

IDRC  
CRDI  
CIID



C A N A D A

**AQUACULTURE SYSTEMS  
RESEARCH IN AFRICA**

PROCEEDINGS OF A WORKSHOP HELD IN  
BOUAKE, CÔTE D'IVOIRE,  
14-17 NOVEMBER 1988

**RECHERCHES SUR LES  
SYSTÈMES AQUACOLES  
EN AFRIQUE**

COMPTE RENDU D'UN ATELIER TENU À  
BOUAKÉ, CÔTE D'IVOIRE,  
DU 14 AU 17 NOVEMBRE 1988

**ARCHIV  
91585**

The International Development Research Centre is a public corporation created by the Parliament of Canada in 1970 to support technical and policy research designed to adapt science and technology to the needs of developing countries. The Centre's five program sectors are Environment and Natural Resources, Social Sciences, Health Sciences, Information Sciences and Systems, and Corporate Affairs and Initiatives. The Centre's funds are provided by the Parliament of Canada; IDRC's policies, however, are set by an international Board of Governors. The Centre's headquarters are in Ottawa, Canada. Regional offices are located in Africa, Asia, Latin America, and the Middle East.

Le Centre de recherches pour le développement international, société d'État créée en 1970 par une loi du Parlement du Canada, a pour mission d'appuyer l'exécution de recherches qui, dans le domaine technique et dans celui des politiques, ont pour but d'adapter les sciences et la technologie aux besoins des pays en développement. Ses cinq secteurs d'activités sont : l'environnement et les richesses naturelles, les sciences sociales, les sciences de la santé, les sciences et systèmes d'information, et les initiatives et affaires institutionnelles. Le CRDI est financé par le Parlement du Canada, mais c'est un conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa, au Canada, il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá en apoyo de la investigación técnica y de política concebidas a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Los cinco programas sectoriales del Centro son Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud, Ciencias y Sistemas de la Información, y Asuntos Corporativos e Iniciativas. Los fondos del Centro provienen del Parlamento de Canadá; sin embargo, las políticas del CIID son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, África, Asia y el Medio Oriente.

This series includes meeting documents, internal reports, and preliminary technical documents that may later form the basis of a formal publication. A Manuscript Report is given a small distribution to a highly specialized audience.

La présente série est réservée aux documents issus de colloques, aux rapports internes et aux documents techniques susceptibles d'être publiés plus tard dans une série de publications plus soignées. D'un tirage restreint, le rapport manuscrit est destiné à un public très spécialisé.

Esta serie incluye ponencias de reuniones, informes internos y documentos técnicos que pueden posteriormente conformar la base de una publicación formal. El informe recibe distribución limitada entre una audiencia altamente especializada.

IDRC-MR308e,f  
March/Mars 1992

## **Aquaculture systems research in Africa**

Proceedings of a workshop  
held in Bouake, Côte d'Ivoire,  
14-17 November 1988

## **Recherches sur les systèmes aquacoles en Afrique**

Compte rendu d'un atelier tenu à  
Bouaké, Côte d'Ivoire, du  
14 au 17 novembre 1988

*Editors/Rédacteurs*

*Garry M. Bernacsek  
Howard Powles*



ARCHIV  
639.3(6)  
647

INTERNATIONAL DEVELOPMENT  
RESEARCH CENTRE  
Ottawa • Cairo • Dakar • Montevideo  
• Nairobi • New Delhi • Singapore

CENTRE DE RECHERCHES POUR LE  
DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL  
Ottawa • Dakar • Le Caire • Montevideo  
• Nairobi • New Delhi • Singapour

**Material contained in this report is reproduced in the original language of presentation, English or French. It is produced as submitted and has not been subjected to peer review or editing by IDRC Publications Unit staff. Unless otherwise stated, copyright for material in this report is held by the authors. Mention of proprietary names does not constitute endorsement of the product and is given only for information.**

**Les textes de ce rapport sont reproduits dans la langue originale de présentation, le français ou l'anglais. Ils sont reproduits tel qu'ils ont été soumis, sans examen par des pairs ni révision par le personnel de la Section des publications du CRDI. À moins d'indication contraire, les droits d'auteur de ce rapport appartiennent aux auteurs. La mention d'une marque déposée ne constitue pas une sanction du produit; elle ne sert qu'à informer le lecteur.**

**ISBN 0-88936-624-1**

## TABLE OF CONTENTS/TABLE DES MATIÈRES

Foreword/Avant-propos .....	vii
INTRODUCTION .....	1
Summary of workshop proceedings/Sommaire du compte rendu de l'atelier <b>M. Vincke</b> .....	3
La Station de recherches piscicoles de Bouaké-Kokondekro <b>A. Yte Wongbe</b> ....	11
Potentialités piscicoles des écosystèmes fluviolacustres de la Côte d'Ivoire <b>Kassoum Traore</b> .....	38
SOCIOECONOMIC STUDIES/ÉTUDES SOCIO-ÉCONOMIQUES .....	47
Aspects économiques de la production piscicole en étang : l'expérience de la pisciculture rurale au centre ouest et au centre de la Côte d'Ivoire <b>C. Koffi</b> .....	49
Large-scale reconnaissance survey of socioeconomic condi- tions of fish farmers and aquaculture practices in the West and North West provinces of Cameroon <b>B.P. Satia,</b> <b>P.N. Satia</b> and <b>A. Amin</b> .....	64
Aquaculture for local community development program (Zambia) <b>Henk Van Der Mheen</b> .....	91
CULTURE SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL HABITATS/SYSTÈMES PISCICOLES AVEC HABITATS ARTIFICIELS .....	99
Acadja-enclos : de la pêche de cueillette à la pêche de culture <b>Saurin Hem</b> .....	101
Étude préliminaire de la microflore benthique et de la faune inféodée aux acadja-enclos, Lagune Ébrié (Côte d'Ivoire) <b>Annabelle Amino Konan</b> .....	114
Culture of the West African mangrove oyster ( <i>Crassostrea tulipa</i> ) in The Gambia <b>Momodou A. Cham</b> .....	135
Effect of successive harvesting on the production of <u><i>Tilapia nilotica</i></u> and tilapia hybrid reared in cages for 185 days <b>Amir Ph. Habashy</b> .....	147

Considérations zootechniques et économiques sur l'élevage de <u>Tilapia nilotica</u> en cages à Touro (Katiola), République de Côte d'Ivoire <b>Guido Gorissen</b> .....	156
<b>CATFISH CULTURE/PISCICULTURE DU POISSON-CHAT</b> .....	171
Premier bilan des essais de production en masse de <u>Clarias</u> à l'écloserie de Loka, Bouaké <b>Jacqueline Vagba Nugent</b> .....	173
Observations préliminaires sur la reproduction naturelle semi-contrôlée du poisson-chat africain, <u>Clarias gariepinus</u> <b>D. Nguenga</b> .....	190
Effect of season on controlled propagation of the African catfish, <u>Clarias gariepinus</u> (Burchell 1822) <b>O.A. Ayinla</b> and <b>F.O. Nwadukwe</b> .....	198
Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, <u>Heterobranchus longifilis</u> (Clariidae), en milieu lagunaire (Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire) <b>Marc Legendre</b> .....	211
<b>TILAPIA CULTURE/PISCICULTURE DU TILAPIA</b> .....	233
Contribution à une réflexion sur des stratégies de recherche et développement en aquaculture du tilapia en Afrique subsaharienne <b>J. Lazard</b> .....	235
Étude des processus morphologiques et endocrinologiques de la différenciation naturelle du sexe chez <u>Oreochromis niloticus</u> , appliquée à la production de populations mono-sexes : intérêts et perspectives <b>J.F. Baroiller</b> .....	256
Split-plot ANOVA interactions between fertilizer application, ecological conditions, and plankton dynamics and fish yield in tropical fish ponds <b>C. Yetunde Jeje</b> ...	267
Comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides d' <u>Oreochromis</u> pour leur utilisation en aquaculture (Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire) <b>T. Doudet</b> .....	294
Polyculture of <u>Oreochromis shiranus chilwae</u> and <u>Cyprinus carpio</u> in experimental ponds <b>O.V. Msiska</b> .....	316
Effect of supplemental feed on the growth of <u>Oreochromis niloticus</u> in ponds in Liberia <b>Naomi I. Cassell, John M. Dukuly, J.M. Jallah, John M. Kaykay</b> and <b>George Yientee</b> .....	323

Production of male tilapias by handsexing and induced androgen sex reversal in net cages <b>Mark Owusu-Frimpong</b> ..	328
Pratique de l'élevage monosexé de <u>Tilapia nilotica</u> en milieu rural en Côte d'Ivoire <b>P.F. Galbreath</b> et <b>A.D. Ziehi</b> .....	337
Recherches sur le tilapia lagunaire <u>Sarotherodon melano-theron</u> : bilan des essais d'optimisation de la croissance en élevage intensif <b>A. Cissé</b> .....	357
Une expérience de coopérative piscicole en République centrafricaine <b>Michel Bérubé</b> .....	370
Le volet piscicole du projet périurbain de la Commune de Daloa <b>M. Oswald</b> et <b>Y. Copin</b> .....	382
Mise en oeuvre d'une pisciculture en étangs non vidangeables sur nappe phréatique au Bénin <b>Barnabé Kpogbezan</b> et <b>Jean-Pierre Hirigoyen</b> .....	398
Participants .....	423

**ASPECTS ÉCONOMIQUES DE LA PRODUCTION PISCICOLE EN ÉTANG :  
L'EXPÉRIENCE DE LA PISCICULTURE RURALE AU CENTRE OUEST ET  
AU CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE**

**C. Koffi**

**Projet pisciculture en milieu rural, Division piscicole  
B.P. 143, Abengourou, Côte d'Ivoire**

**Résumé** Face à une augmentation de la demande pour le poisson et à une production nationale plus ou moins stable depuis 1980, la Côte d'Ivoire met beaucoup d'efforts dans le développement de la pisciculture. L'objectif de la présente étude est d'établir la rentabilité des différents types de systèmes piscicoles pratiqués dans les eaux continentales de la Côte d'Ivoire. Sept types ou modèles de pisciculture ont été définis, caractérisés par le type d'aliment utilisé (aliment 3A ou son de riz); la fertilisation (compostière, lisier de porc, aucune); élevage monosex de tilapia en combinaison avec un prédateur ou élevage de tilapia de sexes mixtes sans prédateur; encadrement dense ou léger. Des indices économiques et financiers ont été calculés pour chacun des sept modèles. La rentabilité est maximale dans les exploitations plus intensives, basées sur tilapia monosex avec prédateur et sur l'utilisation régulière d'un aliment; les exploitations extensives (tilapias sexes mixtes, alimentation irrégulière) opèrent souvent en déficit. L'utilisation de lisier de porc comme engrais accroît les rendements et la rentabilité.

**Abstract** Faced with a growing demand for fish, and with a national fishery production which has not increased since 1980, Côte d'Ivoire is presently investing considerable effort in the development of fish culture. The objective of the present study was to examine the profitability of the different fish culture systems used in the inland waters of Côte d'Ivoire. Seven types or models of fish culture systems were defined, characterized by the type of feed used (3A feed or rice bran); fertilization (compost, pig manure, or none); monosex tilapia in association with a predator or mixed-sex tilapia without predator; extension support intensive or light. Financial and economic indices were calculated for each of the seven models. Profitability was maximal for more intensive culture systems, based on monosex tilapia with predator and regular feeding; more extensive culture (mixed-sex tilapia, irregular feeding) frequently operated at a loss. Use of pig manure as fertiliser increased yields and profits.

## **Problématique**

Les pêches sont une des variantes essentielles de la politique ivoirienne de sécurité alimentaire orientée depuis 1980 vers l'augmentation de la production vivrière. Cinquante-six pourcent de la consommation de protéines animales sont d'origine piscicole. Or, en raison de contraintes multiples, la production des pêches fluctue autour de 100 000 t/an depuis 1980. Parallèlement, la demande nationale en poisson est en croissance sur la même période. Elle était de 182 423 t en 1985. Aussi, la Côte d'Ivoire est-elle conduite à importer massivement des poissons congelés pour combler le déficit.

Pour freiner ces importations et résoudre l'épineux problème d'approvisionnement du marché en poisson frais dans le temps et dans l'espace, la pisciculture pourrait constituer une solution si elle s'avérait financièrement et économiquement rentable. De fait, des efforts en vue du développement de la pisciculture semblent s'être intensifiés ces dernières années à travers deux projets de développement :

- ° le Projet d'aquaculture lagunaire, basé au CRO à Abidjan;
- ° le Projet de développement de la pisciculture en milieu rural continental, basé à Bouaké.

Une gamme diversifiée de systèmes piscicoles est vulgarisée par le Projet de développement de la pisciculture en milieu rural. La dimension socio-économique de ces systèmes demeure cependant mal explorée. Des recherches s'avèrent donc nécessaires pour saisir les déterminants de l'augmentation de la production piscicole en étang.

Une variable importante pour les pisciculteurs est l'intensité de l'encadrement offert par les services gouvernementaux. Nous avons considéré trois niveaux et types d'encadrement dans la présente étude.

### **Modes d'encadrement des pisciculteurs**

#### **L'encadrement léger**

Ce type d'encadrement est assuré par les services du Projet de développement de la pisciculture en milieu rural. Le suivi n'est pas très assidu dans la plupart des cas. Généralement contraints par le temps et les moyens matériels et financiers mis à leur disposition, les encadreurs ont du mal à assurer simultanément le suivi intense des pisciculteurs déjà installés et la création de nouvelles vocations.

#### **L'encadrement dense PAPUCD**

Le PAPUCD (Programme agricole périurbain de la Commune de Daloa) a, en son sein, une cellule de pisciculture. L'encadrement

des pisciculteurs est assuré par un ingénieur agronome de l'Association française des volontaires du progrès.

Le PAPUCD fait crédit à ses pisciculteurs. Le taux d'intérêt nominal est nul. Le crédit est modulé en fonction de la catégorie sociale des pisciculteurs prioritaires. Le suivi est très régulier du fait, notamment, du nombre restreint des pisciculteurs encadrés et de l'importance relative des moyens matériels, financiers et humains engagés. Le suivi comprend plusieurs phases, dont la première est très intensive (2 à 3 visites par semaine pour «apprécier» la motivation du pisciculteur qui sollicite l'encadrement. En outre, le PAPUCD organise deux séminaires de formation pour pisciculteurs par an.

#### **L'encadrement dense «pisciculteurs témoins»**

Les pisciculteurs témoins bénéficient d'un encadrement dense du Projet de développement de la pisciculture en milieu rural. Le but du programme «Pisciculteurs témoins» est de développer un cadre de pisciculteurs performants et motivés, qui pourront à la fois fournir des données sur les rendements optimaux de la pisciculture et agir comme modèles ou formateurs pour les autres pisciculteurs. Ils sont choisis parmi les plus prometteurs des pisciculteurs à encadrement léger ou PAPUCD. Ils doivent justifier d'une motivation et d'un nombre d'étangs permettant une exploitation en système d'élevage monosexé de tilapia. En revanche, le Projet leur octroie une subvention en matériel d'exploitation (seine, peson, épuisette, filet).

#### **Objectifs de la recherche**

L'objectif principal de cette recherche est de déterminer la rentabilité économique et financière des systèmes de pisciculture susceptibles d'être vulgarisés. De manière spécifique, il s'agit d'inventorier les différents systèmes piscicoles, évaluer et comparer leur rentabilité financière et économique, évaluer la rentabilité des différents types d'encadrement, et déterminer les contraintes en facteurs des systèmes.

#### **Méthodologie**

##### **Définition de modèles**

Afin d'étudier les différentes variables influençant la performance des pisciculteurs, nous avons défini sept modèles de pisciculture combinant les variables encadrement, aliment, et élevage monosexé/sexes mixtes. Dans la discussion des résultats, il sera également question de l'effet de l'expérience et des différences entre les entreprises piscicoles dans les zones forestières et dans les savanes, sur la rentabilité de la pisciculture. Les modèles sont définis comme suit :

° M<sub>1</sub> Pisciculteurs témoins, Bouaké

Monoculture du tilapia sexes mixtes dans l'étang de géniteurs; alevins de tilapia mixtes en monoculture dans l'étang de prégrossissement : tilapia monosexé mâle et Clarias en polyculture dans l'étang de production. Aliment 3A. Fertilisation par compostière. Encadrement dense.

° M<sub>2</sub> Pisciculteurs témoins, Daloa

Tilapia sexes mixtes en monoculture dans l'étang de géniteurs; alevins de tilapia sexes mixtes et monoculture dans l'étang de prégrossissement; tilapia monosexé mâle et Clarias en polyculture dans l'étang de production. Aliment, son de riz. Fertilisation par compostière. Encadrement dense.

° M<sub>3</sub> Modèle PAPUCD

Tilapia sexes mixtes en monoculture dans l'étang de géniteurs; alevins de tilapia sexes mixtes en monoculture dans l'étang de prégrossissement; tilapia monosexé mâle et Clarias (ou autre prédateur) en polyculture dans l'étang de production. Aliment, son de riz. Fertilisation au lisier de porc. Encadrement dense.

Note : Les pisciculteurs pratiquant les systèmes M<sub>2</sub> et M<sub>3</sub> sont considérés comme des pisciculteurs témoins. De fait, ils sont encadrés par le PAPUCD, qui est une structure extérieure au Projet de développement de la pisciculture en milieu rural, sont aussi suivis par le Projet qui les considère comme pisciculteurs témoins du fait de leurs bonnes performances. Mais la spécificité du modèle PAPUCD par rapport à celui des autres pisciculteurs témoins nous a conduit, par souci d'éclectisme, à définir deux modèles différents.

° M<sub>4</sub> : Encadrement léger, Bouaké, élevage monosexé de tilapia. Aliment 3A.

° M<sub>5</sub> : Encadrement léger, Daloa, élevage monosexé de tilapia. Aliment, son de riz.

° M<sub>6</sub> : Encadrement léger, Bouaké, élevage mixte de tilapia. Combinaison d'aliment 3A; son de riz. (Observation : Alimentation irrégulière et insuffisante.)

° M<sub>7</sub> : Encadrement léger, Daloa, élevage mixte de tilapia. Aliment, son de riz. (Observation : Alimentation irrégulière et insuffisante.)

## Analyses économiques

L'analyse de la rentabilité économique et financière est faite grâce à une analyse des comptes (bilan et compte d'exploitation) et ratios (relations «input-output» et «input-input»; valorisation du travail familial, valorisation des fonds propres, et valorisation des actifs; ratios de liquidité et de solvabilité, etc.) Ces ratios sont, en outre, soumis à une analyse de sensibilité qui fait ressortir plusieurs scénarios tenant compte des éléments d'incertitude et de risques liés aux aléas naturels et économiques.

Le passage des comptes financiers aux comptes économiques implique trois corrections essentielles :

- ° conversion des prix financiers des biens en leur valeur économique;
- ° correction de change;
- ° élimination des transferts (remboursement du capital et intérêts, taxes et subventions).

La rentabilité des systèmes d'encadrement se perçoit à travers l'analyse du ratio coût-avantage. Les contraintes en facteurs s'apprécient par l'analyse en terme de besoins (des normes existent) et des disponibilités.

Pour mener à bien les analyses, un recours est fait à des données secondaires et surtout à des données primaires, recueillies à partir d'enquêtes auprès d'un échantillon de 104 pisciculteurs, dont 36 à Bouaké et 68 à Daloa. Les variables recueillies se rapportent pour l'essentiel aux entrées et sorties sur une période annuelle.

### Analyse des résultats

Les critères de mesure de performance suivants ont été retenus et analysés :

- ° Ratio bénéfice-coût (R<sub>1</sub>) - Ce ratio permet d'apprécier la rentabilité des différents systèmes d'encadrement.

$$R_1 = \frac{AS}{CT} \quad \begin{array}{l} \text{(avantages supplémentaires)} \\ \text{(coût total de l'encadrement)} \end{array}$$

- ° Ratios de productivité moyenne des facteurs et relations input-input - Ce ratio permet d'apprécier l'importance relative des facteurs capital et travail dans les différents systèmes.

$\frac{K}{L}$  : Intensité capitalistique

$\frac{L}{T}$  : Temps de travail par unité de superficie

$\frac{K}{T}$  : Investissement en capital par unité de superficie

$\frac{Q}{T} = \frac{Q}{L} \cdot \frac{L}{T} = \frac{Q}{K} \cdot \frac{K}{T}$  : Productivité de la terre

$\frac{Q}{L} = \frac{Q}{T} \cdot \frac{T}{L} = \frac{Q}{K} \cdot \frac{K}{L}$  : Productivité du travail

$\frac{Q}{K} = \frac{Q}{T} \cdot \frac{T}{K} = \frac{Q}{L} \cdot \frac{L}{K}$  : Productivité du capital

L'analyse de la productivité moyenne des facteurs permet d'apprécier l'efficacité des systèmes de production. Plus spécifiquement, l'analyse de la tendance des relations input-input ( $K/T$ ,  $L/T$ ) et des ratios de productivité des facteurs ( $Q/K$ ,  $Q/L$ ,  $Q/T$ ) - en d'autres termes, l'inverse des coefficients de production - en fonction de la taille des fermes permet de vérifier l'hypothèse d'existence d'économies d'échelle.

- ° Ratios de valorisation des ressources contributives (valorisation du travail familial, valorisation des fonds propres, et valorisation des actifs). La rémunération de chacun des facteurs s'obtient en attribuant une charge à l'un des facteurs et en calculant la valeur résiduelle de l'autre, soit :

TRT : Taux de rémunération journalière du travail et de la gestion familiale

TRF : Taux de rentabilité des fonds propres

TRA : Taux de rémunération des actifs

BNE : Bénéfice net de l'exploitation, qui constitue la rémunération des ressources contributives globales (travail et gestion familiale, autre travail non rémunéré, fonds propres)

I : Intérêt net sur les fonds propres

I se calcule en appliquant aux fonds propres un taux d'intérêt ( $i$ ) correspondant au coût d'opportunité du capital diminué du taux de croissance annuelle de la valeur des fonds propres. Le coût d'opportunité du capital est le taux d'intérêt accessible en investissant dans des secteurs alternatifs ayant des risques comparables.



Rémunération des actifs  
Montant des charges d'intérêts

Produit  
Intérêt + remboursement de dettes

Intérêt  
Dépenses d'exploitation

### **Analyse financière des résultats**

Le Tableau 1 est un résumé des résultats de la présente étude.

Aux prix prévalant sur le marché des divers intrants et extrants, les performances des pisciculteurs peuvent s'apprécier à la fois en termes d'efficacité, de rentabilité et de solvabilité.

### **Productivité des facteurs et relations input-input**

L'analyse de la productivité moyenne des facteurs permet d'apprécier l'efficacité des systèmes de production. Plus spécifiquement, l'analyse de la tendance des relations input-input ( $K/T$ ,  $L/T$ ) et des ratios de productivité des facteurs ( $Q/K$ ,  $Q/L$ ,  $Q/T$ ). En d'autres termes, l'inverse des coefficients de production permet de vérifier l'hypothèse d'existence d'économies d'échelle.

#### **De l'efficacité des systèmes de production**

Quel que soit le type d'aliment (3A ou son de riz) la productivité moyenne des facteurs ( $Q/K$ ,  $Q/L$ ,  $Q/T$ ), les ratios  $K/T$  et  $L/T$ , ainsi que l'intensité capitaliste sont très faibles sur les fermes pratiquant l'élevage mixte (modèles  $M_6$  et  $M_7$ ). La faible productivité des facteurs s'explique par le faible rendement induit par la faible utilisation des intrants en capital et par le travail.

Sur les fermes pratiquant l'élevage monosexé, mais légèrement encadrées, la productivité des facteurs est certes supérieure à la productivité sur les fermes pratiquant l'élevage mixte, mais nettement inférieure à la productivité des facteurs sur les fermes utilisant l'élevage monosexé et bénéficiant d'un encadrement dense. Les fermes densément encadrées sont aussi celles où l'utilisation des facteurs de production est la plus intense, comme l'attestent les ratios  $K/T$  et  $L/T$ , et où l'intensité capitaliste et la productivité des facteurs sont les plus élevées.

La productivité du capital sur les fermes densément encadrées utilisant l'aliment 3A est plus faible que sur les fermes densément encadrées utilisant le son de riz. Cela tient au fait que l'augmentation de la productivité des facteurs terre et travail sur les modèles utilisant l'aliment 3A est consécutive à une utilisation intensive de l'aliment 3A, qui est un input en capital.

Tableau 1. Indices économiques de performance des modèles de pisciculture.

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>
Bénéfice net d'exploitation (BNE)	173 415	171 430	642 780	68 575	22 350	105	- 1 715
X <sup>e</sup> monétaire/are	12 230	12 245	22 430	5 745	2 750	20	- 345
Relations input-input							
K/L	1 942	482	140	1 400	535	1 420	810
L/T	5,75	5,82	6,25	5,3	3,9	2,51	1,79
K/T	11 185	2 805	875	7 375	2 095	3 565	1 450
Productivité moyenne des facteurs							
Q/T	21 820	16 240	23 895	13 990	5 545	4 255	1 752
Q/L	4 325	2 790	3 880	2 655	1 415	1 695	980
Q/K	1,95	5,8	27,3	1,9	2,6	1,2	1,2
Valorisation des facteurs							
TRT (rémunération journalière du travail et gestion familiale)	2 440	2 210	3 950	1 870	452	- 795	- 1 635
TRF (rémunération des fonds propres) (%)	43	37	38	22,6	8	- 1,2	- 3,5
TRA (rémunération des actifs) (%)	43	37	115	22,6	8	- 1,2	- 3,5
Ratios de liquidité et de solvabilité							
ACT	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
PCT							
AMT	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
PMT							
P	1	1	2,5	1	1	1	1
FP	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
RA							
I							
Charges	0	0	0	0	0	0	0
Produit	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Service de la dette							

L'intensité capitaliste est relativement forte car l'intensité d'utilisation du travail (L/T) n'est pas significativement différente de la moyenne générale des modèles d'élevage monosexé densément encadrés ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ) alors que K/T est relativement très élevé.

La productivité des facteurs K, L, T est relativement élevée pour le modèle d'élevage monosexé utilisant le son de riz comme aliment et la fertilisation au lisier de porc (modèle  $M_3$  d'encadrement dense PAPUCD). Cette forte productivité des facteurs est due à l'augmentation des rendements par l'utilisation d'un fertilisant performant et gratuit.

Au total, dans ces systèmes piscicoles où la fourchette de variation des prix est très faible, les principaux déterminants de l'augmentation de la productivité des facteurs sont :

- ° l'intensification du travail et de l'utilisation des intrants;
- ° la performance technologique (élevage monosexé, association d'espèce, bonne fertilisation);
- ° la qualité de l'encadrement.

#### **De l'existence d'économies d'échelles**

Les résultats de l'analyse comparative des productivités sur les fermes classifiées sur la base du critère d'infériorité (supériorité) à la superficie moyenne des fermes de l'échantillon constituant le modèle ne permettent pas de conclure à l'existence d'économies ou de déséconomies d'échelle sur les modèles d'élevage monosexé de tilapia avec l'aliment 3A (modèle d'encadrement dense  $M_1$ ) ou son de riz et fertilisation au lisier de porc (modèle  $M_3$ ). Il en est de même pour le modèle d'élevage monosexé utilisant le son de riz comme aliment et bénéficiant de l'encadrement léger (modèle  $M_5$ ).

Pour ces modèles d'élevage, en effet, l'intensité d'utilisation des facteurs (K/T, L/T) est identique, quelle que soit la taille des fermes. Il en est de même pour les productivités des facteurs.

Pour le modèle d'élevage monosexé bénéficiant de l'encadrement dense  $M_2$ , cependant, il semble y avoir des économies d'échelle pour le facteur travail, tandis que la productivité du capital est uniforme. La faible productivité du travail découle de la faible productivité de la terre sur les grandes fermes, elle-même induite par le faible investissement en capital (K/T faible).

Pour le modèle d'élevage monosexé utilisant l'aliment 3A et bénéficiant de l'encadrement léger ( $M_4$ ), la productivité des facteurs terre et travail est plus élevée sur les fermes relativement grandes. La productivité du capital est uniforme. On note que l'intensité capitaliste est trois fois plus élevée sur les

grandes fermes car l'investissement en capital par unité de superficie y est très élevé.

Pour les modèles d'élevage mixte de tilapia ( $M_6$  et  $M_7$ ) qui, par ailleurs, bénéficient d'un encadrement très sommaire, il semble se dessiner un phénomène d'économies d'échelle qui confirme l'idée répandue selon laquelle les élevages mixtes non suivis et où l'apport d'aliment est aléatoire donnent de meilleurs résultats en élevage extensif sur de grandes superficies.

### **Rentabilité des systèmes de production**

La rentabilité financière n'est pas établie sur la majorité des fermes piscicoles, comme l'atteste la faiblesse des ratios de valorisation des facteurs de production pour les modèles d'élevage mixte de tilapia. Les modèles  $M_6$  et  $M_7$ , qui regroupent la majorité des pisciculteurs, donnent un produit monétaire net à l'are de 600 et 300 F CFA, respectivement. Le taux de rentabilité de fonds propres, qui égale le taux de rentabilité des actifs, tout comme le taux de rémunération journalière du travail et la gestion familiale sont faibles en raison de la négativité du produit monétaire net. Les multiples abandons se justifient par le manque de rentabilité.

Les pisciculteurs utilisant les techniques d'élevage monosexu obtiennent de meilleurs résultats.

Avec l'encadrement léger, le produit monétaire net/are est de 5 745 et 2 750 F CFA; le taux de rémunération du travail familial est de 1 070 et 452 F CFA; et le taux de rentabilité des fonds propres (qui égale le taux de rentabilité des actifs) est de 22,6 et 8 % pour les modèles  $M_4$  et  $M_5$ , respectivement.

Avec l'encadrement dense, les résultats sont certes nettement meilleurs, mais ils doivent être appréciés avec relativité. En effet, les populations respectives bénéficiant de ce niveau d'encadrement sont faibles, d'où la faiblesse des échantillons. En outre, dans le cas spécifique du modèle PAPUCD ( $M_3$ ), les trois pisciculteurs retenus dans l'échantillon sur la dizaine de pisciculteurs PAPUCD sont ceux dont l'installation est définitivement considérée comme performante.

Pour les modèles  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$ , respectivement, le produit monétaire net/are est de 12 230, 12 245, et 22 430 F CFA; le taux de rémunération du travail est de 2 440, 2 210, et 3 950 F CFA; le taux de rentabilité des fonds propres (qui égale le taux de rentabilité des actifs pour les modèles  $M_1$  et  $M_2$ ) est de 43, 43, et 328 %. Le taux de rentabilité des actifs est de 115 % pour le modèle  $M_3$ .

Il se dessine une corrélation positive entre le niveau d'encadrement et l'intensité d'utilisation du facteur travail des intrants (aliments et fertilisants), et l'efficacité et la renta-

bilité des systèmes. En revanche, l'impact des différences d'environnement économique (supériorité du pouvoir d'achat des populations paysannes des zones forestières) et géophysique (permanence des sources d'eau en milieu forestier), considérées respectivement comme des facteurs probables de différenciation des prix et des rendements, n'est pas sensible. Dans les faits, la tendance est à l'égalisation des prix et des rendements.

#### **L'égalisation du prix des intrants et extrants piscicoles**

La demande et l'offre d'intrants piscicoles, en raison du niveau égal de développement de la pisciculture dans les deux zones, présentent des similitudes qui justifient la tendance à l'égalisation des prix.

L'offre d'intrants provient soit de l'atelier de fabrication de l'aliment 3A, dont le prix est administré et uniforme, soit des décortiqueurs de riz, également installés dans les deux régions. La fourchette de variation du prix du son de riz est sensiblement la même (entre 150 et 500 F CFA/sac de 100 kg). Le petit outillage de fabrication artisanale est généralement acheté sur les marchés urbains, où les conditions de commercialisation sont semblables.

Le poisson de pisciculture (tilapia) est confronté à une concurrence égale du tilapia de lac dans ces deux régions caractérisées par la proximité des zones de pêches sur le barrage de Kossou (Béoumi, à 45 km de Bouaké, et Bouaflé). De fait, la fourchette de variation du prix du poisson de pisciculture en fonction de la rareté relative est de 400 à 600 F CFA/kg de tilapia de taille supérieure à 170 g dans les deux régions. Le prix par kg de poisson de petite taille varie dans les mêmes proportions (entre 100 et 350 F CFA).

#### **Facteurs liés aux rendements**

Deux paramètres déterminent les rendements : la durée d'opérationnalité des étangs dans l'année et la croissance journalière du stock de poissons.

Sur les fermes des pisciculteurs densément encadrées, l'eau est en général permanente, même en zone de savane. En outre, l'aliment 3A, utilisé intensément par les pisciculteurs dans la zone de Bouaké, permet une croissance de poids de l'ordre de 0,7 à 1 g/j dans les élevages monosexes, comparativement à 0,5 g/j avec le son de riz dont l'utilisation est généralisée à Daloa. La meilleure performance de l'aliment 3A permet de raccourcir sensiblement la durée du cycle d'élevage et de lever la contrainte liée à la baisse du niveau d'eau pendant les périodes de sécheresse en zone de savane.

Pour le modèle PAPUCD, la fertilisation au lisier de porc permet, même en utilisant le son de riz, d'atteindre un taux de croissance moyen voisin du taux atteint avec l'aliment 3A. La conjugaison de la bonne croissance de poids et de la permanence de l'eau justifie le rendement élevé.

Les modèles d'élevage mixte  $M_6$  et  $M_7$  sont caractérisés par la négligence des activités. Le manque d'apport d'aliment et de fertilisant, combiné à la surpopulation, provoquent très rapidement l'arrêt de la croissance qui se manifeste par le nanisme conformément aux conclusions du modèle de Gordon et Shaefer.

Le modèle de Gordon et Shaefer établit, dans l'hypothèse d'un stock de poissons isolé (c'est le cas de l'élevage en étang), la relation entre le taux de croissance du stock (G) et le poids du stock (P).

$$G = aP (1 - P/K)$$

a : Taux de croissance maximum jamais atteint par le stock.  
K : Environmental carrying capacity.

À la lumière de l'analyse de sensibilité, l'éventualité de rentabiliser les modèles de monoculture de tilapia de sexes mixtes est très improbable. En effet, la hausse de prix de 25 % ou de rendement de 30 %, ou la baisse des coûts de 40 % qui, ceteris paribus, rentabilisent ces systèmes, est quasiment irréalisable pour plusieurs raisons :

- ° Les risques de surpopulation et le phénomène de nanisme qui en découle sont très élevés dans ces systèmes d'élevage. Or, l'offre de poissons de petite taille trouve difficilement une demande. Les prix sont nécessairement faibles. Toute augmentation de prix contre les lois du marché ne pourrait, dans ce cas, que détourner les consommateurs vers des produits substitués.
- ° Une croissance des rendements de 30 % aussi est techniquement difficile à réaliser dans ces systèmes. Les élevages mixtes de tilapia ne peuvent être performants que dans les cas de polyculture de tilapia et espèces prédatrices associées avec une densité optimale.
- ° Une baisse des coûts de 40 % est une éventualité tout aussi improbable. Les coûts de construction d'étangs, essentiellement composés de travail salarié, ne peuvent baisser à ce point sans que le facteur travail ne se déplace vers des activités plus rémunératrices.

Pour les systèmes utilisant l'aliment 3A en particulier (modèle  $M_6$ ), cet aliment est déjà fortement subventionné.

La rentabilité des modèles d'élevage monosexes, utilisant le son de riz, légèrement encadrés ( $M_5$ ), peut s'accroître sensiblement grâce à une hausse des rendements de 10 %. Une augmentation des prix (10 %) risque de détourner les consommateurs vers des substitués. Une baisse des coûts de 20 % est difficilement envisageable.

La rentabilité des modèles d'élevage monosexes, utilisant

l'aliment 3A, légèrement encadrés ( $M_4$ ), ne peut s'accroître qu'à la condition d'augmenter les rendements, ce qui est possiblement réalisable avec cet aliment nutritionnellement performant. Une augmentation des prix pourrait avoir des effets néfastes et une baisse des coûts ne pourrait être envisagée car l'aliment 3A est déjà fortement subventionné.

Le modèle  $M_3$  (élevage monosexé : encadrement dense, PAPUCD - son de riz) résiste à de larges fluctuations de prix, rendements, coûts. En effet, même avec son prix inférieur à 10 % du prix observé, le modèle rentabilise les facteurs de production.

Le modèle  $M_2$  (élevage monosexé : encadrement dense, pisciculteurs témoins - son de riz) demeure rentable avec une baisse de prix ou de rendement de 5 et 5 %, respectivement, ou une hausse de coûts de 10 %.

Le modèle  $M_1$  (élevage monosexé : encadrement dense, pisciculteurs témoins - aliment 3A) est rentable avec une baisse de prix ou de rendement de 5 et 5 %, respectivement, ou une hausse de coûts de 15 %.

Au total, il se dégage de l'analyse de sensibilité que l'éventualité de mieux rentabiliser les modèles des pisciculteurs ne peut se réaliser que par l'entremise d'une augmentation des rendements. Cela paraît possible car les pisciculteurs peuvent tirer profit d'une meilleure organisation, une exploitation optimale des étangs (qui parfois ne sont occupés qu'à 50 % du temps), une meilleure maîtrise technologique.

### **Impact de l'expérience sur la rentabilité des systèmes et la productivité des facteurs**

L'expérience conditionne deux principaux facteurs de croissance de la production piscicole : la maîtrise technologique et les progrès en organisation induits par l'acquisition de l'instinct d'éleveur. De ce fait, elle est théoriquement sensée influencer positivement la rentabilité.

La classification des pisciculteurs en fonction du critère d'expérience s'est faite en considérant comme débutants, d'une part, et expérimentés - donc, en principe, susceptibles de se passer de l'encadrement - et d'autre part, les pisciculteurs ayant moins et plus d'un an, respectivement, d'expérience piscicole au début de l'exercice. On notera que, pour le modèle PAPUCD, l'échantillon est composé de pisciculteurs relativement expérimentés.

Si les résultats confirment, pour les modèles  $M_1$  et  $M_2$ , l'effet attendu de l'expérience sur la rentabilité et la productivité du capital, il n'en est pas de même pour les facteurs terre et travail, dont la rentabilité et la productivité sont identiques, quel que soit le degré d'expérience du pisciculteur (modèle  $M_2$ ),

voire même plus élevées sur les fermes des pisciculteurs débutants (modèle  $M_1$ ). On notera que le travail par unité de superficie est uniforme, quelle que soit l'expérience des pisciculteurs, tandis que l'investissement en capital par unité de superficie ( $K/T$ ) est plus élevé sur les fermes des débutants. Les résultats semblent ainsi confirmer que les pisciculteurs expérimentés utilisent le facteur le plus limitant (le capital) de manière plus efficiente et en retirent une meilleure rémunération.

Pour le modèle  $M_5$  (élevage monosexé : encadrement léger, son de riz), la productivité du travail et la valorisation des facteurs capital et travail sont meilleures chez les pisciculteurs expérimentés. La productivité des facteurs capital et terre est identique, quelle que soit l'expérience des pisciculteurs.

Pour les modèles  $M_6$  et  $M_7$ , la légère supériorité de l'utilisation des facteurs capital et travail sur les fermes des pisciculteurs expérimentés entraîne une hausse (certes très faible) de la productivité et de la rentabilité des facteurs.

Les résultats infirment l'effet attendu de l'expérience sur la rentabilité et la productivité des facteurs pour le modèle  $M_4$  (élevage monosexé : encadrement léger, aliment 3A). La productivité du capital est certes plus forte chez les pisciculteurs relativement expérimentés, mais la productivité des facteurs terre et travail, de même que la rentabilité du capital et du travail sont plus élevées sur les fermes des pisciculteurs débutants. On note la faiblesse de l'investissement en capital par unité de superficie sur les fermes des pisciculteurs expérimentés.

Au total, on note une complémentarité entre facteurs capital et travail, de sorte que l'intensification de l'utilisation d'un seul facteur n'a d'effet que d'en baisser la productivité et la rentabilité puisque l'autre facteur est limitant.

#### **De la solvabilité des fermes**

Les investissements piscicoles sont, en général, financés sur fonds propres, exception faite des pisciculteurs encadrés par le PAPUCD. Pour ces derniers, les fonds propres représentent 38,5 % des actifs. Le service de la dette est faible. Les fermes sont donc solvables.

#### **Conclusion partielle**

On peut déduire des résultats financiers que certains modèles de pisciculture sont rentables, donc vulgarisables. Ce sont, pour la production de tilapia, les modèles utilisant les techniques d'élevage monosexé avec l'aliment « issu de riz » ou « 3A », en association avec des espèces prédatrices. L'intégration de la pisciculture à l'élevage de porcs permet une bonne fertilisation des étangs et accroît très sensiblement les rendements.