeure néanmoins évident que la conduite prioritaire se fera sur l'espèce en amont du Tilapia et conditionnera en grande partie la réussite de ce type d'élevage.

Mis à part la fertilisation des bassins par les déchets animaux, qui peuvent provenir d'espèces très variées (on potentialise ainsi l'utilisation des déchets des autres élevages locaux) , les modes d'intégration les plus répandus restent les élevages mixtes Porc-Tilapia et Canard-Tilapia.

LES PORCS sont installés près des bassins, leurs déjections (contenant 70% de matières digestibles par les poissons) y sont déversées.

En contrepartie, les porcs sont nourris par les algues récoltées dans les bassins et parfois par les déchets de Tilapia, riches en protéines.

L'ELEVAGE DU CANARD avec le Tilapia a un double but: Augmenter la production du palmipède et améliorer l'alimentation du Tilapia.

Les canards sont parqués autour du bassin ou sur des litières flottantes et leurs fécès servent d'agent fertilisant et d'aliment. . De plus le canard détruit les mauvaises herbes et les mollusques vecteurs de la bilharziose, deux problèmes majeurs dans les bassins africains. Les canards

réduisent également le nombre d'alevins soit par leur ingestion, soit en bouleversant les nids.

Selon les régions et les habitudes d'élevage, ces différentes méthodes intensives pourront s'associer avec succès.

<REMARQUE> Signalons pour rester complet qu'il existe aussi un système d'élevage en eau courante analogue aux "raceways" utilisés en salmoniculture et élevage de diverses espèces marines. C'est un procédé donnant de bons résultats car l'eau est mieux oxygénée et débarrassée de ses impuretés mais très coûteux. Il n'est employé qu'à titre expérimental ou anecdotique dans certains pays développés.

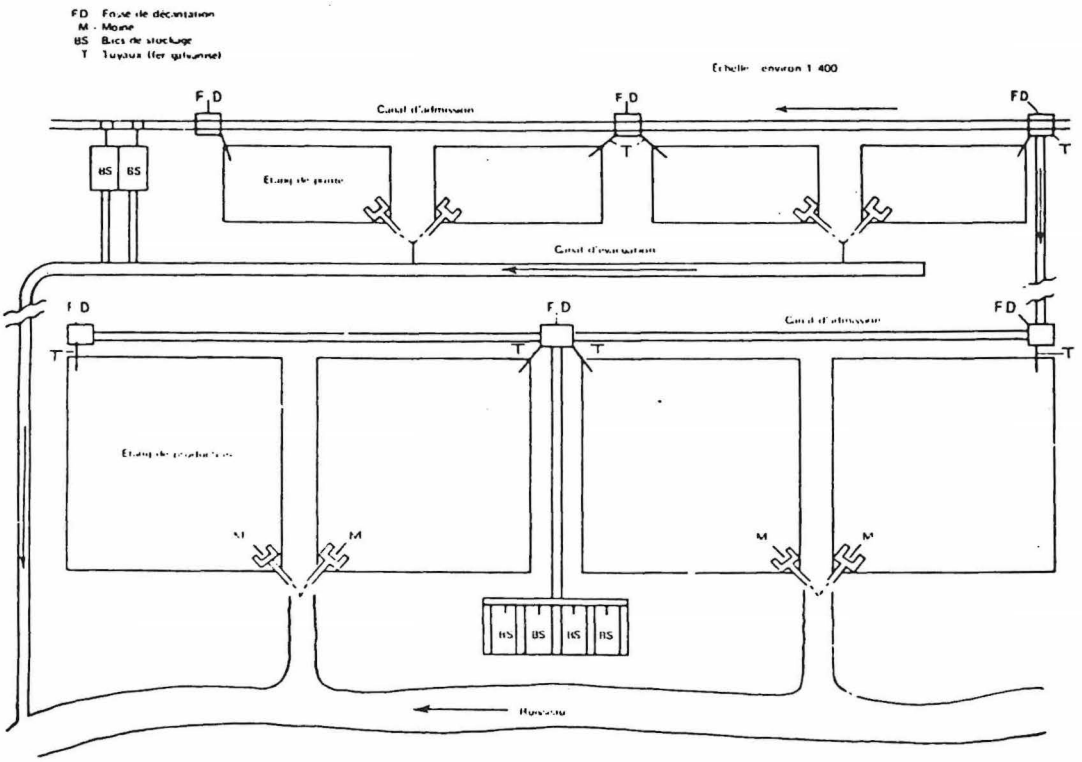


FIG. 47. — Modèle de station de pisciculture.

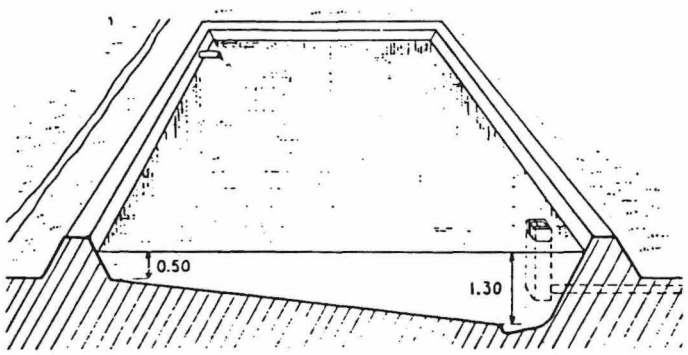


FIG. 39. — Coupe en travers d'un étang.

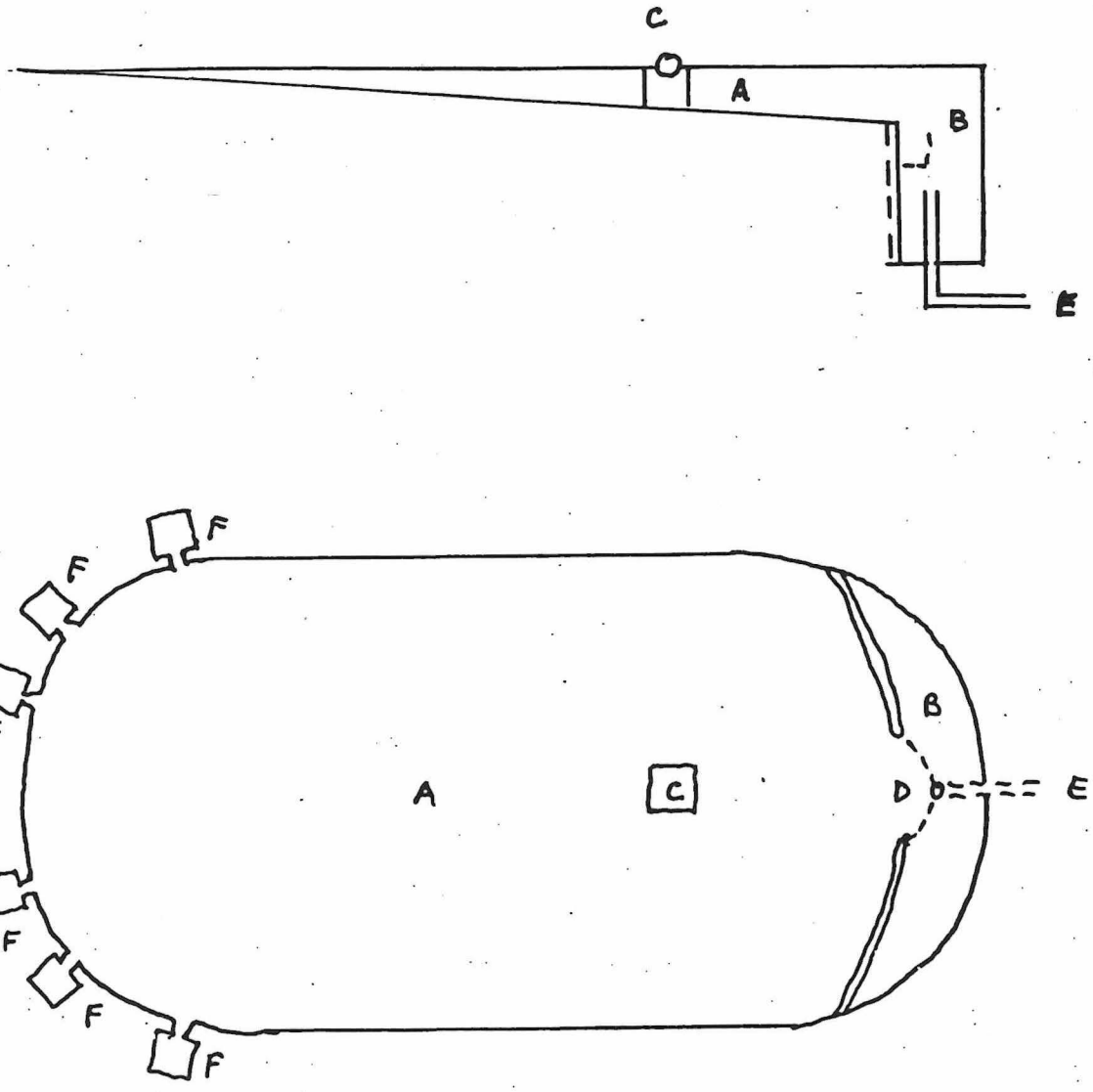


Schéma d'un bassin de pisciculture du Tilapia en zone Tropicale.

A. Aire de production : 1 à 50 cm prof.
B. Réservoir de nuit : 1 m prof.
C. Remplissage → niveau eau
D. Trappe
E. Evacuation
F : Huttes

B) PISCICULTURE SEMI-INTENSIVE

Elle constitue un intermédiaire dans la conduite d'élevage. Le but prioritaire reste la production de poisson mais l'alimentation en eau n'est pas contrôlée ou sert pour une autre production. Les productions sont plus faibles que précédemment mais on peut envisager l'utilisation d'engrais et la complémentation alimentaire pour les intensifier, sans que les coûts de production n'augmentent beaucoup.

B-a) PISCICULTURE EN ENCLOS

L'enclos constitue une barrière empêchant le poisson de s'évader. Il est le plus souvent constitué de bambous ou de perches de bois ne craignant pas l'eau, entourés d'un filet à petites mailles, dépassant largement le niveau du plan d'eau. Ce dispositif est installé en eaux profondes, à l'abri des vents violents, les filets sont lestés pour éviter la fuite par dessous.

Les opérations d'élevage sont simplifiées à l'empoissonnement et à la récolte. On peut éventuellement apporter de l'engrais et /ou des aliments. Le suivi sanitaire est moindre ainsi que le suivi de performances, les mortalités sont en règle générale plus élevées qu'en intensif.

B-b) RIZIPISCICULTURE

Voilà une technique d'association très intéressante entre deux productions complémentaires. L'intérêt est la production de céréales et de protéines animales sur le même territoire. Le riz est cultivé de manière très intensive dans des plans d'eau temporaires peu profonds. Les travaux de génie rural étant déjà faits, les nouveaux investissements réclamés par la pisciculture deviennent minimes. Les alevins de Tilapia sont introduits dans les casiers quand les plantules de riz sont bien enracinées. Les rendements, plus faibles qu'en enclos, peuvent s'améliorer , encore une fois, par fertilisation ou complémentation alimentaire. On récolte le poisson à la vidange des casiers de riziculture.

Il existe deux systèmes, déterminés par la conduite d'élevage du poisson:

_ Extensif: les poissons arrivent librement dans la rizière par l'eau du canal d'alimentation et sont capturés lors de la récolte du riz.

_ Semi-intensif: les poissons sont élevés dans les rizières de la même manière que dans des élevages en enclos.

<Rq: Une association de type intensif existe aussi: les Tilapias sont élevés en étangs ou cuves et les eaux de rejet de la pisciculture, chargées de matières organiques, viennent fertiliser des rizières situées en aval de la ferme.>

On peut aussi intensifier la production en remettant en eau le casier après la récolte du riz et en le réempoissonnant jusqu'aux semis ou repiquages suivants. Les cycles de pisciculture s'étalent alors sur presque toute l'année.

En plus d'un surplus de production , d'autres avantages découlent de cette association , que l'on pourrait qualifier de symbiose artificielle: le contrôle des mauvaises herbes, mollusques et moustiques (il est estimé que la récolte de riz peut être diminuée de 50% par la compétition avec les algues, de plus la limitation des mauvaises herbes permet une meilleure pénétration de la lumière et donc une production augmentée de riz) ; la fertilisation du sol par les féces de Tilapia .

C) PISCICULTURE EXTENSIVE

On met ici en valeur certains plans d'eau naturels ou des retenues d'eau créées à des fins variées, avec généralement des surfaces et profondeurs fortes par rapport aux structures de pisciculture intensive. On ne contrôle pas ici l'alimentatation en eau ou pas à des fins piscicoles.

Le but principal n'est pas la production de poisson, très souvent on met en charge l'étendue d'eau à partir de peuplements naturels de Tilapia (par exemple tirés de la population d'une rivière), la fertilisation et la complémentation alimentaire sont peu employées, les individus ne sont

pas protégés contre leurs prédateurs et, en conséquence logique de tous ces facteurs, la production par unité de surface reste faible.

Quelques travaux utiles peuvent être entrepris comme le défrichage, la construction de déversoirs, de passes à poissons ou d'appareils de vidange. La récolte se fait par des engins de pêche dans la grande majorité des cas (filets maillants, sennes, lignes, palangres, pièges) , parfois par vidange.

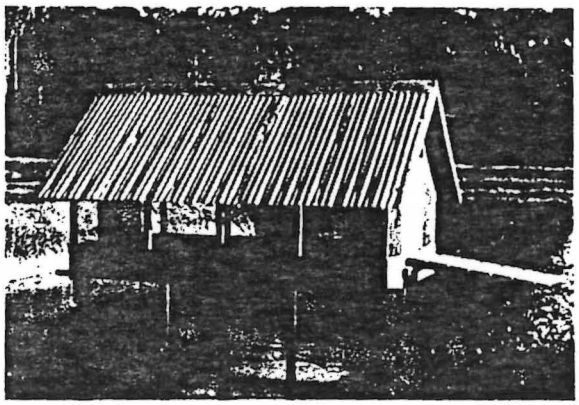
Remarquons qu'une des modalités , autrefois la plus répandue, de la rizipisciculture (vue plus haut) est extensive.

L'introduction des Tilapias eux-mêmes peut n'être pas à but économique ou seulement indirectement:

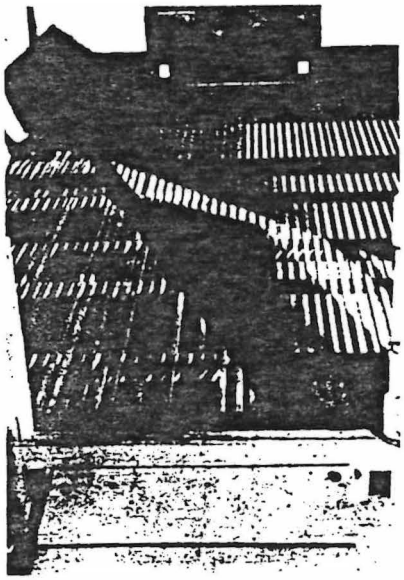
_ Contrôle de la végétation aquatique (en rizipisciculture extensive par exemple)

_ Destruction de larves d'insectes (lutte contre le paludisme)

_ Destruction des pontes de mollusques (lutte contre la bilharziose)



- Poulailler installé au-dessus d'un étang de pisciculture.



- Plancher à claire-voie du poulailler.

IV) CONTRAINTES D'ELEVAGE

Les Tilapia montrent de nombreuses qualités les prédisposant à l'élevage; il convient néanmoins de décrire les problèmes et normes touchant à la conduite de l'exploitation.

A) CONNAISSANCE DU MATERIEL GENETIQUE DE DEPART

Pendant longtemps, on a peu fait cas du pool génétique des pisciculteurs .La présence de tel ou tel Tilapia dans un pays dépend encore aujourd'hui des conditions d'introduction historique des animaux. T.Zillii ,par exemple, est présent au Japon par l'importation d'un mâle et de deux femelles d'Egypte en 1962; O.Aureus, envoyé aux USA à partir d'Israel, a ensuite été exporté en Amérique Latine...

Les recherches documentaires se heurtent ainsi à de nombreuses difficultés à travers les réseaux de commercialisation pour élevage piscicole ou non (aquariophilie, recherche fondamentale...).

D'autres facteurs viennent encore aggraver cette situation:

_ Un poisson peut être nommé à la place d'un autre

_ Un ancien terme générique représente en fait plusieurs espèces de la classification actuelle

_ On travaille beaucoup maintenant sur des hybrides inter-espèce plutôt qu'en race pure

_ Il existe des confusions descriptives entre des espèces

Or il est important de savoir à quelle population on a affaire car

_ toutes les espèces n'ont pas les mêmes performances d'élevage

_ un Tilapia importé, avec des performances testées et bien sûr plus intérressantes que des populations locales peut être contaminé par une population sauvage et le stock déprécié

_ même sans contamination, le Tilapia transplanté peut différer très largement du stock original en apparence comme en performances d'élevage

Il ne faut surtout pas négliger cette contrainte qui est en passe de devenir le principal problème de l'élevage du Tilapia. Aujourd'hui on utilise des méthodes modernes de caractérisation morphométrique et des analyses électrophorétiques pour différencier les populations mais bien sûr la contrainte financière en limite l'emploi dans de nombreux pays.

B) CONTRAINTES HYDROGEOLOGIQUES.

B-a) TOPOGRAPHIE

ELEVAGES EN ETANGS: Les bassins doivent être construits sur des terrains en pente permettant d'amener l'eau par la partie haute et de les vidanger par la partie basse. Il existe deux types d'étangs:

_ Les étangs de barrage, établis dans le fond d'une vallée en construisant une digue en travers de celle-ci. Ils sont alimentés en eau par une ou plusieurs source, une nappe phréatique ou un cours d'eau dont ils reçoivent le débit en totalité sans possibilité de contrôle. Ses avantages consistent en un moindre investissement et une productivité naturelle en rapport direct avec la qualité de l'eau. Ses inconvénients résultent de la nécessité d'un déversoir bien étudié et du danger de rupture de la digue en cas de crue, de plus l'application d'engrais est difficile en raison des variations de débit et de l'écoulement des produits.

_Les étangs en dérivation, établis sur le côté d'une vallée et alimentés en eau par dérivation à partir d'une source ou d'un cours d'eau principal. Ils reçoivent donc seulement une partie du débit qui est à tout moment contrôlable. L'application d'engrais et de nourriture artificielle est donc facilitée par la possibilité de régler

l'alimentation en eau. Mais les inconvénients en sont un investissement important et une productivité naturelle faible, surtout si les étangs sont creusés dans un sol infertile.

Le choix entre les deux catégories est déterminé dans une vallée en fonction de deux données essentielles:

_ La pente du cours d'eau.

_ Le profil en travers de la vallée.

1) Pente du cours d'eau forte et pente en travers forte: Aucune possibilité d'étang.

2) Pente du cours d'eau forte et pente en travers faible: Etangs de dérivation.

3) Pente du cours d'eau faible et pente en travers forte (mais pas plus de 10%): Etangs de barrage.

4) Pente du cours d'eau faible et pente en travers faible: Etangs de dérivation.

ELEVAGE EN CAGE: En eaux libres ou près des rives des cours d'eau, de retenues naturelles ou artificielles.

ELEVAGE EN ENCLOS: En milieux lagunaires peu profonds, très productifs. Permet une mise en valeur des plans d'eau d'estuaires, des zones lacustres intérieures pas trop profondes.

B-b) EFFETS PARTICULIERS DE L'ALTITUDE.

Effet du froid surtout, il existe des espèces plus ou moins adaptées en fonction surtout de leur résistance au froid. L'eau constituant un volant thermique, pour permettre d'avoir un abri d'hiver, il faut constituer des unités de production plus en profondeur. Par exemple, à partir de 900 mètres d'altitude, une profondeur de 1,50 mètre à 1,80 mètre est nécessaire.

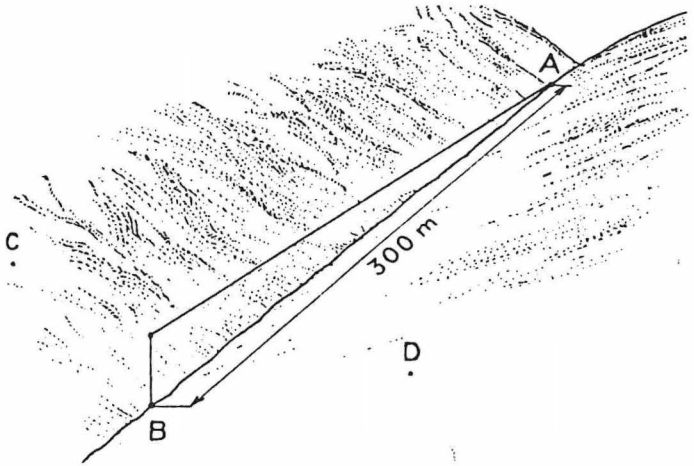
A chaque altitude son espèce de Tilapia la mieux adaptée:

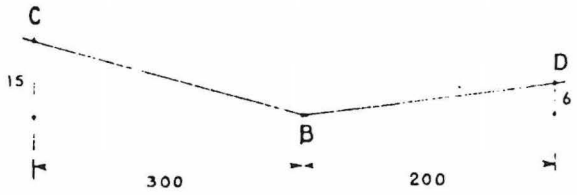
_ Zone cotière (niveau de la mer): S.Mossambicus et S.Niloticus.

_ Altitude moyenne (jusqu'à 1000 mètres): S.Macrochir et T.Zillii.

_ Plateau (aux alentours de 1000 mètres): Toutes les espèces.

_ Altitude élevée (1500 mètres): T.Rendalli.





Pente en long et en travers d'une vallée.

FIG. 18. Vallée impropre à la pisciculture.

Vallée favorable à la pisciculture.

C) QUALITE DE L'EAU

Il existe toute une gamme de paramètres à prendre en compte qui, non respectés, entrainent rapidement des chutes de production, puis une altération de la reproduction et finalement des mortalités.

C-a) TEMPERATURE

Nous avons déjà vu en 1) les températures léthales pour certaines espèces de Tilapia, déterminées expérimentalement. Nous donnons dans le tableau suivant des normes d'élevage:

ESPECE	TEMPERATURE OPTIMALE D'ELEVAGE	TEMPERATURE DE REPRODUCTION	TEMPERATURE DE SURVIE (sans croissance)
O.Grahami	35-38°C		23-44°C
S.Galileus	16-28°C		> 14°C
O.Macrochir	21-23°C		
O.Melanotherodon	22-24°C		
O.Mossambicus	20-35°C		> 15,5°C
O.Niloticus	au moins 16°C	au moins 19°C	> 12°C
O.Aureus		21-29°C	> 13°C
T.Rendalli	19-28°C	21-23°C	14-41°C
T.Zillii	autour de 28°C	22-26°C	> 14°C
O.Hormonum * O.Niloticus		23-24°C	> 20°C

C-b) OXYGENATION

L'oxygénation de l'eau d'un élevage piscicole peut poser quelques problèmes. En effet , dans la plupart des structures, l'eau irriguant les installations a un débit très ralenti, parfois stagnant , ce qui entraîne une diminution de la concentration d'oxygéène. D'autre part ce sont des eaux qui se chargent fortement en matières organiques, soit par les excrétats des poissons , soit par d'éventuelles mortalités, soit par les refus alimentaires qui s'accumulent au fond de l'eau. Tout ceci correspond également à une chute du taux d'oxygène dissous.

La contrainte exercée variera en conséquence avec le mode et la conduite d'élevage. Ainsi une rizipisciculture semi-intensive sera moins oxygénée qu'un élevage en enclos dans une lagune ou en cage dans une rivière, de même qu'un élevage en étang par rapport à un raceway. Encore faut-il étudier ces comparaisons dans des conditions de milieu par ailleurs identiques car le taux d'oxygène dissous dépend en fait de nombreux facteurs (température, pH, phytomasse photosynthétique...)

Toujours en relativisant, on peut dire que les Tilapias résistent bien à des conditions difficiles d'oxygénation. Le tableau suivant montre des différences inter-espèce dans une game de température de 20 à 30°C :

ESPECE	TAUX LETHAL EN OXYGENE	TAUX D'OXYGENE ET LIMITE DE CROISSANCE
O.Macrochir	1,2 mg/l	
O.Mossambicus	0,1 à 1 mg/l	2 à 3 mg/l
O.Niloticus	0,1 à 1,2 mg/	2,5 à 3 mg/l

C-c) SALINITE

Suivant leur biotope d'origine, les espèces de Tilapia sont plus ou moins familiarisées aux différentes salinités de l'eau. Nous avons vu au 1)A) les salinités léthale ou de survie sans production par espèce. En fait, vu la place croissante que prend l'agriculture en zone inter-tropicale, la compétition pour l'eau rend intéressante la colonisation de milieux difficiles comme les lagunes salées, les deltas des fleuves ou n'importe quel plan d'eau saumâtre. On cherche donc à acclimater des Tilapias les plus performants possibles dans des zones à salinité élevée.

Le tableau suivant donne des normes d'optimum de production, d'optimum de reproduction, et les possibilités d'élevage après accomodation en limite du pourcentage d'eau de mer supporté.

ESPECE	SALINITES BIEN SUPPORTEES POUR LES PRODUCTIONS	SALINITES PERMETTANT LA REPRODUCTION	SALINITE EN % D'EAU DE MER SUPPORTEE APRES ACCOMODATION
O.Aureus	10 à 44 %.	4 à 35 %.	55 %
O.Niloticus	5 à 29 %.	< 19 %.	
O.Mossambicus	non établi	10 à 49 %.	100 %
O.Spilurus			100 %
O.Aureus * O.Niloticus	0 à 6 %.	-	
Red Tilapia	< 30 %.	-	100 %
S.Melanotherodon	< 36 %.	< 34 %.	100 %
S.Galileus	14 à 29 %.		
T.Rendalli	11 à 29 %.	11 à 29 %.	35 %
T.Zillii	5 à 31 %.	< 40 %.	40-45 %
T.Guineensis	< 35 %.	< 34 %.	100 %

C-d) AUTRES

Les Tilapias peuvent se développer dans un spectre de pH très élargi: de 5 à 11 avec d'autres conditions moyennes (par comparaison, les spectres sont 4,5 à 12 avec les Carpes et 4,6 à 9,5 pour les Salmonidés).

La turbidité de l'eau peut être très élevée (jusqu'à 13000 ppm ,la Carpe en supporte moins de 190) sans que la viabilité soit affectée mais les meilleurs résultats d'élevage sont obtenus à moins de 25 ppm, décroissent dans la frange 25-100 ppm et s'écroulent à plus de 100 ppm.

Les taux d'ammoniac doivent rester le plus bas possible (dose léthale vers 4 mg /l, les Carpes vivent jusqu'à 10-13 mg/l).

D) MISES EN CHARGE

Contrainte délicate, la mise en charge de départ conditionne fortement la rentabilité économique:

_ une densité trop forte augmente les compétitions, notamment pour l'oxygène, augmente la pollution de l'eau à même débit de référence,installe des pathologies, diminue la viabilité des individus, surtout aux stades larvaires et juvéniles

_ une densité trop faible fait chuter les rendements et compromet la rentabilisation d'investissements im-

portants

La mise en charge dépend du mode de pisciculture et du stade de croissance. Les résultats se donnent en charge /unité de surface, les profondeurs étant supposées plus ou moins standard, ou en charge /unité de volume quand celui-ci est facilement calculable (structures construites).

_ ELEVAGE EXTENSIF

5000 à 50 000 individus /ha pour des lacs ou rivières

10 000 à 50 000 individus /ha pour des retenues d'eau

<RQ: On ne prend pas en compte les classes d'âge en extensif puisqu'elles sont mélangées>

La moyenne tourne à 12000-15000 /ha

_ RIZIPISCICULTURE

Semi-intensive: 10 000-20 000 /ha

Extensive: 1500-4000 /ha, parfois plus

_ ENCLOS

Généralement on n'y met que les poissons en grossissement, les juvéniles étant produits en étangs ou autres structures intensives.

En moyenne de 5 à 25 /m2

_CAGES

Même remarque que précédemment mais l'élévage d'alevins reste tout de même plus courant et, les structures étant plus intensives, les mises en charge sont plus fortes.

50 000 à 500 000 /Ha pour le grossissement, en moyenne de 10 à 20 /m3 de cage

50 à 250 /m3 pour les stades juvéniles

_ CUVES

Système encore plus intensif

En surface: De 100 000 à 3 000 000 /ha suivant le poids (jusqu'à 2600 /m2 pour les juvéniles en super-intensif)

En volume: 200 à 500 adultes /m3

1000 à 2000 fingerlings /m3

_ ETANGS

1) Pour les adultes en grossissement:

De 5 000 à 30 000 /Ha en élevage de subsistance

De 20 000 à 100 000 /Ha en élevage intensif

De 10 à 100 (!)/m2 dans des élevages super-intensifs en Californie, Taiwan, Hong-Kong.

2) Pour la production de fingerlings

De 60 à 100 /m2 en intensif ou semi-intensif

3) Pour les adultes reproducteurs

De 500 à 2500 /ha pour des espèces normalement aggressives (O.Mossambicus, O.Spilurus)

De 3000 à 4000 /ha pour des espèces peu aggres-

sives (O.Niloticus, O.Aureus, O.Hormonum) en moyenne; jusqu'à 30-40 000 /ha en élevage super-intensif

Plusieurs m2 parfois pour chaque couple pour des espèces monogames aggressives (T.Zillii, S.Galileus)

E) INTEGRATION DANS UN AUTRE PROJET

La contrainte consiste à dissocier les besoins propres à chaque production avant de les amalgamer en un ensemble au total plus rentable que la somme des deux productions individuelles.

E-a) ASSOCIATION AVEC UNE AUTRE PRATIQUE D'ELEVAGE.

Les élevages mixtes présentent malheureusement quelques problèmes qui peuvent compromettre gravement la viabilité de telles associations:

_ Les connaissances et savoir-faire de l'éleveur doivent être importants pour conjuguer deux productions animales n'obéissant pas du tout aux mêmes paramètres, ne serait-ce que leurs milieux de vie différents.

_ Pour les Canards surtout:la destruction des rives et embourbement du bassin, quand ils sont en relative liberté, la destruction des alevins et fingerlings, la destruction de la végétation.

_ Des contraintes pathologiques:l'apparition de parasites des poissons, dont le canard serait un hôte intermédiaire, la formation d'un cycle épidémiologique de transmission des Salmonelles entre le Porc et les Tilapias.

E-b) RIZIPISCICULTURE.

Plusieurs conditions doivent être réunies en même temps:

_ Maîtrise complète de l'alimentetion en eau, soit contrôle de l'eau de la riziculture par les casiers, soit contrôle partiel avec submersion contrôlée. Un défaut de contrôle du niveau d'eau pourrait provoquer de graves dégats ,inondation provoquant l'introduction de poissons sauvages ou ,dans l'autre sens, la fuite des poissons élevés; assec prématuré entraînant la mort des poissons.

_ Grande habileté technique de la part des agriculteurs, dans une région où la culture du riz et la pratique de l'irrigation sont bien introduites.

_ Disposer d'un nombre suffisant d'alevins pour la mise en charge des rizières; une station d'alevinage est indispensable.

_ Marché susceptible d'absorber des poissons de petite taille car le cycle d'élevage, parallèle au cycle du riz, dure peu de temps (une centaine de jours).

F) PATHOLOGIE DU TILAPIA

F-a) PATHOLOGIE INFECTIEUSE

Une multitude d'organismes pathogènes peuvent affecter les Tilapia:

_BACTERIES, CHAMPIGNONS ET VIRUS: Ils peuvent être spécifiques (par exemple des chlamydia et virus intracellulaires) ou non spécifiques occasionnels (comme Aeromonas Hydrophila, Myxobactéria, Saprolegna).

_ECTOPARASITES PROTOZOAIRES: Il en existe 19 espèces parasitant la peau et les branchies.

_ENDOPARASITES PROTOZOAIRES: Parasites du sang et du tractus digestif (Trypanosomes, Piroplasmes).

_MYXOSPORIDIES, MICROSPORIDIES: Infections cutanées, branchiales et viscérales.

_HELMINTHES ADULTES: Trématodes, cestodes, nématodes et acanthocéphales parasitent surtout les poissons sauvages, beaucoup moins ceux d'élevage par l'absence d'hôte intermédiaire spécifique.

_LARVES D'HELMINTHES: Les larves enkystées sont fréquentes en habitat naturel et causent des pathogénies très différentes selon l' organe touché.

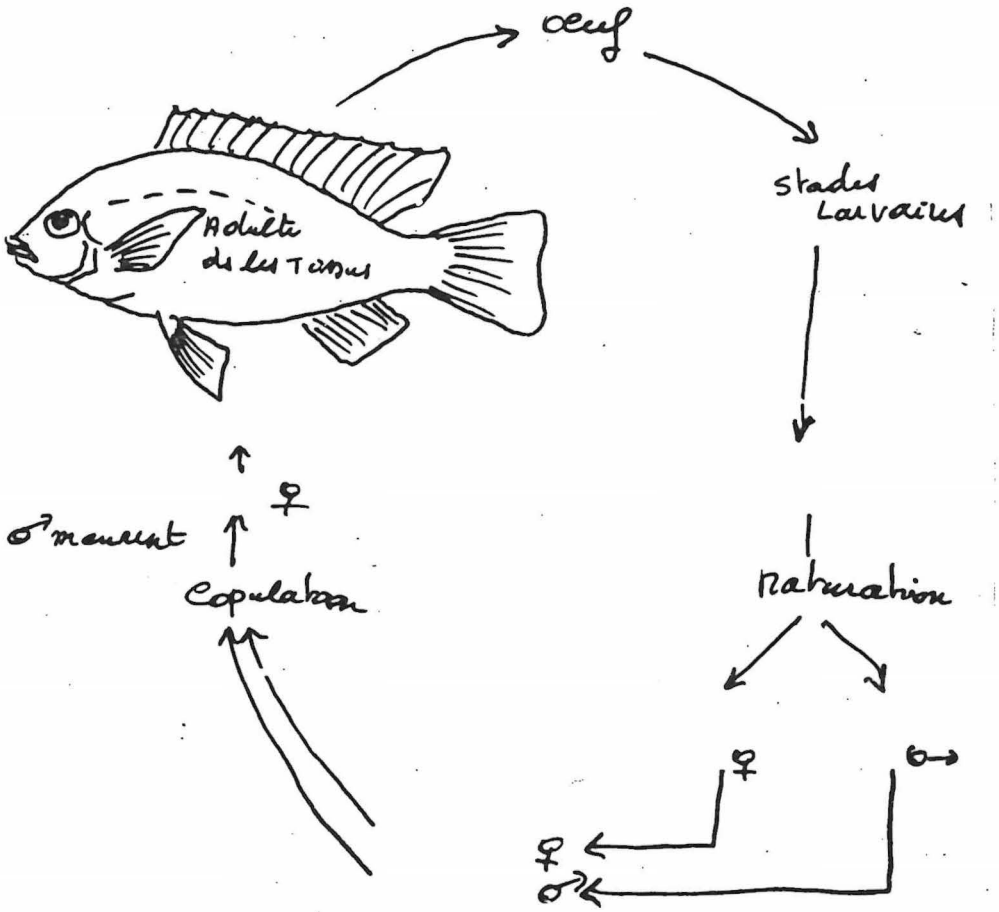
_CRUSTACES PARASITES: Quelques uns sont

ubiquitaires (comme Ergasilus sargi, E.latus, Lamproglens monodi), d'autres sont opportunistes dans le choix de leur hôte (comme Dolops ranarum, Argulus africanus), mais la plupart sont très spécifiques pour l'hôte et le système écologique.

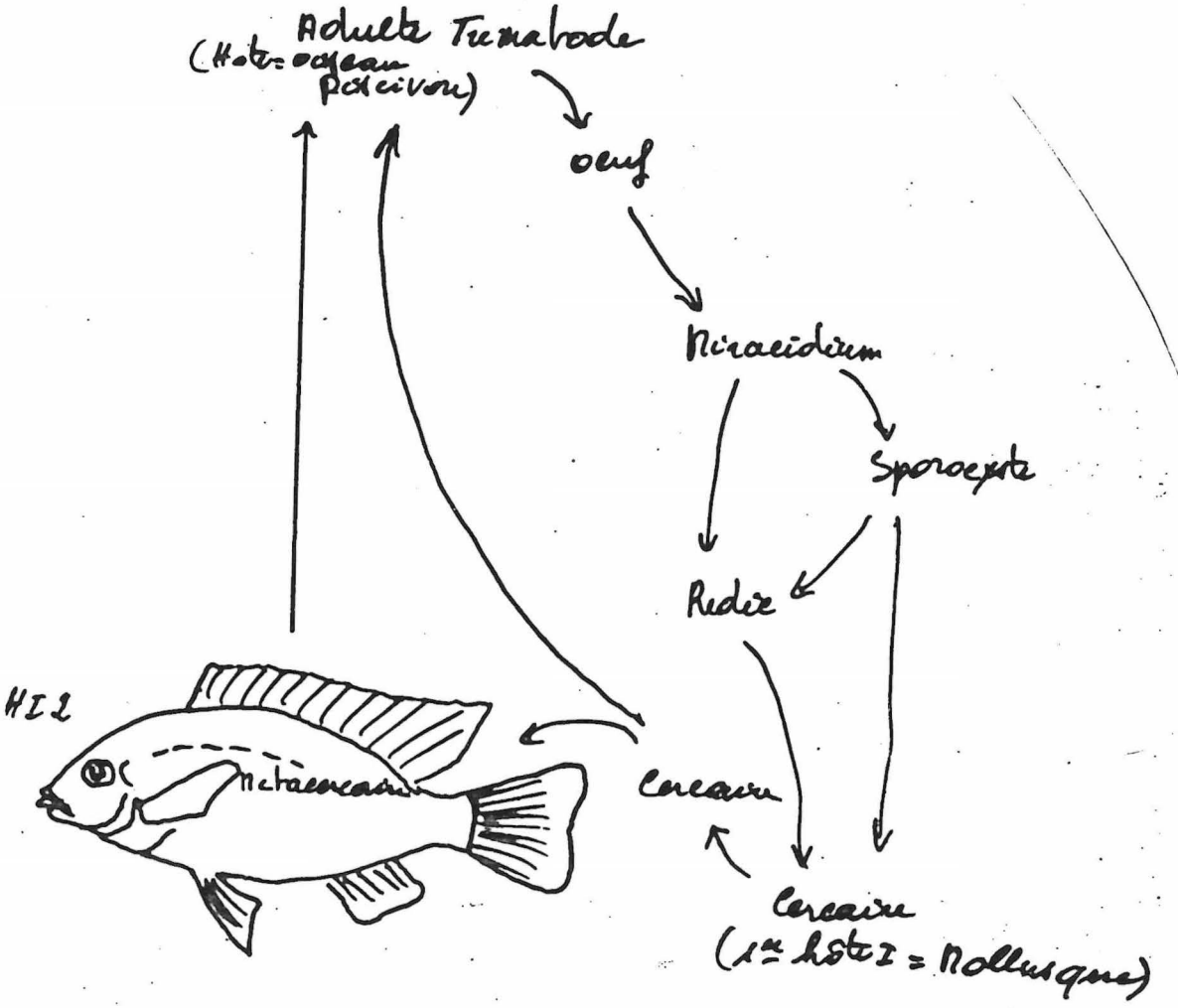
En eau saumâtre la majorité des ectoparasites disparaissent lorsque la salinité dépasse 6‰., les poissons sont alors infectés par des organismes marins ubiquitaires. Durant le procédé d'acclimatation aux eaux saumâtres les Tilapia se trouvent dans une période de stress qui les prédisposent aux risques de septicémie et d'infection bactériennes; La mortalité par occlusion intestinale due à des dépots de sels calciques ainsi que par néphrocalcinose est fréquente lors du passage en eaux salines.

Parasites	Pesticides
ARGULUS Species	Lindane, Malathion, Dipterex, DDV
LERNAEA Adulte	$KMnO_4$
LERNAEA Nauplii Copepods	Dipterex DDVP
DACTYLOGYRUS vastator } DACTYLOGYRUS extensus }	Dipterex, DDVP, Bromex
ERGASILUS ICHTHYOPHTHIRIUS }	Bromex
ICHTHYOPHTHIRIUS Multifiliis	Vert Malachite
CHILODONELLA species	Formalin
SAPROLEGNIA species	Vert Malachite.

CYCLE D'UN PARASITE CRUSTACE COPEPODE



CYCLE D'UN PARASITE TREMATODE



F-b) TOXIQUES

Des intoxications peuvent provenir:

_De végétaux (comme les graines de certains acacias ou de Bauhinia, les feuilles de Conocarpus Lancifolia) provoquant une perte d'équilibre et la mort des poissons. La présence de tels toxiques se révele en général par une trop forte transparence de l'eau car le phytoplancton meurt en premier. Il faudra donc toujours veiller à éliminer les arbres toxiques du pourtour des étangs de pisciculture.

_De métaux (par exemple le cuivre).

_D'insecticides sur-dosés et de pesticides (cfr. tableau précédent).

V) RESULTATS D'ELEVAGES

Ils dépendent des modalités d'élevage aussi bien que du potentiel de chaque espèce. Pour les apprécier, on dispose de toute une gamme de paramètres dont l'harmonisation fournit la rentabilité optimale. Ce sont:

- Charge à l'hectare initiale
- Charge à l'hectare finale
- Taux de survie des juvéniles
- Taux de survie des adultes
- Efficacité alimentaire
- Gain moyen quotidien
- Ratio mâles/femelles en période de reproduction

A) LES ESPECES UTILISEES

A-a) CHOIX DE L'ESPECE

D'après de nombreuses données, SCHOENEN en 1982, a sélectionné les espèces importantes pour la pisciculture:

- Oreochromis Macrochir
- O. Aureus
- O. Hornorum
- O. Mossambicus
- O. Niloticus
- O. Spilurus

_ Sarotherodon Galilaeus

_ Tilapia Rendallii

_ T. Zillii

auxquels il faut ajouter les populations obtenues en F1 par certains croisements interspécifiques:

_ O.Mossambicus mâle * O.Niloticus femelle

_ O.Niloticus mâle * O.Aureus femelle

_ O.Hormonum mâle * O.Niloticus femelle

_ O.Hormonum mâle * O.Mossambicus femelle

_ O.Aureus mâle * O.Niloticus femelle

COCHE (1982) quant à lui sélectionne les espèces en fonction du mode d'élevage:

_ Elevage extensif:

O.Aureus > O.Niloticus > O.Mossambicus

_ Elevage semi-intensif:

T.Rendalli > O.Mossambicus

_ Elevage intensif:

O.Aureus > O.Niloticus > O.Mossambicus

Depuis lors on s'en tient à peu près à ces données et des classements ont été établis en fonction des potentiels de chaque espèce.

1 _ Espèces supérieures destinées à un développement mondial:

_ **O.Aureus** (croissance rapide, tolérance au froid, à la salinité, à des faibles taux d'oxygène dissout, à des

forts taux d' ammoniac dissout, transitions alimentaires faciles)

_ **O.Niloticus** (croissance rapide, tolérant à de faibles taux d'oxygène dissous, transitions alimentaires faciles)

_ **Monosexes O.Niloticus m * O.Aureus f**

O.Niloticus f * O.Aureus m

O.Niloticus m * O.Hornorum f

O.Niloticus f * O.Mossambicus m

(croissance très rapide surtout avec granulés)

_ **Tilapias rouges** <Hybrides de divers stocks et espèces d'Oreochromis>

(croissance rapide, apparence attractive)

2 _ Espèces à fort potentiel

_ **Tilapia Rendalli** (macrophyte, excellentes qualités gustatives)

_ **O.Spilurus** (croissance rapide, tolérant à la salinité , croisements prometteurs entre sous-espèces)

_ **O.Mossambicus** (tolérance à la salinité et à de nombreuses maladies, bonne croissance dans les bons stocks)

3 _ Espèces à potentiel limité

_ **O.Hormonum** (bon parent mâle en croisements,

hybrides faciles à obtenir)

_ **S.Melanotherodon** (résistant à la salinité et aux maladies)

_ **S.Galileus** (apparence attractive, robuste)

_ **T.Zillii** (macrophyte, de bons stocks pourraient avoir des croissances correctes)

_ **Autres Oreochromis** (informations limitées)

A-b) AMELIORATION DES STOCKS

Elle se réalise désormais dans trois directions

_ Garantie de fournir aux éleveurs des stocks de souches pures ou hybrides de hautes qualités productives

_ Conservation des stocks sauvages

_ Nécéssité pour les chercheurs de travailler avec du matériel connu.

Dans les conditions actuelles, les géniteurs recherchés font l'objet d'échanges internationaux importants. Les pays fournisseurs sont soit les régions d'origine de l'espèce voulue, soit des pays d'élevage de haut niveau à grande échelle.

Le tableau suivant montre les sources recommandées (parfois garanties) de stocks purs suivant les espèces.

O.AUREUS	Israel, Taiwan, Egypte
O.NILOTICUS	Israel, Taiwan, Egypte
HYBRIDES MONOSEXES	voir les sources des espèces parentales
TILAPIAS ROUGES	Taiwan, Philippines
T.RENDALLI	Afrique Centrale et de l'Est
O.SPILURUS	Kenya
O.MOSSAMBICUS	nombreux pays d'Afrique
O.HORMONUM	Afrique de l'Est
S.MELANOTHERODON	Côte d'Ivoire
S.GALILEUS	Egypte, Israel, (Afrique)
T.ZILLII	Egypte, Israel, (Afrique)

B) LES RENDEMENTS

Les données suivantes montrent les rendements que l'on peut escompter obtenir en fonction du type et de la conduite d'élevage. L'unité utilisée est la tonne /hectare et /an sauf quand d'autres unités sont précisées.

B-a) ETANGS

Cette forme d'élevage fournit le plus grand nombre de données car aujourd'hui il reste encore le plus répandu .

_ Semi-intensif en Afrique vers 1950, encore actuellement pour des élevages de subsistance: autour de 0,5.

_ Semi-intensif avec alimentation et/ou fertilisation, avec espèce traditionnelle et sans monosexage: 2 à 4.

_ Intensif avec association de prédateurs d'alevins, donc avec tri manuel, espèce à bonne croissance: de 3 à 6, plus la production de prédateurs (suivant les espèces, jusqu'à plus d'une tonne pour Clarias Lareza, presque nulle pour Lates Niloticus).

_ Intensif, espèce productive monosexée par tri ou hybridation inter-espèce (O.Niloticus, O.Aureus et leurs croisements, croisements O.Niloticus * O.Hormonum), bon niveau d'alimentation, charges de 6 à 20/m2: 6 à 10.

_ Polyculture intensive avec espèces complémentaires (tilapias + carpes), forte technicité, fort niveau d'alimentation, plusieurs cycles par an: de 7 à 25.

_ Super-intensif, hybrides mâles très bien adaptés, petits étangs, plusieurs cycles par an, forte technicité, fort niveau d'alimentation, charges élevées ou très élevées (>20/m2): jusqu'à 45 !!!

_ Les records sont obtenus à Taïwan, premier producteur mondial, dans des étangs octogonaux d'1 are, avec recirculation de l'eau, sur des hybrides O.Niloticus * O.Aureus, à très fortes charges (>100/m2): jusqu'à 12 tonnes/étang/an soit le rendement extraordinaire de 1200 tonnes/ha/an !!!

B-b) ENCLOS

_ semi-intensif, avec espèce productive acclimatée comme O.Niloticus: 2 à 5.

_ semi-intensif, avec supplémentation plus poussée et espèces résistantes à la salinité comme S.Melanotherodon: jusqu'à 8.

B-c) CAGES

A Taïwan on arrive dans des cages d'environ 120 m3 à des productions dépassant 45 kg/m3/an avec des monosexes à

forte croissance (O.Niloticus * O.Aureus) et une très bonne alimentation.

En moyenne les rendements en cage demeurent largement en deçà: de 10 à 25 kg/m3/an

B-d) CUVES

C'est la forme actuellement la plus intensive et aussi la plus coûteuse, les cycles de production sont raccourcis jusqu'à 4/an pour des rendements de 100-200 kg/m3/an.

B-e) EXTENSIF

Lacs et rivières: 0,2 à 0,5

Retenues artificielles:

_ Empoissonnement avec une seule espèce: jusqu'à 1,5.

_ Polyculture d'espèces productives et complémentaires (comme des associations Tilapias microphytophages avec des Carpes macrophytophages): jusqu'à 4-5, mais les poissons sont souvent petits car trop nombreux.

B-f) ELEVAGE INTEGRE

B-f-1) RIZIPISCICULTURE

_ extensive non enrichie: de 0,1 à 0,5.

_ extensive avec fertilisation: de 0,4 à 1.

_ semi-intensive (casiers, supplémentation et/ou fertilisation, conduite technique): de 1 à 2.

_ semi-intensive avec élevage complémentaire entre récolte et semis: jusqu'à 2,5-3.

B-f-2) ASSOCIATION D'ELEVAGES

Elevage associé avec porc ou canard (ou autre volaille)

_ Cages sur l'eau ou canards en liberté (200-300 canards à l'hectare): 2-3.

_ Récolte des déchets d'élevages intensifs et charge en Tilapias plus forte: jusqu'à 7.

_ Charges élevées (>10 /m2), supplémentation, technicité élevée, plusieurs cycles par an (en fait élevage très intensif utilisant comme appoints et fertilisants les déchets animaux): jusqu'à 18 ! (Taïwan).

C) TAUX DE SURVIE

En extensif, les chiffres restent d'autant moins connus que la reproduction n'est pas controlée. On s'en tient alors aux données physiologiques et comportementales des tilapias, le taux de survie demeure de toute façon élevé, d'où les rapides problèmes de surpopulation si on ne pêche pas.

En élevage intensif, plusieurs modalités se présentent, mais les résultats sont excellents:

_ Etangs de reproducteurs: de 85 à 95 % des oeufs incubés donnent des larves, taux de survie des fingerlings en grossissement: à partir de 75 % ,considéré comme bon.

_ Incubation artificielle en qualité d'eau très contrôlée: de 90 à 100 % ,idem par la suite.

Notons que les problèmes pathologiques sont peu souvent diagnostiqués ou tardivement, des mortalités de 40 à 100 % sont rapidement atteintes.

D) RENTABILITE ECONOMIQUE

C'est un critère difficile à appréhender en absolu car il dépend aussi bien du système général d'organisation de l'économie et du commerce d'un pays voire d'une région, que du type d'élevage. En considérant une pisciculture comme une entreprise à but lucratif, on peut néanmoins effectuer des comparaisons.

D-a) INVESTISSEMENTS

Dans l'ordre croîssant et suivant le type d'élevage:

- Rizipisciculture
- Elevages en étangs associés ou simples, semi-intensif, dans des structures déjà préexistantes.
- Enclos lagunaire
- Etangs intensifs à creuser
- Cages
- Etangs sophistiqués super-intensifs
- Cuves et raceways

Si l'investissement en extensif pour des lacs et rivières est nul ou presque, il reste en revanche difficilement chiffrable pour les retenues d'eau artificielles, le but premier n'étant pas la production de poissons.

D-b) COUTS INTERMEDIAIRES

Le coût principal reste l'aliment mais sur le prix d'un poisson commercialisé peuvent jouer des critères importants:

- Conditionnement ou non de l'aliment
- Pompage de l'eau éventuel et coût en énergie
- Entretien du matériel: canalisations, filets, grilles,cages, moyens de transport et de stockage
- Entretien des structures d'élevage: nettoyage des étangs ,cuves ,raceways
- Personnel, charges constantes

_ Achat de fingerlings dans les élevages uniquement de grossissement

_ Procédés de contrôle de la qualité d'eau dans les élevages de haut niveau (oxygénation, régulation de la tempérarture...)

D-c) CHOIX SELON L'INVESTISSEMENT DE DEPART

En règle générale aujourd'hui, un projet de pisciculture de Tilapia a toutes chances d'être rentable sous certaines conditions:

1) Investissements élevés

_ Utilisation de mâles d'espèces à forte croissance.

_ Valorisation de sous-produits et déchets de la région.

_ Conduite intensive.

_ Ecoulement rapide de la production, sans stockage.

2) Investissements peu élevés

_ Profiter des réservoirs d'eau en place sans les modifier.

_ Utiliser des espèces accomodées, résistantes et pouvant se nourrir sans complémentation.

_ Conduite semi-extensive ou extensive.

_ Associer à d'autres productions.

CONCLUSION

L'élevage du Tilapia connait actuellement une époque florissante. Il est considéré comme le groupe aquacole au plus fort potentiel. Ses qualités intrinsèques et les résultats d'élevage ont largement montré son aptitude à devenir une production animale de toute première valeur.

De nombreux pays ont débuté cette pisciculture ces dernières années, avec hélas parfois des résultats peu probants. Les différentes contraintes sont néanmoins en passe d'être aplanies, la multiplication des rendements par 5 , 10 ou plus par rapport à 30 ans auparavant en fournit le meilleur indice.

Il faut souligner que les recherches fondamentale et appliquée deviennent très actives au plan international , des symposiums sont maintenant régulièrement organisés. Un centre d'étude de l'aquaculture tropicale, sous l'égide de la FAO, parrainé par de nombreux pays africains, a vu le jour en 1983 au Nigeria, preuve de l'intense collaboration qui s'installe en ce domaine. Malheureusement, celle-ci se heurte encore trop fréquemment au manque de standardisation des méthodes, à l'isolement des centres et aux difficultés d'interprétation et de comparaison des résultats.Un effort important doit être poursuivi, notamment dans le créneau de la recherche génétique, très prometteur à court terme.

Produit riche en protéine, à bonne voire excellente rentabilité, le Tilapia est un atout des pays en voie de développement pour conquérir leur auto-suffisance alimentaire.Taïwan ,avec ses 80 000 tonnes de production annuelle, montre à cet égard, avec d'autres pays d'Asie du Sud-Est, un exemple de réussite exemplaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

01)-**AFRIQUE AGRICULTURE (1983)**- Dossier: Pêche continentale et aquaculture. Afrique Agriculture, (97), 31-43.

02)-**AQUINO(L.V.), NIELSEN(B.H.) (1983)**-Primary production and growth rate of Tilapia Nilotica in cages in Sampaloc Lake, Philippines. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Israël (Tel Aviv University), 453-463.

03)-**BALARIN(J.D.), HATTON(J.B.) (1979)**-Tilapia, a guide to their biology and culture in Africa- Stirling University: 174p.

04)-**BALARIN(J.D.), HALLER(R.D.) (1983)**- Commercial tank culture of Tilapia. In editors Fishelson (L.) and Aron (Z.), International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Israël (Tel Aviv University), 473-483.

05)-**BAILLY(J.M.) (1981)**- L'aquaculture lagunaire en Afrique tropicale. La pêche maritime, (1236), 166-170.

06)-**BARD(J.) (1980)**- Piscicultura intensiva das tilapias- Informe Agropecuario, (67),24-29.

07)-**BARD (J.), DE KIMPE(P.), LEMASSON(J.), LESSENT(P.)**

(1974)-Manuel de pisciculture tropicale, Paris (Jouve): 209p.

08)-BARDACH (J.E.), RYTHER(J.H.), MC LARNEY (W.C.) (1972)- Aquaculture, the farming and husbandry of freshwater and marine organisms, New York (Wiley Interscience), 868 p.

09)-BILLARD(R.) (1980)- La polyculture en étang- La pisciculture en étang Paris (INRA Publication), 269-281.

10)-BEHRENDS(L.L.), SMITHERMAN (R.O.) (1983)- Use of warm water effluents to induce winter spawning of tilapia in a temperate climate. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 446-454.

11)-BONDARI(K.), THREADGILL(E.D.), BENDER(J.A.) (1983)-Tilapia culture in conjunction with irrigation and urban farming. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Israël (Tel Aviv University), 484-493.

12)-CHERVINSKY(J.) (1982)- Environmental physiology of tilapias. In editors Pullin(R.S.V.) and Lowe-Mcconnel(R.H.), The biology and culture of tilapias ICLARM Conference Proceedings 7, Philippines (ICLARM), 119-128.

13)-CHING(A.W.), SIN, LUN CHIU(M.T.) (1983)- The intensive monoculture of the tilapia hybrid, Sarotherodon Nilotica (male) * S.Mossambica (female) in Hong-Kong. In editors Fi-

shelson(L.) and Aron(Z.), I.S.I.A., Israël (Tel Aviv University), 506-516.

14)-**CHOURROUT(D.), GUYOMARD(R.), CHEVASUS (B.) (1986)**: L'amélioration génétique des poissons- La recherche, 17(180): 1028-1038.

15)-**COCHE(A.G.) (1982)**- Cage culture of tilapias. In editors Pullin(R.S.V.) and Lowe-Mcconnel(R.H.), The biology and culture of tilapias ICLARM Conference Proceedings 7, Philippines (ICLARM), 205-246.

16)**DE KIMPE(P.) (1978)**- Première expérience de pisciculture en enclos flottant en lagune en Côte d'Ivoire, et perspectives de développement de cette technique en Afrique tropicale. Bois et For@ts des tropiques, (180), 59-64.

17)-**FERNANDO(C.H.) (1983)**- Zooplankton and fish production, with special reference to tilapias. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z), I.S.I.A., Israël (Tel Aviv University), 95-105.

18)-**FERREIRA(J.T.), SHOONBEE(H.J.) (1983)**- Use of heated sewage effluent from a power station for the culture of Oreochromis Mossambicus and Hypophtalmicchthys Molitris. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.I.A., Israël (Tel Aviv University), 435-445.

19)-FISHELSON(L.) (1983)- Social behaviour of adult tilapia fish in nature and in captivity. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 48-58.

20)-GAIGHER(I.G.) (1983)- Cage culture of Mozambique tilapia, Oreochromis Mossambicus, without artificial feeding in wastewater in South Africa. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 464-472.

21)-GRANOTH(G.), PORATH(D.) (1983)- An attempt to optimize feed utilisation by Tilapias in a flow-through aquaculture. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 550-558.

22)-HANSON(T.R.), SMITHERMAN(R.O.), SHELTON(W.L.), DUNHAM-(R.A.) (1983)- Growth comparaison of monosex tilapia produced by separation of sexes, hybridisation and sex-reversal. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 570-579.

23)-HARRISSON(R.C.) (1968)- Tilapia Mossambica. The Aquarium, 1 (9), 38-41.

24)-HEPHER(B.), PRURIGIN(Y.) (1982)- Tilapia culture in ponds under controlled conditions. In editors Pullin(R.S.V.) and Lowe-Mcconnel(R.H.), The biology and culture of tilapias ICLARM Conference Proceedings 7, Philippines (ICLARM), 185-203.

25)-**HICKLING(C.F.) (1984)**- The cultivation of tilapia. Science, **5** (208), 143-152.

26)-**HORA(S.L.), PILLAY(T.V.R.) (1962)**- Handbook on fish culture in the Indo-Pacific region. FAO Fish Biol. Tech. Pap., (14), 204p.

27)-**JACKSON(P.B.N.) (1978)**- Health and diseases in intensive aquaculture. Jour. South Afr. Vet. Assiociation, **49** (1), 57-59.

28)-**LAZARD(J.) (1980)**- Le développement de la culture intensive en Côte d'Ivoire- Exemple de la ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara (Korhogo)-Bois et Forêts des Tropiques, (190): 45-66.

29)-**LAZARD(J.) (1984)**- L'élevage du tilapia en Afrique, données techniques sur sa pisciculture en étang- Bois et Forêts des Tropiques, (206), 33-50.

30)-**LAZARD(J.), MORRISSENS(P.), PARREL(P.) (1987)**: Artisanal aquaculture of tilapia in west Africa: Comparative analysis of different culture systems and their development level. I.S.T.A. II Bangkok-11 p.

31)-**LESSENT(P.) (1977)**- Les méthodes et les systèmes de pisciculture intensive en Afrique tropicale-Bois et Forêts des Tropiques (172): 71-76.

32)-LESSENT(P.) (1977)-Rapport de mission à Madagascar, Nogent/Marne (Centre technique forestier tropical), 24 p.

33)LIAO(I-C.), CHANG(S-L.) (1983)-Studies of the feasability of red tilapia culture in saline water. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 524-533.

34)-LIAO(I-C.), CHEN(T-P.) (1983)-Status and prospects of tilapia culture in Taiwan. In edirtors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 588-598.

35)-LOVELL(T.) (1980)- Feeding Tilapia-Aquaculture Magazine 1(7): 42-43.

36)-LOVSHIN(L.L.) (1982)- Tilapia hybridization. In editors Pullin(R.S.V.) and Lowe-Mcconnel(R.H.), The biology and culture of tilapias ICLARM Conference Proceedings 7, Philippines (ICLARM), 279-308.

37)-LOVSHIN(L.L.), PRETO MALCA(R.) (1983)- A strategy for the use of tilapias in rural Latin America: The Panamnian integrated approach. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 494-505.

38)-MAJUMDAR(K.C.), MC ANDREW(B.J.) (1983)- Sex ratios from interspecific crosses within the tilapias. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University),

261-269.

39)-**MOGINTY(A.S.) (1983)**- Population dynamic of peacock bass, Cichla Ocellaris and Tilapia Nilotica in fertilised ponds. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 86-94.

40)-**MIRES(D.) (1983)**- A technical evaluation of Tilapia cultures. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel-Aviv University), 600-610.

41)-**MORRISSENS(P.), ROCHE(P.), TAUZES(P.), SONON(C.), AGLINGLO(C.) (1987)**: La pisciculture intensive en enclos dans les grandes lagunes du S-E Bénin- Bois et Forêts des Tropiques (213): 30 p.

42)-**NAIGEON(C.) (1980)**- La rizipisciculture-Afrique Agriculture, (67): 24-29.

43)-**OBERST(S.), VILLWOCK(W.) (1983)**- Growth and food conversion in tilapia under two different rearing conditions. In redacteur Fishelson(L.) and Aron (Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 374-383.

44)-**OBI(A.), SHELTON(W.L.) (1983)**- Androgen and oestrogen sex reversal in Tilapia Hormonum. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 165-173.

45)-OLUFEMI(B.E.), ROBERTS(R.J.) (1983)- Experimental aspergillomycosis in tilapias. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 185-192.

46)-PAPUNA(I.), VAN AS(J.G.), BASSON(L.) (1983)- Review of diseases affecting cultured cichlids. In redacteur Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 174-184.

47)-PAYNE(A.I.) (1983): Estuarine and salt tolerant tilapias. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 534-543.

48)-PHILIPPART(J.CL.), RUWETT(J.CL.) (1982)- Ecology and distribution of tilapias. In editors Pullin(R.S.V.) and Lowe-Mcconnel(R.H.), The biology and culture of tilapias ICLARM Conference Proceedings 7, Philippines (ICLARM), 15-59.

49)-PRUGININ(Y.) (1983): Planning aquaculture projects in developing countries. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 544-549.

50)-PULLIN(R.S.V.), LOWE-MCCONNEL(R.H.) (1982)- The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, Philippines (ICLARM), 432p.

51)-PULLIN(R.S.V.) (1983)-Choice of tilapia species for aquaculture. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S-

.I.A., Israël (Tel Aviv University), 64-76.

52)-RIJKS(J.) (1986)- Quelques aspects du développement de la pisciculture villageoise en Afrique tropicale. Synthèse bibliographique I.E.M.V.T.- 19 p.

53)-ROSS(B.), ROSS(L.G.) (1983)- The oxygen requirements of Oreochromis Niloticus under adverse conditions. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.I.A., Israël (Tel Aviv University), 134-143.

54)-SARIG(S.) (1983)- A review of tilapia culture in Israël. In editors Fisherson(L.) and Aron(Z.), I.S.I.A., Israël (Tel Aviv University), 116-122.

55)-SCHOENEN(P.) (1982)- A bibliography of important tilapias (Pisces: Cichlidae) for aquaculture. ICLARM Bibliographies 3, Philippines (ICLARM), 336p.

56)-SCHOENEN(P.) (1984)- A bibliography of important tilapias (Pisces: Cichlidae) for aquaculture:supplement. ICLARM Bibliographies 3, supplement 1, Philippines (ICLARM), 191p.

57)-VAN DER LINGEN(M.I.) (1960)- The use of animal manures and the integration of animal keeping and fish culture in tilapia culture. Hydrobiology and inland fisheries: Symposium on problems of major lakes, Zaïre, 7p.

58)-VERANI(J.R.), MARINS(M.), DA SILVA(A.B.), SOBRONHO(A.C.) **(1983)**- Population control in intensive fish culture associating Oreochromis Niloticus with the natural predator Cichla Ocellaris: quantitive analysis. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 580-587.

59)-VERANI(J.R.), PINTO(C.S.R.M.), PAIVA(P.), TABATA(Y.A.) **(1983)**- Experimental studies on intensive fish culture of the all-male hybrid of Sarotherodon Niloticus (female) * S.Hormonum (male) stocked various levels. In editors Fishelson(L.) and Aron(Z.), I.S.T.A., Israël (Tel Aviv University), 517-523.