L'AMÉNAGEMENT DES ÉCOSYSTÈMES AGRO-PISCICOLES D'EAU DOUCE EN MILIEU TROPICAL

SÉMINAIRE

Bruxelles, 16-19 mai 1994

ACTES PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE

J.-J. SYMOENS & J.-C. MICHA

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER (Bruxelles)

CENTRE TECHNIQUE DE COOPÉRATION AGRICOLE ET RURALE (CONVENTION ACP-CEE DE LOMÉ)

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

1995

L'AMÉNAGEMENT DES ÉCOSYSTÈMES AGRO-PISCICOLES D'EAU DOUCE EN MILIEU TROPICAL

SÉMINAIRE

Bruxelles, 16-19 mai 1994

ACTES PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE

J.-J. SYMOENS & J.-C. MICHA

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER (Bruxelles)

CENTRE TECHNIQUE DE COOPÉRATION AGRICOLE ET RURALE (CONVENTION ACP-CEE DE LOMÉ)

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

1995

Le présent ouvrage peut être obtenu auprès de

CENTRE TECHNIQUE DE COOPÉRATION
AGRICOLE ET RURALE
(Convention ACP-CEE de Lomé)

B.P. 380
6700 AJ Wageningen (Pays-Bas)

Tél. (08380) 60400
Fax (08380) 31052

ACADÉMIE ROYALE
DES
SCIENCES D'OUTRE-MER

Rue Defacqz 1 boîte 3
B-1050 Bruxelles (Belgique)

Tél. (02) 538.02.11
Fax (02) 539.23.53

D/1995/0149/3

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 5

Liste des participants 7

Séance du 16 mai 1994

J.-J. SYMOENS, Allocution du Secrétaire perpétuel de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer 19

R. DELLERÉ, Allocution du Chef de la Division technique du Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA) 23

M.M.J. VINCKE, Développement actuel de l'aquaculture continentale africaine 27

A.G. COCHE, La recherche aquacole en Afrique subsaharienne: Contraintes, priorités et plan d'action 65

Séances du 17 mai 1994

J.-J. SYMOENS, L'aménagement durable des zones humides: Respect de l'environnement et de la diversité biologique 91

R. BRANCKAERT, Les systèmes intégrés, solution durable pour le développement de l'élevage dans les pays en développement 115

T.K. MUKHERJEE, Systèmes intégrés de production en agriculture/ élevage/pisciculture visant à optimiser la productivité et la rentabilité des petites exploitations agricoles 127

C. LIGHTFOOT & R.S.V. PULLIN, Une approche de la gestion intégrée des ressources en vue du développement de systèmes intégrés d'exploitation agro-aquacole 153

R.S.V. PULLIN & M. PREIN, Les étangs à poissons facilitent la gestion des ressources naturelles dans les petites exploitations agricoles des pays tropicaux en développement 179

J. OLÁH & F. PEKÁR, Transfert d'énergie et d'azote dans les écosystèmes piscicoles intégrés 199

A.G. CAGAUAN, Aperçu de l'impact potentiel de la pisciculture sur la lutte antiparasitaire et la gestion des substances nutritives dans les rizières . 217

R. TOKRISNA, Intégration de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture en Thaïlande 263

D.C. LITTLE, Le développement de l'intégration aviculture/pisciculture à petite échelle dans le nord-est de la Thaïlande: Potentialités et obstacles 285

NGUYEN THIEN NGUYEN CONG QUOC, DUONG XUAN TUYEN *et al.*, L'intégration de l'agriculture et de la pisciculture au Vietnam (rotation canards-riz, riz-poissons, canards-poissons-riz) 299

ZHONG GONGFU, Intégration de l'agriculture et de la pisciculture (étangs à digues) dans la région de Canton (Chine) 321

LI KANGMIN & LI PEIZHEN, Intégration de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture dans la région de Wuxi en Chine 333

C. DEVENDRA, L'intégration de l'agriculture et de la pisciculture en Indonésie 357

LIU CHUNG CHU & LIU XIA SHI, Brève introduction au "Contrôle de la biosphère artificielle" dans le champ de riz et à son nouveau système de culture 371

Séances du 18 mai 1994

H. RANDRIAMIARANA, A. RABELAHATRA & J. JANSSEN, La rizipisciculture à Madagascar: Situation actuelle, perspectives d'avenir et contraintes 383

L. GHESQUIÈRE, C. COLOT, V. RAKOUZAFY, B. RAZAFIMAHERY & C. VAN HOVE, L'intégration d'*Azolla* dans les systèmes agro-piscicoles à Madagascar 403

J.J. BREINE, G.G. TEUGELS & F. OLLEVIER, Résultats préliminaires de la pisciculture intégrée à la Station de recherche piscicole de Foumban, Cameroun 413

E. KALI-TCHIKATI, Élevage du *Clarias gariepinus* au Congo 419

L. VERHEUST, E. RURANGUA & F. OLLEVIER, La polyculture Tilapia-*Clarias* au Rwanda, avec attention particulière à l'intégration pisciculture-agriculture-élevage 435

NZAMUJO, L'agro-pisciculture au Bénin 447

S. HEM, J.B.L.F. AVIT & A. CISSÉ, L'acadja comme système d'amélioration de la productivité aquatique 457

C.T. MAGUSWI, Élevage mixte en Zambie 471

R.E. BRUMMETT & R.P. NOBLE, Partenariat de recherche paysan-chercheur et aquaculture intégrée chez les petits exploitants du Malawi 479

S. SEN, Les aspects socio-économiques de la pisciculture intégrée 503

B.A. HAIGHT, Méthodes de vulgarisation des systèmes piscicoles intégrés .. 515

Séance du 19 mai 1994

A.G.J. TACON, Méthodes semi-intensives d'alimentation pour le poisson d'eau douce: Concepts et voie de recherche 525

V. LÉONARD, Les plantes aquatiques, et notamment *Azolla,* sources d'aliments valables pour les poissons ? 553

A. MILSTEIN, La fertilisation organique peut-elle suffire pour intensifier les systèmes intégrés de production piscicole ? 573

J. KAPETSKY, Premier regard sur la contribution potentielle de la pisciculture en eau chaude à la sécurité alimentaire en Afrique 591

J.-C. MICHA, L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical. Résumé, conclusions et recommandations 619

C. LIGHTFOOT, Document. Un cadre matriciel peut-il aider ? 629

AVANT-PROPOS

La pisciculture, née en Chine, il y a plus de deux millénaires, s'est développée en Asie de façon harmonieuse et durable en s'associant assez étroitement aux activités agricoles, ce qui permet à cette région de représenter actuellement 85% de la production aquacole mondiale. Malgré son succès, ce modèle de pisciculture asiatique a été peu diffusé dans d'autres régions du monde. En Afrique, la pisciculture, activité surtout introduite après la seconde guerre mondiale, a connu un développement spectaculaire, suivi d'échecs retentissants, puis de balbutiements divers. Pourtant, diverses modalités ont été tentées: pisciculture de subsistance, pisciculture semi-commerciale et pisciculture intensive commerciale. Une voie prometteuse serait peut-être d'y développer une pisciculture semi-intensive bien intégrée aux activités agricoles, par l'aménagement durable de zones humides d'eau douce en écosystèmes agro-piscicoles.

En effet, un écosystème agro-piscicole, intégrant un système de production agricole et piscicole, constitue un ensemble artificiel complexe d'organismes en interaction entre eux et avec leur milieu terrestre et aquatique dans une région déterminée, et se caractérise par une optimalisation des flux de matière et d'énergie, ce qui permet de maximaliser la production de protéines animales au plus faible coût possible (par exemple: pisciculture en rizieres; élevages mixtes porcs-poissons, poulets-poissons et canards-poissons, hortillonnages billons-étangs, etc.).

Aussi a-t-il paru opportun à l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM), au Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale ACP-CEE (CTA) et à l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) d'unir leurs efforts pour organiser un Séminaire sur "L' aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical".

L'objectif du Séminaire était de faire le point sur les acquis des écosystèmes agro-piscicoles en Asie et en Afrique afin d'adapter et de suggérer des transferts de cette technologie vers un plus grand nombre de pays ACP d'Afrique.

Ce forum s'est tenu du 16 au 19 mai 1994 à Bruxelles. Il a réuni 163 participants (105 venus d'Europe, 44 d'Afrique, 13 d'Asie et 1 d'Amérique du Nord).

Au cours des séances du Séminaire, la plus large liberté d'expression a été laissée aux intervenants, de sorte que les textes publiés dans le présent volume n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues des institutions organisatrices.

LISTE DES PARTICIPANTS

ABIBU RASHIDI
Rue du Campanile 14/301
B-1200 Bruxelles (Belgique)

ACERE, T.O.
Office of the Commissioner for Environment Protection
Ministry of Natural Resources
P.O. Box 9629
Kampala (Uganda)

ARRIGNON, J.
24, rue de la 8ème Division
F-60200 Compiègne (France)

ASSOUMOU MBA, D.
Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA)
P.O. Box 380
NL-6700 AJ Wageningen (Nederland)

ATEMNKENG
Centre Aquacole National
B.P. 130
Foumban (Cameroun)

AWAÏSS, A.
Département du Génie rural et des Eaux et Forêts
Faculté d'Agronomie
B.P. 10960
Niamey (Niger)

AWITY, L.K.A.
Fisheries Department
P.O. Box 634
Cape Coast (Ghana)

BALIABA BISIMBI B.
Rue de Boetendal 115
B-1180 Bruxelles (Belgique)

BANZOUZI, J.-P.
Rue d'Alsace-Lorraine 33
B-1050 Bruxelles (Belgique)

BERHANE, G.
Groupe des Etats ACP
Avenue Georges Henri 451
B-1200 Bruxelles (Belgique)

BILIOT, M.
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)
Postfach 5180
D-6236 Eschborn bei Frankfurt/Main (Deutschland)

BISTER, J.-L.
Facultés Universitaires N. D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

BORN, B.
Rouwenhofstraat 13
Nl-6701 BA Wageningen (Nederland)

BOS, A.
c/o Witteklaver 23
NL-3069 DL Rotterdam (Nederland)

BRANCKAERT, R.D.S.
Division de la Production et de la Santé animales
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
I-00100 Roma (Italia)

BREINE, J.
Laboratory for Ecology and Aquaculture
Katholieke Universiteit Leuven
Naamsestraat 59
B-3000 Leuven (België)

BRISMÉ, CHRISTOPHE
Aquaculture et Développement
Avenue du Vossegat 43 bte 46
B-1180 Bruxelles (Belgique)

BRUMMETT, R. E.
ICLARM / GTZ Africa
Aquaculture Project
P.O.Box 229
Zomba (Malawi)

CAGAUAN, A. G.
Freshwater Aquaculture Center
Central Luzon State University
Muñoz, Nueva Ecija 3120
(Philippines)

CHIKAFUMBWA, F.J.
ICLARM
GTZ / Africa Aquaculture Project
P.O. Box 229
Zomba (Malawi)

CHILTZ, J.-L.
Commission des Communautés
Européennes (DG VIII)
Rue de la Loi 200
B-1049 Bruxelles (Belgique)

COCHE, A.G.
Via A. Vigorelli 7
I-00144 Roma (Italia)

COLLART, A.
Chaussée de Marche 642
B-5100 Wierde (Belgique)

COLOT, C.
Laboratoire de Biologie végétale
Université Catholique de Louvain
Place Croix-du-Sud 5 boîte 14
B-1348 Louvain-la-Neuve
(Belgique)

CROISET GILLES
A.G.C.D. (Service Afrique
Centrale G43 b:1201)
Palce du Champ de Mars 5 bte 57
B-1050 Bruxelles (Belgique)

DABBADIE, L.
IDESSA
Station piscicole
B.P. 621
Bouake 01 (Côte d'Ivoire)

DATUIN, J.M.
Animal Feed Milling Programme
Barneveld College
P.O. Box 64
NL-3370 AB Barneveld
(Nederland)

DE BONT, A.F.
Katholieke Universiteit Leuven
Naamsestraat 59
B-3000 Leuven (België)

DE DEKEN, R.
Prins Leopold Instituut voor
Tropische Geneeskunde
Nationalestraat 155
B-2000 Antwerpen (België)

DEELSTRA, H.
UIA
Universiteitsplein 1
B-2610 Wilrijk (België)

DEGBEY, J.-B.
Direction du Projet de
Développement de la
Pisciculture
Godomey
B.P. 03-1041
Cotonou (Bénin)

DE GRAAF, G.
Lijnbaansgracht 14 C-III
NL-1015 GN Amsterdam
(Nederland)

DELLERÉ, R.
Centre Technique de Coopération
Agricole et Rurale (CTA)
P.O. Box 380
NL-6700 AJ Wageningen
(Nederland)

DEMOL, J.
Clos du Coqueron 1
B-5032 Bossière (Belgique)

DEMOL, T.
Rue de Libin 34
B-6890 Smuid (Belgique)

DE PAUW, N.
Centre for Environmental Sanitation
Universiteit Gent
J. Plateaustraat 22
B-9000 Gent (België)

DEROY, D.
Av. Paul Hymans 84
B-1200 Bruxellles (Belgique)

DESCY, J.-P.
Unité d'Écologie des Eaux douces
Facultés universitaires N. D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

DEVENDRA, C.
8 Jalan 9/5
46000 Petaling Jaya-Selangor (Malaysia)

DIA ABD AL KADER
Banque Africaine de Développement
Abidjan (Côte d'Ivoire)

DJOBO, A. J.
01 B.P. 5521
Abidjan 01 (Côte d'Ivoire)

DO CARMO CARRILHO, M.
Direcção National de Pecuária
P.O. Box 1406
Maputo (Mozambique)

DUDAL, R.
Vital Decosterstraat 102
B-3000 Leuven (België)

DUONG XUAN TUYEN
Livestock technology Transfer and Research Centre
National Institute of Animal Husbandry
Thuy Phuong-Tu
Liom-Hanoi (Vietnam)

DUPRIEZ, H.
Rue L. Delvaux
B-1400 Nivelles (Belgique)

ESIOBU NWADIUTO
Département de Biologie
Université Catholique de Louvain
Place Croix-du-Sud 5 bte 14
B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique)

ESSEBA, D.
SEDEP
Université de Liège
Avenue du Rectorat 5
B-4000 Liège (Belgique)

EZENWA, B.
Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research
P.M.B. 12729
Victoria Island, Lagos (Nigeria)

FIOGBE, E. D.
Rue de Bruxelles 55 bte 12
B-5000 Namur (Belgique)

FRANK, V.
Neufmoulin 33
B-4987 Stoumont (Belgique)

FUNEGÅRD, P.
Swedish Center for Coastal Development and Management of Aquatic Resources
Box 423
S-401 26 Gothenburg (Sverige)

GETABU, A.
Kenya Marine and Fisheries Research Institute
P.O. Box 1881
Kisumu (Kenya)

GHESQUIÈRE, L.
Laboratoire de Biologie végétale
Université Catholique de Louvain
Place Croix-du-Sud 5 boîte 14
B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique)

GOSSE, J.-P.
Boulevard de la Meuse 115
B-5100 Jambes (Belgique)

GOUDER, A.-C.
Avenue des Hauts Taillis 14
B-1330 Rixensart (Belgique)

GOURENE, G.
Fast 22 B.P. 582
Abidjan 22 (Côte d'Ivoire)

GROSJEAN, P.TH.
c/o ADE
Rue Charlemagne 6 Bte 201
B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique)

GRUNER, G.
Commission des Communautés Européennes (DG VIII)
Rue de la Loi 200
B-1049 Bruxelles (Belgique)

HAIGHT, BOYD A.
Aquaculture for Local Community Development Programme
P.O. Box 3730
Harare (Zimbabwe)

HALWART, M.
Institute of Landscape Planning and Ecology
University of Stuttgart
Arenbergstrasse 12
D-70174 Stuttgart (Deutschland)

HARDOUIN, J.
Département de Production et Santé animale
Institut de Médecine tropicale Prince Léopold
Nationalestraat 155
B-2000 Antwerpen (België)

HEM, SAURIN
Centre de Recherches océanologiques
B.P. V 18
Abidjan 01 (Côte d'Ivoire)

HOUNKONNOU, D.
Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA)
P.O. Box 380
Nl -6700 AJ Wageningen (Nederland)

HOUVENAGHEL, G.T.
Université Libre de Bruxelles, CP 160 / 19
Avenue F.D. Roosevelt 50
B-1050 Bruxelles (Belgique)

HUYSMANS, C.
Schaffensesteenweg 79
B-3583 Beringen (België)

JACKSON A.
Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (C.T.A.)
P.O. Box 380
NL-6700 AJ Wageningen (Nederland)

JAIME TILAK VIEGAS, F.
Commission des Communautés Européennes (DG XII)
Rue de la Loi 200
B-1049 Bruxelles (Belgique)

JANSSEN, J.
Projet PNUD-FAO, MAG-88-005
B.P. 76
Antsirabe 110 (Madagascar)

KABRÉ, A. T.
IDR
Université de Ouagadougou
B.P. 7021
Ouagadougou (Burkina Faso)

KAFURERA, J.
Institut de Recherche agronomique et zoo-technique de la CEPGL
B.P. 91
Gitega (Burundi)

KALI-TCHIKATI, E.
Centre piscicole national de Djoumouna
B.P. 675
Brazzaville (Congo)

KANINGINI, M.
Unité d'Ecologie des Eaux douces
Facultés universitaires N.D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

KAPETSKY, J.
Division des Ressources halieutiques et de l'Environnement
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
I-00100 Roma (Italia)

KARAKURA, C.
Département des Eaux, Pêche et Pisciculture
B.P. 631
Bujumbura (Burundi)

KAWAYA KINGHI MWANA-MUFULA
Avenue Mahatma Gandhi 417
B-1080 Bruxelles (Belgique)

KESTEMONT, P.
Facultés universitaires N. D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

KOUAKOU APPORTURE
Ambassade de Côte d'Ivoire
Avenue F. D. Roosevelt 234
B-1050 Bruxelles (Belgique)

KWETUENDA MENGA KULUKI
Centre de Recherche en Sciences naturelles d'Uvira
B.P. 254
Bujumbura (Burundi)

LAGGIS, A.
Commission des Communautés Européennes (DG VIII)
Rue de la Loi 200
B-1049 Bruxelles (Belgique)

LAVIOLETTE, F.
Rue M. Canon 31
B-7190 Ecaussines (Belgique)

LEENAERTS, R.
Avenue Guillaume Macau 13
B-1050 Ixelles (Belgique)

LEGRAND, E.
APO projet PNUD-FAO / BDI/89/D19
Appui à la pisciculture rurale
c/o FAO Rep.
B.P. 1250 Bujumbura (Burundi)

LEJEUNE, A.
Laboratoire de Biologie végétale
Université Catholique de Louvain
Place Croix-du-Sud 5 bte 14
B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique)

LEMOALLE, J.
ORSTOM
Centre de Montpellier
911, avenue d'Agropolis-B.P. 5045
F-34032 Montpellier Cedex (France)

LENAERTS, R.
Algemeen Bestuur van Ontwikkelingssamenwerking
Marsveldplein 5 bus 57
B-1050 Brussel (België)

LÉONARD, V.
Laboratoire de Nutrition des Poissons
Université Catholique de Louvain
Route de Blocry 2
B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique)

LIGHTFOOT, C.
International Center for Living Aquatic Resources Management
(ICLARM)
MC P.O. Box 2631
Makati, Metro Manila 0719 (Philippines)

LI KANGMIN
Asian-Pacific Regional Research and Training
Centre for Integrated Fish Farming
Wuxi City, Jiangsu Province
(People's Republic of China)

LITTLE, D.
Aquaculture
Asian Institute of Technology
G.P.O. Box 2754
Bangkok 10501 (Thailand)

LIU CHUNG CHU
Fujian Academy of Agricultural Sciences
247 Wusi Road
Fuzhou Fujian 350 003
(People's Republic of China)

LOECKX, E.
Commission Universitaire du Développement
Rue d'Egmont 5
B-1050 Bruxelles (Belgique)

LOODTS, J.
Rue Ferme de la Vallée 77
B-5170 Profondeville (Belgique)

MAES, F.
CIDAT/MRAC
Steenweg op Leuven 11-13
B-3080 Tervuren (België)

MAFWENGA, G.L.A.
Regional Fisheries Office
P.O. Box 3012
Arusha (Tanzania)

MAGUSWI, C.T.
Department of Fisheries
P.O. Box 350100
Chilanga (Zambia)

MALAISSE, F.
Laboratoire d'Ecologie
Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux
Passage des Déportés 2
B-5030 Gembloux (Belgique)

MAMAN SAADOU, ELHADJI
Direction de la Faune, de la Pêche et de la Pisciculture
Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement
Niamey (Niger)

MANDIKI, S.N.M.R.
Laboratoire de Physiologie animale
Facultés universitaires N.D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

MBAYAHAGA, J.
Laboratoire de Physiologie animale
Facultés universitaires N.D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

MBUGA, PAUL N.
University of Nairobi
Department of Animal Production
P.O. Box 29053
Nairobi (Kenya)

MEESTERS, M.
Canet - Gorses
F-46200 Latronquière (France)

MICHA, J.-C.
Unité d'Ecologie des Eaux douces
Facultés universitaires N. D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

MILSTEIN, A.
Fish and Aquaculture Research Station, Dor
M.P. Hof HaCarmel 30820 (Israël)

MORISSENS, P.
Station piscicole
Institut des Savanes (IDESSA)
B.P. 621
Bouaké 01 (Côte d'Ivoire)

MORTELMANS, J.
Beukenlaan 2/8
B-2020 Antwerpen (België)

MUKHERJEE, T.K.
Natural Resources and Environmental Sciences
Institut Pengajian Tinggi
Universiti Malaya
59100 Kuala Lumpur (Malaysia)

MULDER, J.
Commission des Communautés Européennes (DG VIII)
Rue de la Loi 200
B-1049 Bruxelles (Belgique)

MUSHIETE, O.
Avenue de la Brabançonne 19
B-1040 Bruxelles (Belgique)

MUZIGWA KASHEMA
CERER-Aquaculture
Chaussée de la Justice 10
B-4500 Tihange (Belgique)

NARAIN, T.M.
Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA)
P.O. Box 380
NL-6700 AJ Wageningen (Nederland)

NDIKUMAKO, A.
Département de Biologie
Université du Burundi
Bujumbura (Burundi)

NEVEJAN N.
Kenya-Belgium Joint Project in Freshwater Ecology
c/o Kenya Marine and Fisheries Research Institute
P.O. Box 1881
Kisumu (Kenya)

NGUENGA, D.
IRZV - SRPF
P.O. Box 255
Foumban (Cameroun)

NICOLAÏ, H.
Boulevard A. Reyers 41 bte 6
B-1040 Bruxelles (Belgique)

NJOCK, J.-C.
Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries
B.P. 281
Yaoundé (Cameroun)

NOISET, J.-L.
Unité d'Écologie des Eaux douces
Facultés universitaires N. D. de la Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

NTAKIMAZI, GASPARD
Université du Burundi
B.P. 2700
Bujumbura (Burundi)

NZAMUJO (RÉV. FRERE)
Centre Songhaï
B.P. 597
Porto-Novo (Bénin)

OKEMWA, EZEKIEL
Kenya Marine and Fisheries Research Institute
P.O. Box 81651
Mombasa (Kenya)

OLÁH, J.
Haltenyésztési-Kutato Intézet
P.O. Box 47
H-5541 Szarvas (Hungary)

OLLEVIER, F.
Laboratory for Ecology and Aquaculture
Katholieke Universiteit Leuven
Naamsestraat 59
B-3000 Leuven (België)

PEKÁR, F.
Fish Culture Research Institute
P.O. Box 47
H-5541 Szarvas (Hungary)

PENG, I
Boulevard Clovis 28
B-1040 Bruxelles (Belgique)

PICHELLE, G.
Rue J. Lenoir 68
B-7332 Sirault (Belgique)

POOLEY, P.
Commision des Communautés Européennes (DG VIII)
Rue de la Loi 200
B-1049 Bruxelles (Belgique)

PREIN, M.
International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM)
MC P.O. Box 2631
Makati, Metro Manila 0719 (Philippines)

PULLIN, R.S.V.
International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM)
MC P.O. Box 2631
Makati, Metro Manila 0719 (Philippines)

RABELAHATRA, A.
Direction des Ressources halieutiques
B.P. 1699
Antananarivo 101 (Madagascar)

RAKOUZAFI, V.
Laboratoire de Biologie végétale
Université Catholique de Louvain
Place Croix-du-Sud 5 boîte 14
B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique)

RANDRIAMIARANA, HERITIANA
Direction des Ressources halieutiques
B.P. 1699
Antananarivo 101 (Madagascar)

RASHIDI, B.
EEC / Malawi Fish Farming Project
P.O. Box 700
Mzuzu (Malawi)

REIZER, C.
Fondation Universitaire Luxembourgoise
Avenue de Longwy 185
B-6700 Arlon (Belgique)

RISOPOULOS, S.
Avenue du Chemin Creux 10
B-1420 Braine-l'Alleud (Belgique)

ROTHUIS, A.
Sumatrastraat 13
NL-6707 EE Wageningen
(Nederland)

SAINTRAINT, A.
Avenue des Nerviens 65 Bte 6
B-1040 Bruxelles (Belgique)

SANDINO ESTRADA
8048 Oxford Avenue, Apt. C26
Philadelphia, PA (USA)

SEN, S.
Aquaculture for Local Community
Development Programme
P.O. Box 3730
Harare (Zimbabwe)

SEVRIN-REYSSAC, J.
Laboratoire d'Ichthyologie
Muséum national d'Histoire naturelle
43, Rue Cuvier
F-75231 Paris (France)

SOKAL, R.
Rue du Marteau, 55
B-1040 Bruxelles (Belgique)

SOYER, L.
Boulevard Louis Schmidt 96/15
B-1040 Bruxelles (Belgique)

SPLIETHOFF
Internationaal Agrarisch Centrum
Lawickse Allee 11-P.O. Box 98
NL-6700 Wageningen (Nederland)

STASSART, J.
DOC
Boulevard Mettewie 11 bte 39
B-1080 Bruxelles (Belgique)

SYMOENS, J.-J.
Académie royale des Sciences
d'Outre-Mer
Rue Defacqz 1 bte 3
B-1050 Bruxelles (Belgique)

TACON, A.G.J.
Division des Ressources halieutiques et de l'Environnement
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
I-00100 Roma (Italia)

TEUGELS, G.
Laboratoire d'Ichtyologie
Musée royal d'Afrique centrale
Leuvensesteenweg
B-3080 Tervuren (België)

THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.
Koninklijk Museum voor Midden-Afrika
Leuvensesteenweg
B-3080 Tervuren (België)

TOKRISNA, R.
Department of Agricultural and
Resource Economics
Faculty of Economics
Kasetsart University
Bangkok 10900 (Thailand)

TSHIBWABWA, S.
Laboratoire d'Ecologie
Facultés universitaires N.D. de la
Paix
Rue de Bruxelles 61
B-5000 Namur (Belgique)

VAN DAM
Thorbeckestraat 60
NL-6702 BS Wageningen
(Nederland)

VAN DEN HEYDEN, P.
Thorbeckestraat 4
Nl-6702 BR Wageningen
(Nederland)

VAN DER VEKEN, P.
Universiteit Gent
K.L. Ledeganckstraat 35
B-9000 Gent (België)

VAN HOVE, C.
Laboratoire de Biologie végétale
Université Catholique de Louvain
Place Croix-du-Sud 5 boîte 14
B-1348 Louvain-la-Neuve
(Belgique)

VAN IMPE, W. F.
Lab. Grondmechanica
Universiteit Gent
Technologiepark 9
B-9052 Zwijnaarde (België)

VENTEN, A.
Zegepraalstraat 18
B-2140 Borgerhout (België)

VERHEUST, L.
Université nationale du Rwanda
Station piscicole de Rwasave
B.P. 117
Butare (Rwanda)

VERSTRAETE, W.
Coupure Links 653
B-9000 Gent (België)

VINCKE, M.
Honing Klaverweg 16
B-8670 Koksijde (België)

WAFFELAERT, TH.
Venelle des Merisiers 18
B-1301 Wavre (Belgique)

YAMINDOU, J.
Ministère des Eaux et Forêts
B.P. 830
Bangui (Rép. Centrafricaine)

YTE WONGBE
Station piscicole
Institut des Savanes (Idessa)
B.P. 633
Bouaké (Côte d'Ivoire)

ZHONG GONGFU
Guangzhou Institute of Geography
Yellow Flower Hill
Guangzhou
(People's Republic of China)

ZIEHI, A.
Station piscicole
Institut des Savanes (IDESSA)
B.P. 621
Bouaké 01 (Côte d'Ivoire)

ZIMUDZI (MRS.), FARAYI
Agritex Fisheries Unit
P.O. Box 8117
Causeway
Harare (Zimbabwe)

SÉANCE DU 16 MAI 1994

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 19 - 21 (1995)

Original : Anglais

ALLOCUTION DU SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

PAR

Jean-Jacques SYMOENS*

Il m'est agréable de vous souhaiter la bienvenue à ce Séminaire, le troisième et aussi le plus important des séminaires organisés conjointement par l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer et le Centre technique de Coopération agricole et rurale.

Il me paraît en effet que c'est le devoir de l'Académie d'apporter sa contribution aux forums les plus importants qui rassemblent dans notre pays les spécialistes réunis pour y débattre des stratégies et des techniques pouvant favoriser le développement des pays d'outre-mer.

Les statuts de l'Académie définissent sa mission: contribuer au progrès de la connaissance scientifique des régions d'Outre-Mer. Cette mission s'accomplit lorsque ses membres ou d'autres chercheurs qu'elle invite présentent des communications scientifiques et les discutent au cours des séances mensuelles de ses trois sections. Mais l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer désire surtout s'ouvrir au monde extérieur et tout particulièrement aux pays en voie de développement.

Cette action externe s'exerce d'abord par ses publications. En ce qui concerne notre *Bulletin des Séances*, où sont publiés les comptes rendus

* Secrétaire perpétuel de l'Académie; Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, Rue Defacqz / boîte 3, B-1050 Bruxelles (Belgique).

et les travaux scientifiques de nos séances, le volume 66 vient de sortir de presse, et l'ensemble de la série représente quelque 58 000 pages. La collection de nos mémoires comporte plus de 700 titres, représentant plus de 110 000 pages. Des accords d'échange assurent la diffusion de cette information dans le monde entier, et très largement dans les pays de la ceinture intertropicale.

L'Académie organise des symposiums publics et des journées d'information sur les thèmes les plus divers: Coopération au développement et choc des civilisations; Villes et campagnes: problèmes du monde en développement; La lutte contre la schistosomiase au moyen de plantes indigènes d'Afrique; Les indicateurs biologiques des changements globaux, etc. Ce type d'activités connaît un succès croissant et se développe par des collaborations avec d'autres institutions.

Je suis particulièrement heureux d'ouvrir aujourd'hui le Séminaire ARSOM-CTA-FAO sur l'Aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d' eau douce en milieu tropical.

La pisciculture, née en Chine il y a plus de deux millénaires, s'est développée en Asie de façon harmonieuse et durable en s'associant assez étroitement aux activités agricoles. Ce modèle de pisciculture, caractérisé par des flux optimaux de matière et d'énergie, permet de maximiser la production de protéines animales au plus faible coût possible. Il pourrait probablement être introduit dans un plus grand nombre de pays tropicaux.

L'objectif principal du Séminaire est de mettre en présence les spécialistes et les décideurs potentiels en vue de faire le point sur les acquis des écosystèmes agro-piscicoles en Asie et en Afrique, d'identifier les problèmes particuliers, d'étudier les meilleures voies de recherche et développement en vue d'adapter les technologies les plus adéquates et d'en suggérer de possibles transferts.

L'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer est très honorée de la confiance que lui témoigne le Centre technique de Coopération agricole et rurale en l'associant à l'organisation de ce Séminaire. Tous nos remerciements s'adressent à M. D. Assoumou Mba, Directeur du CTA, à M. R. Delleré, l'infatigable Chef de sa Division technique, et à M.D. Honkounnou, Chef de projet.

Nous sommes reconnaissants à l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture pour la collaboration qu'elle apporte au Séminaire par la participation de trois de ses membres, les Drs R.D.S. Branckaert, A.G.J. Tacon et J. Kapetsky. La FAO a également apporté

une contribution financière aux frais de voyage de cinq de nos orateurs venus d'Asie.

Le Secrétariat d'État belge à la Coopération au Développement nous a également accordé son appui financier pour assurer la présence de trois participants africains qu'il nous est agréable de revoir en Belgique où ils obtinrent leur diplôme final: les Drs. Aboubacar Awaïss, G. Ntakimazi et E. Okemwa. Nous remercions M.E. Derycke, Secrétaire d'État, et M. R. Lenaerts, Administrateur général, qui ont ainsi permis leur présence parmi nous.

Mes remerciements s'adressent également à mon collègue, le professeur J.-C. Micha, qui a joué un rôle déterminant dans la préparation du programme du Séminaire et en fera la synthèse finale, ainsi qu'aux présidents des séances, aux nombreux auteurs des communications et à tous ceux qui participeront à nos discussions.

À tous, je souhaite une réunion fructueuse et agréable.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 23 - 25 (1995)

Original : Français

ALLOCUTION DU CHEF DE LA DIVISION TECHNIQUE DU CENTRE TECHNIQUE DE COOPÉRATION AGRICOLE ET RURALE (CTA)

PAR

Robert DELLERÉ*

L'année 1994 marque le dixième anniversaire du CTA. Dès sa création, il avait recherché la collaboration des institutions scientifiques, tant en Europe que dans les pays ACP, et des organismes internationaux œuvrant pour le développement agricole.

Le 30 novembre 1984, une réunion avait rassemblé ici à Bruxelles, à la Fondation universitaire, des représentants des universités et un certain nombre d'experts en vue de mettre en place le Comité de liaison CTA / Belgique dont la conduite fut assumée avec dévouement par le professeur Jean-Jacques Symoens, Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences d' Outre-Mer.

Dès 1984, la Direction du CTA avait rendu visite aux instances dirigeantes de la FAO pour jeter les bases d'une coopération qui s'est concrétisée depuis lors par de multiples activités.

Pour m'en tenir aux seules réunions organisées par l'une ou l'autre de ces institutions, permettez-moi de mettre en exergue l'organisation conjointe avec l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, d'un séminaire sur les "Stratégies alimentaires et nutritionnelles" en novembre

* Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA), P.O. Box 380, NL-6700 AJ Wageningen (Nederland).

1986 et celle des journées d'étude sur l' "Intensification agricole et l'environnement tropical" en juin 1990 et avec la FAO un séminaire sur "La mosaïque africaine du manioc et son contrôle" qui s'est tenu à Yamoussoukrou en mai 1987, ainsi qu' un symposium international sur "Les biotechnologies végétales pour les pays en développement" qui s'est tenu à Luxembourg en juin 1989. Le CTA se trouve cette fois associé conjointement avec ces deux institutions prestigieuses pour un événement majeur.

L'action du Centre est définie par le mandat prescrit dans la Convention de Lomé qui précise notamment qu'il est à la disposition des États ACP pour leur permettre un meilleur accès à l'information, à la recherche, à la formation, ainsi qu'aux innovations dans les secteurs du développement et de la vulgarisation agricoles.

Le CTA a pour politique de rechercher cette information partout où elle se trouve dans le monde et particulièrement dans des régions dont les conditions écologiques sont comparables à celles des pays auxquels il s'adresse. Dans cette perspective, le CTA privilégie les relations Sud-Sud. C'est la raison pour laquelle le présent séminaire repose pour beaucoup sur les aménagements réalisés en Asie du Sud-Est et en Chine méridionnale, des expériences peu connues tant en Afrique qu'en Europe.

Le CTA s'efforce d'encourager des stratégies alimentaires cohérentes, valorisant les ressources locales, et intégrant les facteurs de production, limitant les apports extérieurs et faisant intervenir les petits producteurs. C'est exactement le but de ces assises centrées sur le développement d'une pisciculture continentale associée à la production agricole et au développement du petit élevage. C'est dire que l'initiative prise par le CTA, si elle s'adresse à un thème original, s'inscrit dans un cadre logique.

Notre réunion tombe à point nommé au moment où les instances de décision en Afrique vont réorienter leurs stratégies dans le domaine de la recherche piscicole. Elles sont en effet concernées par le fait que le poisson occupe une place importante dans l'alimentation d'une population de plus en plus nombreuse et que, cependant, le développement de l'aquaculture continentale africaine ne suffit pas à satisfaire les besoins. Monsieur Vincke en établira le bilan.

Ce souci est partagé par les principaux bailleurs de fonds, la Banque Mondiale, la Commission des Communautés Européennes et la FAO, qui ont commandité une étude sur la recherche aquacole en Afrique sub-sahélienne dont le but est d'identifier les contraintes, de définir les

priorités et de concevoir un plan d'action. Monsieur Coche nous en exposera les grandes lignes.

En préparant cette réunion, les professeurs Symoens et Micha et moi-même avons pensé qu'il ne serait pas inutile de rappeler quels sont les concepts de l'agropisciculture et que, avant d'entrer dans les études de cas, il conviendrait d'aborder les aspects généraux touchant à la gestion intégrée des ressources. Nous pourrons notamment compter sur l'apport précieux des experts de l' ICLARM, l' "International Center for Living Aquatic Resources Management" basé aux Philippines. C'est principalement à ce thème que sera consacrée la matinée du mardi. Au cours de l'après-midi, des conférenciers venus de Chine et d'Asie du Sud-Est nous présenteront des études de cas performants, réalisées dans ces régions. Mercredi, les exposés seront consacrés aux pays d'Afrique, ce qui nous permettra d'esquisser les orientations de recherche et les modalités de vulgarisation.

Le professeur Micha des Facultés Universitaires N.-D. de la Paix (Université de Namur), qui a consacré une année sabbatique à l'étude des systèmes agropiscicoles integrés d'Asie, fera la synthèse de nos débats dont il tirera les conclusions et nous proposera des recommandations.

Le moment est venu de remercier tous ceux qui nous ont aidés à préparer cette réunion : MM. Branckaert, Coche et Vincke, ainsi que les nombreux conférenciers que n'a pas rebutés la longueur des déplacements.

Le CTA s'est engagé à supporter les frais de publication des actes afin que les enseignements recueillis ne soient pas limités aux seuls participants et soient largement diffusés auprès de la communauté scientifique internationale et des spécialistes des pays en développement. Les professeurs Symoens et Micha ont accepté d'éditer ceux-ci bénévolement. Qu'ils en soient remerciés ainsi que pour la disponibilité et la compétence dont ils ont fait preuve dans la préparation de ces assises.

Je formule le vœu que les travaux de ce séminaire soient des plus fructueux.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 27 - 64 (1995)

Original : Français

DÉVELOPPEMENT ACTUEL DE L'AQUACULTURE CONTINENTALE AFRICAINE

PAR

M.M.J. VINCKE*

RÉSUMÉ. — Comme suite à l'Étude Internationale de la Recherche sur les Pêches (en abrégé SIFR: Study of International Fisheries Research) qui s'est déroulée en 1989-1991, la FAO, en collaboration avec la Commission Économique pour l'Afrique et la Commission Européenne, a lancé en 1992 une étude régionale sur l'aquaculture dans les pays d'Afrique au Sud du Sahara. L'objectif de cette étude était de définir un plan d'action indicatif pour la recherche, sur base d'une série de revues nationales détaillées concernant le développement de l'aquaculture et les besoins en recherche de chacun des douze pays sélectionnés. Ces douze pays (Cameroun, République Centrafricaine, Congo, Côte d'Ivoire, Kenya, Madagascar, Malawi, Nigeria, Rwanda, Tanzanie, Zambie et Zimbabwe) ont produit environ 90% en poids et environ 85% en valeur de la production totale de l'aquaculture en Afrique en 1990. La présente communication est basée sur l'analyse des douze revues nationales qui ont été préparées par des experts africains et soumises à la FAO en avril 1993. Elle décrit l'historique du développement de l'aquaculture et les caractéristiques actuelles de cette activité en Afrique au Sud du Sahara. Les ressources physiques et humaines sont détaillées ainsi que la situation économique. L'on traite également des infrastructures piscicoles, du personnel, des activités de support, des institutions, de la planification, des données statistiques et de la formation. Les projets de développement de l'aquaculture, le rôle de l'assistance technique et les contraintes au développement de l'aquaculture sont également abordés ainsi que les tendances actuelles du développement de cette activité.

* Honingklaverweg 16, B-8670 Koksijde (België).

I. Introduction

La Première Consultation des Donateurs pour le Développement de la Pêche s'est tenue à Paris en octobre 1986 et regroupait dix-huit organismes donateurs et agences de financement intéressés au développement de la pêche et de l'aquaculture dans les pays en voie de développement.

Constatant que les projets de développement des pêches et de l'aquaculture n'avaient, dans le passé, pas toujours donné des résultats satisfaisants, les participants à cette réunion ont pris l'initiative de lancer l'Étude de la Recherche Internationale sur les Pêches (en abrégé SIFR = Study of International Fisheries Research). Le but de cette étude était de préparer une stratégie pour le développement, à court et à moyen terme, de la pêche et de l'aquaculture, en identifiant des sujets de recherche spécifiques, permettant d'éliminer les contraintes au développement.

Cette Étude de la Recherche Internationale sur les Pêches a débuté en mars 1989 sous la supervision de la Banque Mondiale, du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), de la Commission Européenne (CCE) et de l' Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).

Cette étude a fait le point des activités dans les secteurs des pêches et de l'aquaculture en Asie du Sud et du Sud Est, en Amérique du Sud et en Afrique. Le SIFR a également élaboré une stratégie en vue de renforcer la recherche et de promouvoir le développement de ces secteurs jusqu'à l'an 2000. Pour ce qui est de l'aquaculture en Afrique, deux rapports ont été publiés (EDWARDS *et al.* 1991 et PAULY *et al.* 1991).

Les résultats de cette étude furent discutés en octobre 1991 durant la Seconde Consultation des Donateurs pour le Développement de la Pêche. Conjointement à une évaluation positive de la diagnose sectorielle élaborée, quelques participants exprimèrent leurs doutes sur le degré effectif de participation des pays en voie de développement à l'identification des priorités de recherche définies. Le plan d'action élaboré fut aussi critiqué pour son manque de détails et de recommandations sur les actions nécessaire au renforcement de la compétence des pays receveurs d'aide dans le domaine de la recherche halieutique. Il a donc été recommandé de mieux informer les pays sur le SIFR et d'entreprendre en étroite collaboration avec ces pays, la préparation d'un plan indicatif réaliste et détaillé concernant les priorités régionales établies.

En réponse à ces recommandations, la FAO a organisé, en 1992,

trois études régionales intitulées "Recherche en Aquaculture: Compétences, Nécessités et Priorités", en Amérique Latine, dans la Région de la Méditerranée et en Afrique au Sud du Sahara. Compte tenu des ressources financières disponibles, 14 pays ont été sélectionnés sur base de l'importance relative de leur secteur aquacole, de leur potentiel de développement et de la possibilité d'accès à des informations fiables.

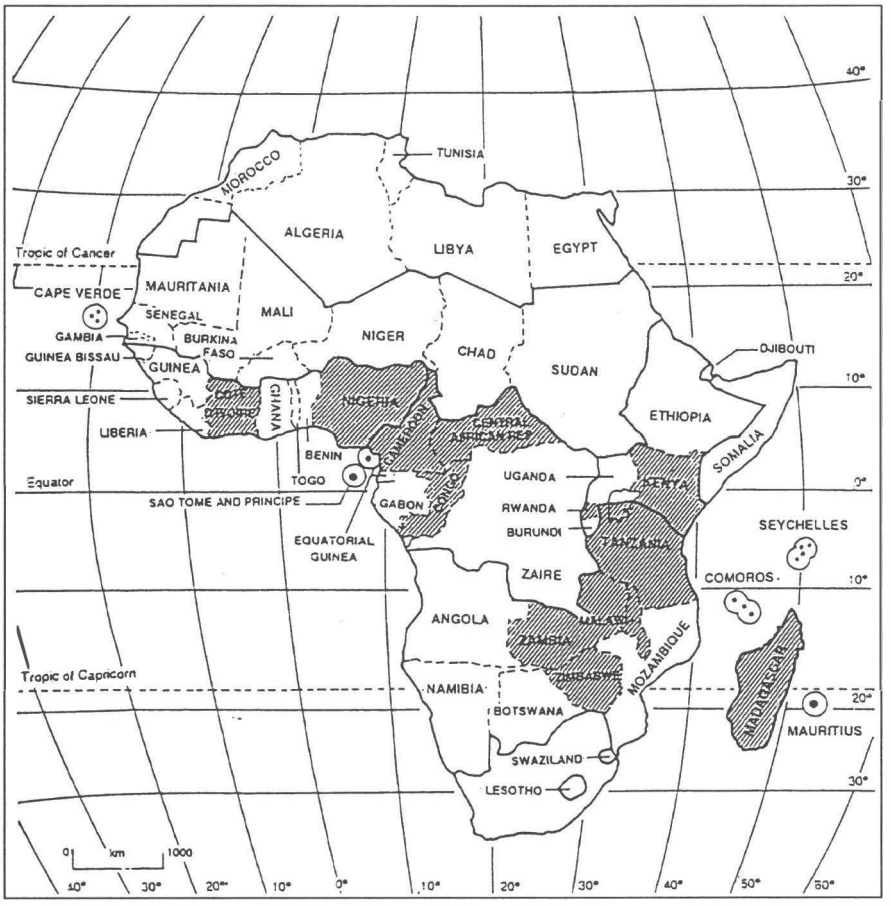


Fig. 1. — Afrique subsaharienne et pays sélectionnés pour suivi SIFR

Pour chacun de ces pays un expert national a rédigé une Étude Nationale sur le Développement de l'Aquaculture et la Recherche, selon des directives standard très détaillées. Trois experts/consultants de la FAO ont discuté ces directives sur place en novembre-décembre 1992. Au cours d'une seconde visite en janvier-février 1993 les brouillons de

ces études ont été révisés et 12 études ont été remises à la FAO fin avril 1993 (v. Fig. 1 et tableau 1). Des 14 pays, le Burundi et le Ghana n'ont pu fournir leur étude nationale et ont été éliminés de l'étude globale du SIFR.

Tableau 1

Liste des études nationales préparées pour la synthèse (COCHE *et al.* 1994)

Country (abbreviation)	AUTHOR
Cameroun (CMR)	Njock, Jean-Calvin Chef, Service de la Recherche, IRZV B.P. 1457 Yaounde
Centrafrique (CAF)	Yamindou, Jean Director General, Ministere des Eaux Forets B.P. 830 Bangui
Congo (PRC)	Kali-Tchikati, Edouard Directeur a.i., Centre Piscicole National Djoumouna B.P. 675 Brazzaville
Côte d' Ivoire (IVC)	Ziehi, Antoinette D. Departement des Resources Animales IDESSA B.P. 633-01 Bouake
Kenya (KEN)	Achieng, Aloys P. Senior Aquaculturist P.O. Box 1516 Kisumu
Madagascar (MAG)	Rabelahatra, Alexandre Direction des Ressources Halieutiques B.P. 1699 Antananarivo (101)
Malawi (MLW)	Kaunda, Emmanuel Research Associate, Domasi Aquaculture Centre P.O. Box 229 Zomba
Nigeria (NIR)	Ezenwa, Bernard I.O. Head, Aquaculture Research Section NIOMR P.M.B. 12729 Victoria Island, Lagos
Rwanda (RWA)	Kabagambe, Jean Bosco Chef, Service Pisciculture Nationale B.P. 132 Butare
Tanzania (URT)	Mafwenga, Grace A.L. Aquaculturist, Regional Fisheries Office P.O. Box 3012 Arusha
Zambia (ZAM)	Maguswi, Charles Assistant Director (Aquaculture) Departm. Fisheries P.O. Box 350100 Chilanga
Zimbabwe (ZIM)	Mandima, Jimmiel Research Fellow,Univ Zimbabwe L.Kariba Research Sta. P.O. Box 48 Kariba

Ces douze pays (Cameroun, République Centrafricaine, Congo, Côte d'Ivoire, Kenya, Madagascar, Malawi, Nigeria, Rwanda, Tanzanie, Zambie et Zimbabwe) ont produit environ 90 % en poids et environ 85 % en valeur de la production de l'aquaculture en Afrique en 1990.

Les trois experts/consultants de la FAO ont ensuite fait l'analyse et la synthèse des 12 Études Nationales et ont élaboré un plan indicatif d'Action pour la recherche en aquaculture pour l'Afrique au Sud du Sahara (COCHE *et al.* 1994).

Ce rapport a été discuté, amendé et finalement approuvé lors de la Réunion de Travail du Comité des Pêches Intérieures d'Afrique qui s'est tenue à Harare, au Zimbabwe, en septembre 1993.

La présente communication reprend les principales informations et données de cette étude.

2. Développement de l'aquaculture en Afrique

2.1. HISTORIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE L'AQUACULTURE

Comparé à la situation en Asie, le développement de l'aquaculture en Afrique au Sud du Sahara est relativement récent. Dans la majorité des pays ce n'est cependant pas une activité nouvelle et la plupart des systèmes connus en aquaculture y ont été introduits les 35 dernières années.

L'élevage de la truite en eaux froides d'altitude a été introduit en Afrique du Sud, entre 1859 et 1896, et au Kenya et à Madagascar à la fin des années 1920. Les premières productions en étangs de Tilapia ont été obtenues avec succès au Zaïre du Sud en 1946.

Durant les 15 années suivantes, la technologie classique de la pisciculture était introduite d'Europe dans différents pays d'Afrique et la pisciculture s'est rapidement développée. A la fin des années 50, environ 300 000 étangs étaient en production (SATIA 1989).

Durant les années 60, non seulement le développement de l'aquaculture s'est arrêté, mais cette activité a même régressé fortement. La majorité des étangs étaient abandonnés à cause de rendements insignifiants, le manque d'alevins, la sécheresse et des troubles politiques.

Ce n'est que depuis la fin des années 60 que le développement de l'aquaculture a repris, sur des bases plus solides, suite à une assistance technique accrue, financée par des donateurs multilatéraux et bilatéraux. Plus de US$ 500 millions ont été alloués à la Région durant les 20 dernières années afin de soutenir le développement de l'aquaculture. La manière dont cette assistance a été octroyée et les résultats obtenus seront analysés plus loin.

Récemment, sous la pression de la Banque Mondiale, plusieurs pays africains ont accepté de modifier leur politique générale de développement. La diversification de la production, la privatisation des investissements et la restructuration du support gouvernemental affecteront également le développement futur de l'aquaculture comme cela sera démontré plus loin.

2.2. Caractéristiques actuelles du secteur aquacole

Les principales caractéristiques du secteur de l'aquaculture en Afrique se trouvent au Tableau 2. Ces données concernent l'échantillon constitué par les 12 pays sélectionnés.

L'aquaculture au Sud du Sahara est encore peu développée. Selon les statistiques officielles de la FAO, la production totale de l'aquaculture en 1990 s'élevait à 14 700 tonnes, équivalant à environ 0,5% de la production mondiale. La valeur estimée de cette production atteint US$ 25 millions (Tableau 4). Les producteurs les plus importants en 1990 étaient le Nigéria, la Côte d'Ivoire, la Zambie et le Kenya (plus de 1000 t/an), avec ensuite le Zaïre, le Ghana, la Tanzanie, le Congo, Madagascar et le Soudan (200-700 t/an).

L'aquaculture est pratiquée principalement dans les eaux douces, mais dans les pays côtiers, il y a une tendance à utiliser les eaux saumâtres et marines, particulièrement au Nigéria et au Kenya.

Plus de 30 espèces indigènes et exotiques sont élevées dans la Région. Les tilapias continuent à être les espèces principales, particulièrement *Oreochromis niloticus*. *Clarias gariepinus* et *Cyprinus carpio* sont également des espèces très appréciées (Tableau 3).

Encore actuellement les alevins proviennent surtout de centres d'alevinage gouvernementaux. Pour les tilapias, il y a une tendance de voir les pisciculteurs privés produire de plus en plus d'alevins pour leurs propres besoins et ceux de leurs voisins. Une évolution similaire a débuté récemment à Madagascar pour les alevins de carpe commune. Dans certaines circonstances des alevins sauvages (surtout de *Clarias gariepinus*) sont disponibles, en saison, et à bas prix.

Dans la Région, trois systèmes de production sont pratiqués, en fonction du niveau des intrants:

(a) Le système extensif est le plus ancien. Les activités aquacoles sont encore toujours surtout rurales et orientées vers la satisfaction des besoins alimentaires. L'intérêt croissant qui s'est démontré récemment

Tableau 2

Caractéristiques du secteur de l'aquaculture en Afrique subsaharienne. (COCHE *et al.* 1994)

COUNTRY	INITIAL PERIOD	MAJOR ENVIRONMENT	MAJOR FARMED SPECIES	PRODUCTION (t/y) (acc. authors)	AVG PROD PRIVATE FARMS (kg/are/y)	TYPE OF EXPLOITATION				SIZE AVERAGE FISH FARM (sq.m)	FEMALE FARMERS	EXPLOIT-ATION SYSTEM	POND FERTILISATION		AVAILABILITY FISH FEED INGREDIENTS
						SMB	SUBST	SSCOM	LSCOM				MINERAL	ORGANIC	
				FW BW MW											
COTE D'IVOIRE	1955	FW BW	O.niloticus C.gariepinus H.niloticus C.nigrodig	1600 - - (1989)	40 (comm)	X	X	XX	(X)	4 x 300	few	indiv.	No	Yes	med-good
NIGERIA	1970-75	FW BW	Tilapia spp C.gariepinus C.carpio H.niloticus C.nigrodig H.bidorsalis	6589 1166 - (1990)(1990)	10 (subsist) 30-40 (comm)	X	X	XX	XX	600	few	indiv. collect	ltd	yes	limited
CAMEROON	1948-54	FW	O.niloticus C.gariepinus C.carpio H.niloticus	50 - - (1990)	14	-	X	X	-	1 x 300	very few	indiv.	no	yes	limited
CENTRAL AFRICA	1952	FW	O.niloticus C.gariepinus	105 - - (1990)	13.7	X	X	X	-	300	very few	invid. collect	no	yes	limited
CONGO	1950-53	FW	O.niloticus C.gariepinus	240 - - (1990)	28.1	-	X	XX	(X)	3 X 300	3%	indiv. few coop.	no	yes	nil-ltd (wheat bran)
RWANDA	1949-51	FW	O.niloticus C.Gariepinus	97 - - (1990)	14	-	X	XX	-	400	very few	usual collect	no	yes	nil-ltd (wastes)
KENYA	1960	FW MW	O.niloticus C.carpio O mykiss P.indicus	1009 - 227 (1990) (1990)	5-20	X	X	X	X	300 - 1000	very few	indiv.	no	yes	limited
MADAGASCAR	1950	FW MW	C.carpio Tilapia spp C.auratus P.indicus P.monodon	1055 - 3.3 (1992) (1992)	5.5 (rice field)	-	X	XX	(X) MW	rice fields	nil	indiv.	no	yes	limited
TANZANIA	1950-55	FW	O.niloticus O.mossamb O.esculentus T.rendalli	1667 - - (1992)	19	XX	XX	X	-		few	indiv.	no	yes	good (medium use)
MALAWI	1950	FW	O.shiranus O.mossamb T.rendalli C.carpio	134 - - (1993)	15	XX	XX	X	X		few	indiv.	no	yes	medium
ZAMBIA	1958	FW	O.andersonii O.macrochir T.rendalli C.carpio C.gariepinus	750 - - (1985)	3 (subsist) 30 - 160 (comm)	X	XX	X	X	200 (SUBS) 5000 (COMM)	few	indiv. company	com-mercial only	yes	medium
ZIMBABWE	1956	FW	O.mossamb O.niloticus O.macrochir T.rendalli O.mykiss	800 (1992)	10 (subs)	X	X	X	X		few	indiv. company	no	ltd	good at commercial level

Tableau 3

Liste des espèces principales d'élevage et des espèces nouvelles proposées (COCHE *et al.* 1994)

	SCIENTIFIC NAME	COMMON NAME	ENVIRONMENT	AFRICAN REGIONS												NO. COUNTRIES	RANK
				WEST		CENTRAL			EAST			SOUTHERN					
				IVC	NIR	CMR	CAF	PRC	RWA	KEN	MAG	URT	MLW	ZAM	ZIM		
1.	Major farmed species																
	Carassius auratus	Gold fish	FW								X					1	
	Clarias gariepinus	African catfish	FW	X	X	X	X	X	X				X	X		8	2
	Chrysichthys nigrodigitatus	Brackishwater catfish	BW	X	X											2	7
	Cyprinus carpio	Common carp	FW		X	X				X	X		X	X		6	3
	Heterobranchus bidorsalis	Heterobranchus	FW		X											1	
	Heterotis niloticus	Heterotis	FW	X	X	X										3	6
	Oncorynchus mykiss	Rainbow trout	FW							X	X	X			X	4	5
	Oreochromis andersonii	Three spotted bream	FW									X		X		2	
	O. karongae	Karonga tilapia	FW										X			1	
	O. macrochir	-	FW								X	X		X	X	4	5
	O. mossambicus	Mozambique tilapia	FW								X		X		X	3	6
	O. ruvumae	-	FW									X				1	1
	O. niloticus	Nile tilapia	FW	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	10	1
	O. shiranus	Malawi tilapia	FW										X			1	
	T. galilaeus	-	FW		X											1	
	T. guineensis	-	BW		X											1	
	T. melanotheron	-	BW	X	X											2	7
	T. rendalli	-	FW		X							X	X	X	X	5	4
	Penaeus indicus	Indian white shrimp	BW							X	X		X			2	7
	P. monodon	Giant tiger shrimp	MW									X				1	
	Macrobrachium rosenbergii	Giant FW prawn	FW										X			1	
2.	Proposed new species																
	Distichodus spp	Distichodus	FW					X								1	
	Ophicephalus obscurus	Snakehead	FW					X								1	
	Hypophthalmychthys molitris	Silver carp	FW								X					1	
	Arius madagascariensis	Malagasy catfish	FW								X					1	
	Macrobrachium vollenhovenii	African giant FW prawn	FW/BW		X											1	

pour la mise en valeur des pêcheries basées sur l'élevage dans les petits plans d'eau, donnera sans doute encore plus d'importance à ce système de production.

(b) Le système semi-intensif est préféré par les exploitants commerciaux à petite et grande échelle qui contribuent de plus en plus au développement de l'aquaculture dans un certain nombre de pays, particulièrement quand ils se trouvent à proximité de marchés urbains. L'aquaculture intégrée (particulièrement avec l'élevage d'animaux de ferme), qui fait partie de ce système, n'a eu, jusqu'à présent, qu'un impact restreint, alors qu'à plusieurs reprises, l'on a insisté sur son potentiel.

(c) Le système intensif n'est encore que rarement pratiqué avec succès. Quelques fermes sont encore au stade expérimental ou stade pilote de développement industriel. La plupart ont, soit des difficultés financières ou ont cessé d'exister.

Dans la Région, les unités de production de base sont de petits étangs en terre de 100 à 400 m^2. Les pisciculture individuelles ont tout au plus en moyenne 400 à 1000 m^2. Leur superficie augmente quand on passe du niveau de subsistance à celui de l'entreprise commerciale à petite échelle. Il existe quelques fermes commerciales privées à plus grande échelle, allant de 2 à 30 ha, principalement au Kenya, Malawi, Nigeria, Zambie et au Zimbabwe.

Les rendements moyens se situent entre 10 kg/are en élevage de subsistance et 30 kg/are au niveau commercial à petite échelle. La plus grande partie de cette production est, soit consommée directement par le pisciculteur et sa famille au sens large, soit troquée ou vendue dans la communauté locale.

D'autres types d'unités de production existent également, mais à petite échelle, telles que les "raceways" ou tanks et les cages ou enclos. A Madagascar, les rizières irriguées sont utilisées couramment pour produire simultanément du paddy et du poisson.

En Afrique, l'aquaculture est en général une activité secondaire à temps partiel qui concerne surtout les hommes, même si la gestion des étangs est souvent l'affaire des femmes. Dans le passé, les services de vulgarisation ont surtout travaillé avec les hommes, croyant qu'ils s'occupaient également de la gestion de leurs étangs.

L'exploitation collective existe dans seulement quelques pays, par exemple au Rwanda, où les étangs sont exploités par plusieurs familles,

Tableau 4

Données géographiques et situation du développement de l'aquaculture (COCHE *et al.* 1994)

REFERENCE	(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	(7)			(8)		(9)
COUNTRIES	AGRO-ECOLOGICAL REGIONS	COASTAL COUNTRIES	LAND AREAS (million ha)	POPULATION 1991 est. ('000)	ADULT LITERACY 1990 (%)	OFFICIAL LANGUAGES Arabic English French Portuguese Spanish	TOTAL FISH SUPPLY 1985-88 avg. (kg/cap.)	AQUACULTURE					CIFA MEMBERS
								PRODUCTION VALUE ('000 US$)	PRODUCTIONS 1990 (Tonnes)		DEVELOPMENT STATUS		
									MW/BW	FW	MW	FW	
SOMALIA		X	62.7	8041	24.1	A/E	2.4	0	0	0	0	0	X
DJIBOUTI		X	2.2	441	19.0	A/E	3.6	0	0	0	0	0	
SUDAN		X	237.6	25855	27.1	E	1.1	117	0	234	0	1-2	X
TCHAD			125.8	5828	29.8	F	20.1	0	-	0	-	0	X
MAURITANIE	Sudano-	X	103.1	2023	34.0	F	10.2	0	0	0	0	0	
SENEGAL	Sahelian	X	19.2	7832	38.3	F	21.8	103	32	5	1	1	X
MALI	Africa		122.0	8706	32.0	F	6.8	15	-	13	-	1-2	X
BURKINA FASO	(2)		27.4	9271	18.2	F	1.8	12	-	84	-	1-2	X
NIGER			126.7	7909	28.4	F	0.4	589	-	182	-	2	X
GAMBIA		X	1.1	901	27.2	E	15.8	360	60	0	1	0	X
CAPE VERDE		X	0.4	383	53.0	P/F	...	0	0	0	0	0	
GUINEA BISSAU		X	2.8	999	38.5	P/F	8.3	0	0	0	0	0	
COTE D'IVOIRE		X	31.8	12331	53.8	F	17.0	3765	10	1321	1-2	2	X
BENIN		X	11.1	4883	23.4	F	11.2	303	60	24	1	1	X
TOGO	Humid/	X	5.4	3781	43.3	F	13.2	26	0	14	0	1	X
GUINEE	sub-humid	X	24.8	5873	24.0	F	3.8	5	0	1	0	1	X
SIERRA LEONE	West Africa	X	7.2	4239	20.7	E	15.2	10	0	20	0	1	X
LIBERIA	(3)	X	9.6	2639	39.5	E	14.4	0	0	0	0	1	
GHANA		X	23.0	15336	60.3	E	24.8	525	0	450	0	2	X
NIGERIA		X	91.1	118611	50.7	E	8.4	10459	288	7447	2	2	X
CAMEROON		X	46.9	12081	54.1	E + F	14.4	284	0	168	0	1-2	X
CENTRAFRIQUE	Humid		62.3	3113	37.7	F	5.2	390	-	105	-	1-2	X
GABON	Central	X	25.7	1168	60.7	F	32.2	8	0	2	0	1	X
CONGO	Africa	X	34.2	2351	56.6	F	37.4	120	0	240	0	2	X
GUINEA EQUAT.	(4)	X	2.8	426	50.2	S	20.4	0	0	0	0	0	
SAO TOME PRINC.		X	0.1	120	63.0	P/F	...	0	0	0	0	0	
ZAIRE		X	226.8	38473	71.8	F	9.8	851	0	700	0	2	X

Tableau 4
(suite)

REFERENCE	(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	(7)			(8)		(9)
COUNTRIES	AGRO-ECOLOGICAL REGIONS	COASTAL COUNTRIES	LAND AREAS (million ha)	POPULATION 1991 est. ('000)	ADULT LITERACY 1990 (%)	OFFICIAL LANGUAGES Arabic English French Portuguese Spanish	TOTAL FISH SUPPLY 1985-88 avg. (kg/cap.)	AQUACULTURE					CIFA MEMBERS
								PRODUCTION VALUE ('000 US$)	PRODUCTIONS 1990 (Tonnes)		DEVELOPMENT STATUS		
									MW/BW	FW	MW	FW	
BURUNDI			2.6	5600	50.0	F	2.4	133	-	30	-	1	X
RWANDA	Subhumid/		2.5	7403	50.2	F	0.2	381	-	154	-	2	X
ETHIOPIA/ERITREA	mountain	X	110.4	52892	66.0	E	0.1	90	0	36	0	1	X
UGANDA	East Africa		20.0	16876	48.3	E	12.1	9	-	35	-	1	X
KENYA	(5)	X	56.9	25016	69.0	E	5.6	3257	227	1009	2	2	X
COMOROS		X	0.2	492	61.0	F	...	0	0	0	0	0	
MAURITIUS		X	0.2	1083	86.0	E	...	581	28	50	1	1-2	X
MADAGASCAR		X	58.1	12016	80.2	F	7.5	266	5	240	2	2	X
SEYCHELLES		X	0.1	69	89.0	E	...	240	15	0	1	0	
TANZANIA		X	88.6	25270	85.0	E	14.0	385	0	375	1	1-2	X
MALAWI			9.4	8796	47.0	E	10.0	156	-	121	-	2	X
ZAMBIA	Subhumid		74.1	8373	72.8	E	9.2	1090	-	1110	-	2	X
ZIMBABWE	semi-arid		38.8	10080	66.9	E	0.6	745	-	175	-	2	X
BOTSWANA	Southern		58.5	1289	73.6	E	3.0	0	-	0	-	1	X
SWAZILAND	Africa		1.7	825	72.0	E	0.1	40	-	20	-	1	X
LESOTHO	(6)		3.0	1816	78.0	E	1.9	38	-	30	-	1-2	X
NAMIBIA		X	82.3	1834	40.0	E	8.9	0	0	0	0	0	
ANGOLA		X	124.6	10301	41.7	P/F	23.8	0	0	0	0	1	
MOZAMBIQUE		X	78.4	16142	32.9	P/E	3.1	45	0	30	1	1	
Sub-Sah. Africa (excl. Rep. Sth. Afr.)		32	2817.4	509767	1989	5	0.1-37.4	25903	725	14425	-	-	34

Refs.: (1) (3) FAO, 1986 (6) Kapetsky, 1993 (8) Acc. FAO consultants (from 0 development to active development = 2)
(4) PNUD, 1992 (7) FAO, 1992 (9) FAO/FIP, Rome
(5) FAO Admin, Rome

suite à la pénurie de sites convenables. Dans la plupart des pays, la pisciculture est une activité individuelle de petits fermiers. Des piscicultures à plus grande échelle appartiennent à des individus riches ou à des sociétés.

La fertilisation organique, est largement répandue, du moins en théorie. Il est encore courant, dans de nombreux pays, de voir des étangs sans tas de compost, même quand il y a un service de vulgarisation actif.

Les engrais chimiques sont rarement utilisés, sauf dans des exploitations à grande échelle, quand les coûts et la disponibilité des engrais le permettent.

La disponibilité d'ingrédients pouvant servir d'aliments supplémentaires pour le poisson est généralement limitée du fait de productions agricoles réduites ou parce que il y a une forte concurrence avec d'autres élevages.

Des douze pays sous revue, seulement quatre disposent, dans des conditions moyennes à bonnes, d'ingrédients à la disposition des pisciculteurs. Dans pareils cas, l' alimentation supplémentaire n'est pratiquée que par des pisciculteurs commerciaux compétents.

Il n'y a pas si longtemps, le développement de l'aquaculture dans la plupart des pays d'Afrique avait surtout des objectifs sociaux, tels que l'amélioration de l'alimentation en milieu rural, l' occasion de revenus supplémentaires, la diversification des activités et des revenus et la création d'emplois nouveaux, spécialement dans les communautés rurales ou les possibilités d'activités économiques sont limitées.

Ce n'est que depuis quelques années que l'aquaculture est considérée, au moins à une échelle relativement restreinte, comme une source permettant de réduire, au niveau national, les importations de poisson. L'aquaculture peut également être une source de devises par la production et l'exportation de poissons, de crustacés et de mollusques de grande valeur marchande.

2.3. Ressources physiques

Des 47 pays d'Afrique au Sud du Sahara, 33 ont une façade maritime et 14 sont des pays enclavés. Ces pays sont classés en cinq régions agro-climatiques, en fonction de critères géographiques et climatiques (Figure 2) (FAO, 1986). Les principales caractéristiques de ces régions sont données ci-après (d' autres informations se trouvent au tableau 5):

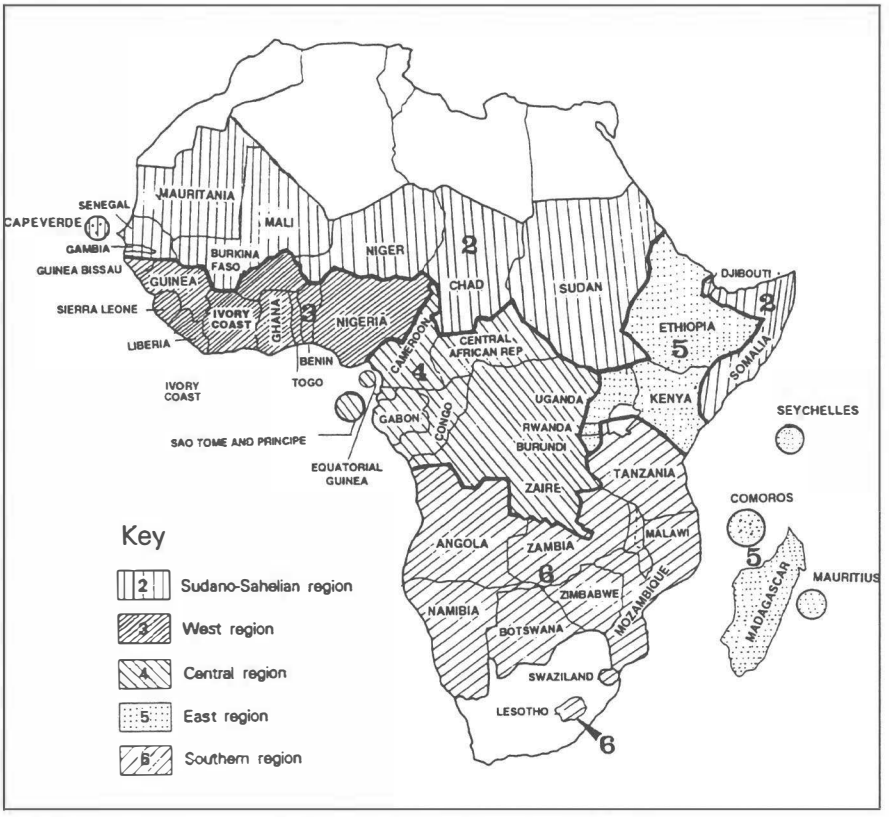


Fig. 2. — Régions agro-écologiques de l' Afrique au sud du Sahara.

(a) Afrique soudano-sahélienne semi-aride: 68% est du désert ou aride, mais des zones plus humides offrent la possibilité de pâturage extensif et de récoltes alimentées par la pluie. Zone de rencontre des nomades-pasteurs et des cultivateurs. Récoltes principalement de millet et sorgho, ainsi que de récoltes de cultures à cycle court de niébé, haricots et arachides.

(b) Afrique de l'Ouest humide et sub-humide: 82% est sub-humide ou humide et permet la production d'une vaste gamme de récoltes. Principaux produits: millet, sorgho, maïs et arachides, mais également manioc, niébé, coton, patates douces, tabac, riz pluvial, soja, mangues et noix cajou.

(c) Afrique centrale humide: 98% est sub-humide ou humide qui convient à une grande gamme de cultures pérennes: manioc, ignames, sorgho, maïs, bananes, ananas, canne à sucre et riz. Egalement des cultures arborescentes: palmier à huile, caoutchouc et cacao.

(d) Afrique de l'Est sub-humide et montagneuse: il y existe de grandes variations allant du désert à des zones humides, avec une grande gamme d'utilisation potentielle correspondante. Principales récoltes: millet, sorgho, maïs, arachides, manioc, niébé, coton, patates douces, tabac, riz pluvial, mangues et noix cajou.

(e) Sud de l'Afrique sub-humide et semi-aride: 37% est du désert, aride ou semi-aride, mais la plus grande partie du restant convient aux cultures annuelles ou pérennes, avec des possibilités de pâturage dans les zones semi-arides. Cultures principales: maïs, millet, sorgho, haricots et arachides.

Tableau 5

Régions agro-écologiques en Afrique subsaharienne (COCHE *et al.* 1994)

Agro-ecological regions of Sub-Saharan Africa	No. of Countries	No. of Maritime Countries	Percent of land area in Sub-Saharan Africa	Population, 1991		No. of countries where fish consumption is less than 10 kg/capita
				Actual (in millions)	Percent of sub-Saharan Africa	
Sudano-Sahelian	11	7/11	37	76.7	15	6 of 11
Humid/Sub-humid **West**	9	9/9	9	168.9	33	3 of 9
Humid Central	7	6/7	18	57.7	11	2 of 7
Subhumid and mountain **East**	10	6/10	11	121.4	24	5 of 10
Subhumid and semi-arid **Southern**	10	4/10	25	84.7	17	7 of 10
Sub-Saharan Africa	47	32	100	509.4	100	23

Les précipitations et les ressources en eau sont les plus abondantes en Afrique Centrale et Afrique de l'Ouest, mais il y a cependant des eaux retenues dans les lacs et réservoirs de l'Afrique de l'Est et australe. Les régions Soudano-Sahéliennes et le Sud de l'Afrique ont souffert d'une sécheresse persistante durant les dernières décennies. Cela a réduit les ressources en eau de surface et des nappes profondes, dégradé les sols et causé une diminution des récoltes.

On trouve de plus hautes températures moyennes de l'air dans les régions Soudano-Sahéliennes, à l'Ouest et en Afrique Centrale et de l'Est. Les températures moyennes de l'air sont plus basses et il y a de plus fortes fluctuations saisonnières plus au Sud et dans les terres d'altitude de l'Afrique de l'Est.

La plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest et Centrale ont des zones côtières, même si elles sont relativement réduites, comparées aux

zones plus longues dans les états maritimes relativement moins nombreux de l'Afrique de l'Est et au Sud. Les pêches dans l'Atlantique sont généralement plus productives que celles de l'océan Indien. Il n'y a virtuellement pas de mariculture et son potentiel n'a pas encore été évalué.

2.4. Ressources humaines

L'Afrique, en général, fait face à une crise humaine, avec un taux d'accroissement de la population relativement élevé, un taux de mortalité infantile important, une structure d'âge basse et un espoir de vie réduit. La population est inégalement répartie avec 59% des habitants occupant 27% des terres dans uniquement l'Afrique de l'Ouest et de l'Est, principalement au Nigéria (Tableaux 4 et 5). Les pays d'Afrique Centrale et au Sud ont tendance à être moins fortement peuplés à l'exception des petits pays enclavés qui sont le Rwanda et le Burundi. L'urbanisation est en augmentation dans tout le continent mais relativement faible, car encore dans la gamme des 20-40% (World Bank, 1992b).

Le degré d'instruction des adultes augmente vers l'Est et le Sud. Les langues officielles comprennent: l'arabe (2), l'anglais (22), le français (23), le portugais (5) et l' espagnol (1), avec plusieurs *lingua franca* très largement parlées et des centaines de langues locales (Tableau 4).

La disponibilité de poisson par habitant est la plus grande en Afrique de l'Ouest et Centrale, le poisson provenant surtout des pêches maritimes. Plus de la moitié des pays, comprenant 73% de la population sub-saharienne, dispose de moins de 10 kg/habitant/an (voir Tableau 4).

Il est évident qu'il y a une nécessité d'augmenter la production de poisson dans la plupart des régions d' Afrique. Pour assister les décideurs politiques et les planificateurs à harmoniser ces nécessités avec les divers environnements africains, la FAO est en train d'effectuer une évaluation stratégique du potentiel de l'aquaculture en étangs en eaux chaudes du continent africain (Kapetsky 1993). Sept critères majeurs (température, disponibilité de l'eau, sols et topographie convenables, potentiel des marchés locaux, disponibilité de sous-produits agricoles et infra-structures) sont utilisés pour évaluer, dans des zones géographiques, le potentiel de l'aquaculture en eaux chaudes pour les tilapias et les silures, employant des données à basse définition. Les résultats préliminaires démontrent qu'il n'y a que des superficies réduites dans 29 des 44 pays. Des zones convenables ont été trouvées dans pratiquement tous les pays

de l'Afrique de l'Ouest et Centrale, mais de telles zones n'ont pas été identifiées dans plus de la moitié des pays des autres régions. Alors que cette étude donne une première vue intéressante du potentiel approximatif de l'élevage de base en étangs, de nombreuses zones potentielles ont sans doute été exclues du fait de la basse définition des données et du modèle simple d'aquaculture qui a été utilisé.

2.5. Situation économique

Durant les vingt dernières années, de nombreux pays d'Afrique sub-saharienne ont souffert d'instabilité politique et de troubles qui ne favorisent pas le développement économique. Il en est résulté un déclin des investissements locaux et étrangers, la fuite des capitaux et la perte de personnel qualifié.

Cette instabilité, allant de pair avec une sécheresse persistante dans certaines régions et un taux de croissance élevé de la population, n'a donné que des performances économiques insignifiantes. Un petit 0,6% de croissance annuelle du produit national brut durant les années 70 a été suivi d'un déclin annuel de 0,3% durant les années 80, déclin qui s'est encore accéléré au début des années 90. La Banque Mondiale, en tenant compte des chiffres par habitant du produit national brut de 1990, situe 33 pays sub-sahariens parmi la classe des revenus bas (moins de US$ 600), 12 pays dans le groupe des revenus moyens (US$ 611 à 2465) et 2 pays dans le groupe des revenus moyens supérieurs (US$ 2466 à 7619) (World Bank 1992b).

Dans la plupart des pays, l'agriculture a une part relativement importante dans le produit intérieur brut (PIB) quoique cela soit moins important pour ceux du Sud de l'Afrique (Tableau 6). L'agriculture est surtout du niveau de subsistance, pratiquée par des petits cultivateurs. Sucre, thé, café et cacao sont néanmoins des cultures de rente importantes, aussi bien dans le secteur de l'agriculture à petite échelle que dans celui des grands domaines agricoles.

L'aquaculture est essentiellement une activité agricole, en compétition avec d'autres cultures en ce qui concerne les intrants de base (terres, eau, travail et substances nutritives) qui font partie du cycle des ressources de la ferme. La proéminence de l'agriculture dans la plupart des économies africaines est, en quelque sorte, une indication positive du potentiel de développement de l'aquaculture, surtout qu'une proportion importante de la population travaille déjà la terre.

Tableau 6

Données économiques et divisions pour l'Afrique subsaharienne (COCHE *et al.* 1994)

REFERENCES	(1)	(2)								(3)		
COUNTRIES (in bold, selected countries for SIFR review)	AGRO-ECOLOGICAL REGIONS	ECONOMIC GROUPINGS (see annex 2)								ECONOMY GNP Gross National Product GDP Gross Domestic Product		
		CILSS	CEAO	ECOWAS	UDEAC	CEPGL	CEEAC	SADC	PTA	GNP/cap 1991 (US$)	GNP real growth rate 1980/91 (%)	Agricult share GDP 1991 (%)
SOMALIA									X	(200)	...	65
DJIBOUTI									X	(350)	...	3
SUDAN										(440)	0.3	29
TCHAD	SUDANO-SAHELIAN AFRICA (2)	X			X		X			220	6.3	43
MAURITANIE		X	X	X						510	0.6	22
SENEGAL		X	X	X						720	2.9	21
MALI		X	X	X						280	2.5	44
BURKINA FASO		X	X	X						350	4.0	32
NIGER		X	X	X						300	-0.9	38
GAMBIA		X		X						360	3.2	29
CAPE VERDE		X		X						750	4.8	27
GUINEA BISSAU	HUMID/ SUBHUMID WEST AFRICA (3)	X		X						190	3.3	51
COTE D'IVOIRE			X	X						690	0.3	46
BENIN			X	X						380	2.1	37
TOGO				X						410	1.8	33
GUINEE				X						450	...	28
SIERRALEONE				X						210	1.1	43
LIBERIA				X						(400)	...	...
GHANA				X						400	3.1	53
NIGERIA				X						290	1.4	37
CAMEROON	HUMID CENTRAL AFRICA (4)				X		X			940	2.1	30
CENTRAFRIQUE					X		X			390	1.2	42
GABON					X		X			3760	-0.9	9
CONGO					X		X			1120	3.1	12
GUINEA EQUAT.					X		X			330	5.8	55
SAO TOME PRINC.					X		X			350	-1.2	...
ZAIRE						X	X			(220)	1.6	30
BURUNDI	SUBHUMID/ MOUNTAIN EAST AFRICA (5)					X	X		X	210	4.3	55
RWANDA						X	X		X	260	0.5	38
ETHIOPIA/ERIT.									X	120	1.5	42
UGANDA									X	160	5.9	66
KENYA									X	340	4.1	27
COMOROS									X	500	2.6	42
MAURITIUS									X	2420	7.2	11
MADAGASCAR										210	0.5	33
SEYCHELLES										5110	3.2	5
TANZANIA	SUBHUMID SEMI-ARID SOUTHERN AFRICA (6)							X	X	100	2.0	59
MALAWI								X	X	230	3.5	35
ZAMBIA								X	X	(420)	0.7	17
ZIMBABWE								X	X	620	3.6	13
BOTSWANA								X	X	2590	8.3	5
SWAZILAND								X	X	1060	6.8	18
LESOTHO								X	X	580	2.7	...
NAMIBIA								X		1080	1.6	11
ANGOLA								X		(800)	...	13
MOZAMBIQUE								X		70	-1.1	65
Sub-Saharan Afr. (excl. Rep. S.Afr.)	-	9	7	16	7	3	10	10	16			-

References : 1) FAO, 1986 2) FAO, 1990 3) World Bank, 1992

L'augmentation de la production agricole est en retard par rapport à la croissance de la population. Les augmentations de production ne résultent que de rendements améliorés et de l'augmentation des superficies cultivées. Par exemple, la production de céréales a augmenté de 73% depuis 1961-63. De cette augmentation, 47% sont attribués à une augmentation des superficies cultivées et 52% à des rendements moyens accrus. Le rendement actuel de céréales de 1 t/ha est le plus bas du monde (World Bank, 1992b). Cette situation est due aux difficultés liées à

gestion des paysans. Par l'aquaculture, on pourrait augmenter la production de poisson, mais il faudrait pour cela une certaine stratégie; or celle adoptée par les paysans sera vraisemblablement la même que celle qu'ils utilisent pour produire leurs principales récoltes.

Durant les années 80, les charges de la dette extérieure des pays d'Afrique ont augmenté en ce qui concerne les réserves et les exportations, du fait de performances économiques réduites. Cela a atteint le point où maintenant il y a une sortie nette de capitaux. Des prêts étrangers n'ont pas servi à grand chose, sauf à rembourser les charges de dettes existantes. Beaucoup de pays ont adopté des programmes d'ajustements structurels afin de revitaliser leurs économies et de regagner l'accès aux capitaux étrangers.

Les programmes d'ajustements structurels ont eu des effets graves sur les services gouvernementaux et le bien-être social. Des dévaluations, dans le but de promouvoir les exportations, ont augmenté les coûts à l'exportation et, allant de pair avec l'inflation, ont réduit le pouvoir d'achat de ceux des travailleurs dont le salaire réel n'augmentera pas, par suite de l'inflation. Afin de réduire les dépenses des gouvernements, le nombre des fonctionnaires a été réduit et les subsides d'aliments de base ont été réduits ou supprimés. Cela a provoqué une hausse du coût de la vie.

Les activités de recherche et de développement de l'aquaculture sont directement affectées par ces programmes. Il est difficile de motiver ou de garder du personnel qualifié avec des bas salaires, un manque de crédits de fonctionnement et sans nouveaux investissements dans les institutions publiques. Au niveau du producteur, les coûts des intrants augmentent et très souvent ne sont pas compensés par des prix de vente plus élevés, particulièrement si les produits sont destinés au marché local.

Si les programmes d'ajustement structurel ont du succès en rétablissant des économies dynamiques, alors l'aquaculture sera importante, mais seulement si elle peut concurrencer d'autres activités agricoles productives.

3. Secteur public : Infrastructure et personnel

3.1. Infrastructure publique

Dans les douze pays sous revue, il y a plus de 200 stations piscicoles gouvernementales. En moyenne, chacune de ces stations couvre un peu moins de 2 ha d'étangs et la superficie des étangs varie de 600 à 1800 m^2.

La superficie totale sous eau est de plus de 400 ha, chaque pays ayant de 20 à plus de 30 ha d'étangs. Cependant, d'après les quelques données dont on dispose, il semble que dans certains pays seulement la moitié de la superficie des étangs (ou même moins) soit actuellement en production et cela pour diverses raisons (contraintes financières, sécheresse, etc.).

La plupart de ces infrastructures sont anciennes, car ces stations piscicoles ont été construites dans les années 1950-1960. Certaines ont été rénovées (plusieurs fois dans certains cas) au cours de projets d'assistance technique. Malgré cela, les problèmes dus à la vétusté subsistent et font que la gestion devient très difficile et l'entretien très coûteux.

Dans certains pays, l'on a cependant construit de nouvelles infrastructures piscicoles pour soutenir le développement de l'aquaculture notamment au Cameroun, au Malawi, au Nigéria et au Rwanda.

3.2. Personnel administratif et des stations gouvernementales

Malgré que l'on ne dispose que de données incomplètes concernant le niveau professionnel du personnel et le nombre des agents, l'on a tenté de regrouper ce personnel en trois catégories: les cadres supérieurs, les cadres moyens et le personnel subalterne. L'on a ensuite, en se basant sur la superficie des étangs du secteur public, calculé le nombre d'agents de ces trois catégories qu'il y avait par hectare d'étang.

Dans la plupart des pays il y a en moyenne 0,33 cadres supérieurs par hectare d'étang, 0,7 à 1 cadre moyen/ha et 2 personnes subalternes/ha. Ces chiffres moyens semblent adéquats pour l'état actuel de développement de l'aquaculture; ces chiffres ne tiennent cependant pas compte du personnel de vulgarisation.

Quelques pays font cependant exception, notamment le Kenya où il y a un nombre excessif de fonctionnaires des trois niveaux: 5,8 hommes/ha au niveau supérieur, 15,6/ha pour les cadres moyens et 16/ha au niveau subalterne. En République Centrafricaine, par contre, le personnel de tous les niveaux est loin en dessous de la moyenne. Quant au Rwanda et en Zambie, il manque des cadres supérieurs et des cadres moyens, alors qu'au Congo le personnel subalterne est loin en dessous de la moyenne.

4. Activités de support pour le développement de l'aquaculture

4.1. La vulgarisation de l'aquaculture

Malgré que des activités de vulgarisation aient débuté dans certains pays au début des années 50, cette vulgarisation s'est arrêtée, pratiquement partout, au début des années 60, au moment de l'indépendance des pays. De nouvelles activités de vulgarisation, sur des bases plus solides, ont été entreprises durant la mise en oeuvre de divers projets de développement financés par de l'assistance technique. La plupart de ces projets ont été lancés en 1970 et au début des années 80, quand on a remis sur pied des services de vulgarisation de l'aquaculture.

Pratiquement tous ces services de vulgarisation ne sont spécialisés qu'en aquaculture. Une exception, toutefois: le Zimbabwe où la vulgarisation est pluridisciplinaire et plutôt orientée vers l'agriculture.

En Zambie et au Malawi, l'on a également commencé récemment une certaine collaboration avec les services de vulgarisation agricole. Au Rwanda, la même collaboration est prévue, dans le cadre de la nouvelle stratégie de la Banque Mondiale.

Certains pays ont choisi de concentrer leurs efforts de vulgarisation dans des zones bien définies où il y a un potentiel certain pour le développement de l'aquaculture, plutôt que de disperser leurs efforts dans le pays entier. Une telle décision résulte souvent de la pression exercée par les donateurs ou agences d'exécution, allant à l'encontre des pressions politiques locales. Dans la plupart des cas, cette concentration de la vulgarisation a donné des résultats meilleurs et s'est avérée plus viable à long terme, surtout dans les conditions actuelles de contraintes financières, de manque de moyens de transport et de logements que connaissent de nombreux pays.

4.2. Législation

Dans les pays sous revue, soit il n' y a pas encore de législation spécifique concernant l'aquaculture, soit elle ne concerne que des domaines très limités. Le Kenya et le Nigéria sont les seuls pays qui ont légiféré dans le passé. Madagascar, le Malawi et le Zimbabwe ont également, mais jusqu'à un certain point, pris des décisions au sujet de l'introduction d'espèces exotiques.

4.3. Crédit

Dans pratiquement tous les pays, les petits pisciculteurs ne peuvent obtenir de crédit pour le développement de la pisciculture, sauf au Nigéria. Quelques possibilités de crédit existent également en Côte d'Ivoire et en Zambie, mais à une échelle plus réduite.

Quelques systèmes pilotes de crédit ont été étudiés ou essayés dans des projets d'assistance technique mais avec des résultats mitigés, souvent négatifs. Les raisons principales de ces échecs ont été le manque d'information ou d'intérêt des agences financières locales, la période limitée de supervision effective et la formation incomplète du personnel spécialisé, y compris les agents de vulgarisation, et les pisciculteurs.

4.4. La recherche en aquaculture

Les recherches appliquées en aquaculture ont débuté en Afrique, au Sud du Sahara, dans les années 1950, suite à la Conférence piscicole anglo-belge, tenue en 1949 à Elisabethville (à présent Lubumbashi), Zaïre (Ministère des Colonies, 1950). Au moins dix pays (Burundi, Côte d'Ivoire, Kenya, Madagascar, Congo, Rwanda, Uganda, Zaïre, Zambie et Zimbabwe) ont alors été particulièrement actifs en menant des recherches et en publiant régulièrement leurs résultats. Ces activités de recherche se sont arrêtées au début des années 60, après l'indépendance, à l'exception de la Côte d'Ivoire et de Madagascar.

Dans la plupart des pays sous revue, la recherche piscicole en eaux douces a été reprise à partir de la fin des années 60 (République Centrafricaine, Cameroun, Congo et Gabon) jusqu'au début des années 80, dans le cadre de projets d'assistance technique. Les recherches en eaux saumâtres et marines ont débuté plus tard, à partir de la fin des années 70 et jusque fin 1980, mais seulement dans quelques pays.

Actuellement, la plupart des pays ont au moins une station de recherches piscicoles pour chacun des types d' environnements qui les intéressent. Il existe 21 stations principales de recherches d'une superficie totale d'environ 120 ha d'étangs, dont 90 ha d'eaux douces, 11,50 ha en eaux saumâtres et 8,50 ha en milieu marin.

4.5. Autres activités de support

Le support du gouvernement le plus fréquent pour le développement de l'aquaculture est la production et la distribution, souvent à un prix subsidié, d'alevins des espèces les plus demandées. Dans plusieurs pays il y a une tendance à réduire cette assistance du fait de la reprise progressive de cette activité par le secteur privé, particulièrement au Congo et à Madagascar. Il y a également la privatisation envisagée des infrastructures inéfficaces du gouvernement, notamment au Congo et au Rwanda.

D'autres sortes d'activités de support sont :

- les prêts d'outils pour la construction (en Côte d'Ivoire et au Malawi);
- l'entreposage et la vente d'aliments supplémentaires pour poissons (Côte d'Ivoire);
- vente d'engins pour vidange d'étangs (Côte d'Ivoire);
- participation, en partie, aux coûts d'investissements (Côte d'Ivoire);
- prix de ventes fixes pour le poisson produit dans les fermes d'état (Congo);
- possibilités pour les fermes d'état de disposer de leurs revenus (Congo);
- libéralisation des prix du poisson (Rwanda);
- privatisation des stations piscicoles de l'état (Rwanda, Kenya, Centrafrique, Madagascar);
- formation des fermiers-pisciculteurs (Zambie, Zimbabwe).

5. Cadre institutionnel du secteur

5.1. Situation prioritaire de l'aquaculture

Les gouvernements, en général, n'accordent pas une grande priorité au secteur de l'aquaculture. Les quelques données dont on dispose démontrent que le budget du ministère responsable du développement de l'aquaculture n'excède que rarement les 10 % du budget total du gouvernement. L'allocation prévue pour l'aquaculture n'est qu'une petite fraction de ce budget ministériel limité. Pour 1992, par exemple, il n'y avait aucun budget prévu pour l'aquaculture, ni au Cameroun, ni au Congo.

Ce problème est le même pour le secteur de l'agriculture en général. Des données pour 1983-84, provenant de 17 pays, démontrent que dans la

plupart de ces pays, le budget de l'agriculture représentait moins de 10 % du budget total du gouvernement, alors que l'agriculture contribue souvent pour plus de 30 % au produit intérieur brut (PIB), aux échanges extérieurs et à l'emploi.

L'Organisation de l'Unité Africaine s'est fixé comme objectif de consacrer 20 à 25 % des investissements publics en faveur de l'agriculture, mais très peu de pays d'Afrique sont près d'atteindre ce but.

Une conséquence de cette faible priorité de l'aquaculture dans les sphères gouvernementales est un manque de fonds pour le développement et une forte, si pas totale, dépendance de fonds extérieurs pour des activités de développement.

Une telle dépendance implique que les programmes et projets sont souvent basés sur des priorités accordées par des donateurs plutôt que sur des priorités sectorielles identifiées par les autorités locales.

5.2. Stabilité du cadre institutionnel

La stabilité du cadre institutionnel, dans la plupart des pays, pose des problèmes, car les responsabilités pour le développement de l'aquaculture changent d'un ministère à l'autre en quelques années, à chaque réorganisation administrative. Une stabilité relative n'existe que dans quatre pays: Côte d'Ivoire, Malawi, Madagascar et Rwanda.

5.3. Organisation administrative

De nombreux pays ont plus d'un département responsable du développement de l'aquaculture. Cela mène à des empiétements d'une autorité sur l'autre, et provoque de la confusion et parfois même de la compétition, par exemple, pour l'utilisation de ressources nationales ou régionales. Pour éviter de telles situations, il est important d'avoir une autorité unique responsable du développement, qui fixe les objectifs et les éventuels changements de stratégie.

Dans plusieurs pays sous revue, les plus récentes réorganisations administratives ont tenté, dans un but d'efficacité, de regrouper toutes les activités aquacoles sous une seule autorité.

5.4. Coordination des activités aquacoles

Dans la plupart des pays sous revue, l'absence d'une coordination efficace de toutes les activités relatives à l'aquaculture est un des problèmes institutionnels majeurs. Même si, dans certains pays, un mécanisme officiel a été mis en place, dans le but d'améliorer cette coordination, il semble qu'il est rarement entièrement efficace.

En fait, les responsabilités sont dispersées et les conflits sont nombreux (au Cameroun, par exemple). Ou alors, le statut du service responsable du développement de l'aquaculture est mal défini (par exemple au Congo et au Rwanda); des conflits surviennent aussi régulièrement entre les autorités nationales et régionales (Kenya et Tanzanie, par exemple)

6. Enseignement et formation en aquaculture

6.1. Programmes d'études universitaires spécialisés

Seulement deux universités anglophones (Malawi et Nigéria) offrent des programmes universitaires spécialisés, menant à l'équivalent du BSc (± licence ès science) ou du MSc (= maîtrise en science).

Certaines possibilités d'enseignement existent à l'étranger, mais elles ne peuvent pas toujours être utilisées du fait d'un manque de fonds ou parce que ces enseignements font partie d'un programme de cycle long et ne traitent pas spécialement des problèmes et questions auxquels les pays africains doivent faire face.

6.2. Cours universitaires spécialisés

Au niveau universitaire, seulement quatre universités (Kenya, Malawi, Nigéria et Tanzanie) offrent des cours spécialisés en aquaculture. De nombreuses autres universités proposent de pareils cours, mais d'une portée plus limitée, aussi bien en français (Afrique de l'Ouest et Centrale) qu'en anglais (Afrique de l'Est et Australe).

6.3. Formation spécialisée au niveau secondaire

Dans la plupart des pays, il existe des cours, en français et en anglais, pour des cadres moyens et subalternes.

6.4. Formation pratique dans les stations

Des cours pratiques existent ou sont programmés dans beaucoup de pays (à l'exception de la Centrafrique, de la Côte d'Ivoire, de Madagascar et du Zimbabwe) et concernent la formation de vulgarisateurs et de pisciculteurs.

Cette formation faisait partie de pratiquement tous les projets d'assistance. Du fait de contraintes financières, tous ces programmes de formation perdent de leur importance et deviennent irréguliers, dès que le projet se termine.

7. Planification du développement de l'aquaculture

Très peu de pays ont un plan national quantifié à long terme, ou même à moyen terme, et des objectifs de production pour leur secteur aquacole. C'est cependant sur un tel plan que les départements de planification du gouvernement peuvent baser des programmes à moyen terme pour des actions réalistes et des engagements financiers. Ces plans doivent inclure, entre autres priorités, l'enseignement et la formation. Parmi les pays sous revue, seulement trois ont élaboré un programme de planification du développement (Nigéria, Madagascar et le Malawi) et deux autres pays (Rwanda et Tanzanie) ont entamé les actions nécessaires pour atteindre un tel objectif.

A présent, pratiquement tous les pays se réfèrent à l'aquaculture dans l'un ou l'autre plan de développement sectoriel, généralement un plan quinquennal. Cette référence peut n'être qu'une brève mention dans le plan national sectoriel, parmi une gamme de possibilités d'augmenter l'autosuffisance alimentaire. Cela peut aussi être une série de déclarations spécifiques, dans la partie qui traite des pêches nationales. L'on augmente ainsi les chiffres de la production de l'aquaculture afin de diminuer la dépendance des importations de poisson.

Dans la plupart des cas, ces plans et programmes relatifs à l'aquaculture apparaissent plus comme un catalogue de projets que comme des programmes coordonnés et intégrés, liés à des réelles politiques et stratégies de développement.

Heureusement, l'on reconnaît de plus en plus la nécessité d'une planification rationnelle du secteur des pêches, et de l'aquaculture en particulier. Plusieurs pays de l'Afrique de l'Est, Centrale et Australe ont demandé une assistance technique, afin de préparer des études

sectorielles et des plans de développement, notamment le Burundi, le Kenya, la Tanzanie, le Zimbabwe et la Zambie. D'autres pays ont fait le nécessaire pour augmenter leurs capacités dans ce domaine, notamment le Malawi, le Mozambique et l'Uganda.

8. Banque de données concernant l'aquaculture

Le manque de système adéquat d'information est une contrainte majeure pour une planification rationnelle. L'ordre de grandeur des objectifs à inclure dans un Plan national de développement de l'aquaculture devrait être basé sur une bonne banque de données. Celle-ci doit pouvoir donner un profil assez précis des ressources naturelles et techniques du pays en relation avec l'aquaculture. Cette banque de données doit aussi permettre une bonne compréhension de la situation économique, sociale et politique de la population ainsi que des zones géographiques concernées.

Les statistiques nationales doivent faire partie de cette banque de données. Elles doivent avoir un rapport avec la croissance et les changements intervenant dans le secteur aquacole. Elles doivent aussi être compilées et collationnées annuellement d'une manière professionnelle, et structurées d'une façon significative. Il faut cependant admettre que la collecte des statistiques de production de l'aquaculture pose des problème, particulièrement dans les pays ou l'aquaculture extensive domine.

L'absence de telles banques de données, et en particulier le manque d'un système statistique permettant la collecte et le traitement des données concernant l'aquaculture, reste une des contraintes majeures au développement de la planification dans la majorité des pays sous revue. Le Nigéria et le Malawi sont les seuls pays qui ont un système national de statistiques qui fonctionne relativement bien. Il est cependant douteux qu'il existe une banque de données plus complète, même dans ces deux pays.

9. Évaluations du développement de l'aquaculture

Des évaluations du développement concernant des aspects de l'aquaculture ont été effectuées dans tous les pays, surtout avec l'assistance d'équipes étrangères.

La plupart de ces évaluations ont été effectuées dans le but d'établir

le potentiel pour le développement de l'aquaculture, au niveau national ou régional, et pour identifier les contraintes au développement.

En second lieu il y a eu des études de marché et de groupes-cibles, surtout en milieu rural. Il y a eu peu d'évaluations au sujet des besoins en crédit et capitaux et d'analyses financières des systèmes de production.

10. Les projets de développement de l'aquaculture

10.1. Origine des projets de développement

Les principaux projets décrits ont été financés et mis en oeuvre par l'assistance technique. Les douze pays sous revue ont bénéficié de cette assistance technique, surtout à partir des années 70 et jusqu'à présent.

10.1.1. Assistance financière

Sur un total de 54 projets financés et décrits dans les études nationales, la répartition géographique était la suivante (voir tableau 10):

- Région du Sud : 23 projets
- Région Centrale : 12 projets
- Région Ouest : 10 projets
- Région Est : 9 projets

Des subventions ont été octroyées par 9 donateurs multilatéraux et 12 donateurs bilatéraux. Le PNUD (18 projets) et les Etats-Unis (7 projets) ont été les deux principaux donateurs. Des prêts remboursables ont été accordés par quatre institutions financières, aux pays situés uniquement dans les Régions Ouest et Centrale, particulièrement à la Côte d'Ivoire et au Cameroun (tableau 8/1).

10.1.2. Mise en oeuvre de l'assistance technique

La plupart des projets (21 sur 43) d'assistance technique à l'aquaculture ont été exécutés par la FAO, l'agence des Nations Unies spécialisée en agriculture, forêts et pêches. Les Volontaires du Corps de la Paix des Etats-Unis ont mis en oeuvre 6 des 43 projets (voir tableau 8/2). Il semble donc que l'exécution des projets est fortement liée aux sources de financement.

10.2. Objectifs des projets de développement

Les divers objectifs des projets sous revue sont repris au tableau 9.

Les objectifs les plus importants de ces projets de développement de l'aquaculture ont été;

- construction d'infrastructures (stations piscicoles, écloseries, etc.);
- Formation du personnel à tous les niveaux, y compris les vulgarisateurs;
- Production et distribution d'alevins;
- Support à la vulgarisation, surtout à la pisciculture au niveau du village et à la petite pisciculture commerciale.

D'autres objectifs, dans l'ordre de leur importance, étaient les suivants :

- amélioration de la gestion et de la production des étangs;
- la recherche appliquée dans différents domaines biotechniques;
- la collecte de données concernant la biotechnologie et les aspects socio-économiques;
- l'étude du potentiel de développement de l'aquaculture.

10.3. Performance des projets de développement

Les performances des 54 projets ont été analysés, en se basant surtout sur leur viabilite après la fin de l'assistance technique étrangère. Le résumé de cette analyse se trouve au tableau 10.

Pour les 31 projets qui se sont terminés en 1992, l'on a déterminé d'une manière subjective leur degré de réussite. Pour 14 projets, donc pour pratiquement la moitié, la cote va de viabilité "mauvaise" à "limitée". Pour 8 projets cette cote est "moyenne", et "bonne" pour 9 projets. Il est cependant à noter que 4 projets ont obtenu la mention "bonne" viabilité, seulement parce que, après la fin de ces projets, d'autres projets d'assistance technique ont pris la relève et ont poursuivi les actions.

La cause principale des échecs résulte de l'incapacité dans laquelle se trouve l'administration locale de continuer d'assumer les responsabilités financières du projet, après la fin de l'assistance technique étrangère. D'autres raisons d'échecs sont:

- manque de coordination entre différents ministères;
- gestion déficiente des stations piscicoles gouvernementales;
- technologie mise en oeuvre inadaptée à l'environnement local;
- défection du personnel spécialisé, surtout pour des raisons financières;
- assistance technique de trop courte durée et/ou trop dispersée.

Par contre, la réussite et la viabilité d'un projet dépendent le plus souvent de la disponibilité des fonds nécessaires, provenant soit du secteur public, soit du secteur privé, permettant de continuer les activités après la fin de l'assistance technique.

11. Contraintes au développement de l'aquaculture

Toutes les contraintes au développement de l'aquaculture identifiées par les auteurs des douze études nationales ainsi que par les auteurs de l'étude SIFR (COCHE *et al.* 1994) sont reprises au tableau 7. Dans ce tableau 7, les douze pays sous revue sont regroupés par Région (Ouest, Centrale, Est et Sud). Les différentes contraintes ont été classifiées en 4 catégories:

A : contraintes relatives à l'administration;
B : contraintes socio-économiques et ressources humaines;
C : technologie;
D : contraintes liées à l'environnement physique.

Dans chacune de ces catégories, les contraintes ont été rangées en fonction de leur fréquence d'occurrence totale. La même contrainte, mentionnée pour chacun des douze pays, par exemple, obtient la plus grande priorité, donc le chiffre 1. Le chiffre 10 correspond à la priorité la moins importante.

Un résumé des priorités les plus importantes se trouve au tableau 11, rangées selon les priorités continentales (priorités 1 à 5) et également selon les priorités régionales (uniquement les premières priorités).

11.1. CONTRAINTES AU DÉVELOPPEMENT EN AFRIQUE AU SUD DU SAHARA

Au niveau de continent, 42 contraintes au développement de l'aquaculture ont été identifiées par les auteurs des études nationales (voir tableau 7). Parmi ces contraintes il y en a 15 qui ont été mentionnées dans au moins 50 % des pays sous revue (voir tableau 11).

La plupart de ces contraintes concernent le groupe A (administration et organisation du secteur public). Viennent ensuite les contraintes du groupe B (problèmes socio-économiques et ressources humaines). Les contraintes des catégories C (Technologie) et D (environnement physique) semblent les moins importantes.

11.1.1. Contraintes administratives

La contrainte générale la plus importante est le manque d'une bonne banque de données nationale et en particulier l'absence de statistiques de production fiables.

Au second rang se situe la rareté des fonds publics disponibles pour le développement de l'aquaculture et le manque de coordination entre les secteurs de la recherche et du développement.

Les contraintes estimées les moins importantes, mais mentionnées quand même par la moitié des pays sous revue, concernent le manque de collaboration parmi les diverses entités administratives, l'instabilité du cadre institutionnel et l'inefficacité du système de vulgarisation existant.

11.1.2. Contraintes sociales et humaines

Les contraintes majeures dans ce domaine sont l' inaccessibilité du crédit aux petits pisciculteurs et le niveau technologique trop bas des paysans (voir tableau 11).

Le manque de cadres supérieurs compétents est également mentionné et semble plus important que le manque de données économiques pour le secteur privé et l'insécurité (braconnage dans les étangs).

Il est estimé, dans la moitié des pays, que la formation des vulgarisateurs devrait être améliorée.

11.1.3. Contraintes technologiques

La contrainte la plus importante est le manque d'ingrédients pouvant servir comme aliments pour les poissons. Cette situation résulte, soit d'une véritable pénurie locale, soit de la compétition de la part des humains et de l'élevage (poulets, porcs, etc.)

Les prix de transport élevés et le manque d'alevins pour la mise en charge des étangs sont également des contraintes importantes.

11.2. Contraintes régionales au développement

Au niveau régional, et dans les quatre Régions, quinze contraintes au développement de l'aquaculture ont été identifiées dans toutes les études nationales (voir tableau 11).

Deux de ces contraintes majeures n'ont pas été mentionnées au niveau de l'Afrique, car en dessous des 42 % d'occurrence:

- le manque d'un plan de développement de l'aquaculture (Afrique de l'Ouest);

- personnel formé sous-utilisé (Afrique Centrale).

Le plus grand nombre de contraintes majeures se retrouvent dans la Région Centrale (9), suivie par les Régions de l'Est et Australe (5-6). La Région Est est la moins touchée (3).

12. Commentaires et conclusions

Région Soudano-Sahélienne

Pour diverses raisons, aucun des pays de cette région agro-écologique n'est inclus dans cette étude. En 1990, la production de cette région entière était d'environ 600 t, soit environ 4 % de la production de l'aquaculture en Afrique. Selon les statistiques, les deux pays producteurs les plus importants étaient le Soudan (234 t) et le Niger (182 t).

A l'avenir cependant, et pour diverses raisons, il est important d'inclure cette Région dans le programme de développement de l'aquaculture en Afrique, car:

1) La mariculture est en train de se développer assez rapidement, notamment en Gambie et au Sénégal;
2) L'élevage commercial en cages de tilapia s'est développé avec un certain succès au Niger;
3) Il y a un grand potentiel pour le développement intégré de l'aquaculture dans les périmètres irrigués à grande échelle, notamment au Mali, Soudan, Burkina Faso et Sénégal;
4) Il y a un grand potentiel au Burkina Faso et au Mali pour la pêche basée sur l'élevage, dans les petits plans d'eau.

Service de vulgarisation polyvalent

Il y a actuellement une tendance à intégrer les services spécialisés en vulgarisation de l'aquaculture à ceux de la vulgarisation agricole, tout en y maintenant quelques spécialistes en aquaculture. Une telle intégration présente les avantages suivants:

- La vulgarisation de l'agriculture couvre tout le pays et est bien connue des fermiers;
- Il y a des intérêts communs (élevage, sources de sous-produits agricoles, etc.);
- Les groupes-cibles (les petits paysans) sont les mêmes.

Pour que cette intégration devienne réellement effective, il faut au préalable arriver à un accord entre les différents départements ou ministères concernés et un mécanisme de coordination doit être mis en place. Il est évident aussi que le succès de cette stratégie dépend de l'efficacité du service de la vulgarisation agricole.

Programmes d'enseignement et de formation

Un programme d'enseignement et de formation de moyen à long terme devrait être préparé et mis en oeuvre, même si un plan national de développement de l'aquaculture n'existe pas encore.

Tous les pays ne peuvent pas se permettre de dispenser un enseignement universitaire spécialisé du fait de leurs besoins limités en spécialistes et du coût élevé d'un tel enseignement de qualité.

Des accords et la reconnaissance des diplômes devrait être obtenus sur une base régionale, suivant l'exemple du SADC pour la Région Sud.

Les infrastructures nécessaires à l'enseignement supérieur de l'aquaculture devraient être concentrés au Malawi.

Statistiques de production de l'aquaculture

L'absence généralisée, en Afrique, d'un système national fiable de collecte et de traitement des statistiques concernant l'aquaculture fait douter de la valeur de la plupart des chiffres de production publiés, surtout avant 1990 (FAO 1992). C'est pourquoi, pour la plupart des pays, il est trop tôt pour essayer de dégager de ces données des tendances, même générales.

Il est important, dans le futur, d'instaurer une collaboration plus étroite quant à la collecte des données statistiques concernant l'aquaculture et celles du secteur agricole. Il faut en effet ne pas perdre de vue les difficultés rencontrées pour obtenir des données sur l'aquaculture extensive. Cela va éviter de redoubler les efforts et aussi de publier des données discutables, notamment en ce qui concerne des domaines communs, tels que la main-d'oeuvre, les ressources en eau et en terres, les transports, les marchés et les sous-produits agro-industriels pouvant servir d'aliments pour les poissons.

Privatisation de la production d'alevins

Il est de plus en plus évident que les meilleures chances de succès dans ce domaine relèvent du secteur privé solidement établi, économiquement viable et techniquement indépendant du gouvernement en ce qui concerne la plupart de ses besoins normaux.

Pour atteindre un tel objectif, il est important d'avoir une politique nationale cohérente et bien coordonnée dans le cadre d'une planification adéquate.

Contraintes relatives à la commercialisation

Il est à noter que les études nationales ne font pas état de contraintes concernant la commercialisation des produits de l'aquaculture. De notre expérience, la commercialisation peut parfois poser de gros problèmes, particulièrement au niveau de la production commerciale industrielle.

Tableau 7

Contraintes au développement de l'aquaculture (COCHE *et al.* 1994)

GROUP	AQUACULTURE DEVELOPMENT CONSTRAINTS [v]	REGION IN SUB SAHARAN AFRICA [b]															TOTAL FREQUENCY		GEN. RANK
		WEST			CENTRAL				EAST				SOUTHERN				NAT STUDY	ALL	
		IVC	NIR	FREQ	CMR	CAF	PRC	FREQ	RWA	KEN	MAG	FREQ	URT	MLW	ZAM	ZIM	FREQ			
A	No reliable production statistics	V	-	1	V	-	V	2	V	V	V	3	X	X	V	X	4	3	10	1
	Lack coordination develop./research	-	X	1	V	X	X	3	X	X	V	3	-	-	-	V	1	5	8	3
	Finances availab (salaries, run costs)	-	X	1	X	X	X	3	-	X	-	1	-	X	X	-	2	7	7	4
Public Administration	Lack collaboration various admin	-	X	1	X	X	-	2	-	X	-	1	X	-	-	X	2	6	6	5
	Unstability institutional framework	-	X	1	X	X	X	3	-	X	-	1	-	-	-	V	1	5	6	5
	Inefficient rural extension system	-	X	1	X	-	-	1	-	-	X	1	X	-	X	X	3	6	6	5
	No national aquacult. development plan	V	X	2	-	X	X	2	-	X	-	1	-	-	-	-	0	4	5	6
	Low priority status within government	-	X	1	X	-	X	2	-	X	-	1	X	-	-	-	1	5	5	6
	Lack coordination gov't/foreign aid	-	V	1	-	-	X	1	X	X	-	2	X	-	-	-	1	4	5	6
	Unstability trained personnel	-	-	0	-	X	X	2	-	X	-	1	-	-	-	-	0	3	3	8
	Unrealistic trainac personnel	-	-	0	V	V	X	3	-	-	-	0	-	-	-	-	0	1	3	8
	Legal constraints using exotic species	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	X	-	X	2	2	2	9
	Lack govt support to start activity	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	X	-	-	1	1	1	10
B	Credit : diff access for small farmers	V	X	2	X	X	V	3	-	X	-	1	X	X	X	X	4	8	10	1
	Technicity level fish farmers too low	V	-	1	V	V	V	3	V	V	X	3	X	X	V	-	3	3	10	1
Socio-economics + Human resources	Well trained extens personnel limited	V	-	1	X	X	X	3	-	-	X	1	X	X	X	X	4	8	9	2
	No sound economic data for private	V	X	2	X	V	V	3	-	V	-	1		-	X	X	2	4	8	3
	Insecurity (poaching fish/livestock)	-	V	1	-	X	-	1	X	V	V	3	V	V	V	-	3	2	8	3
	Extensionists not adequately trained	-	X	1	X	-	-	1	-	-	-	0	X	X	X	X	4	8	8	5
	Land tenure system	-	X	1	X	-	-	1	-	-	X	1	X	-	-	X	2	5	5	8
	Social scientists unavailable	-	X	1	-	-	V	1	-	-	-	0	V	-	V	V	3	1	5	8
	Extensionists : limited number	-	X	1	-	-	X	1	-	-	X	1	-	X	-	-	1	4	4	7
	Lack tradition cooperation sm. husbandry	-	-	0	-	X	X	2	X	-	-	1	-	-	-	-	0	3	3	8
	Village socio-econ poorly understood	-	-	0	-	V	-	1	-	-	-	0	-	-	X	V	2	1	3	8
	Gender issues not addressed	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	X	-	-	1	1	1	10
C	Fish feed ingredients availability low	-	X	1	-	X	X	2	X	X	X	3	V	X	X	V	4	8	10	1
	Transport costs prohibitive	-	V	1	V	V	X	3	X	-	V	2	V	V	V	-	3	2	9	2
	Lack investm. for restock. priv. ponds	-	X	1	X	V	-	2	-	V	X	2	X	X	X	X	4	7	9	2
	Bad management of state farms	-	V	1	X	-	V	2	-	V	-	1	-	-	X	-	1	2	5	6
	Broodstock degeneration	-	-	0	-	-	-	0	-	-	X	1	V	-	X	-	2	2	3	8
Technology	Indigenous species not well known	-	X	1	-	-	-	0	-	-	-	0	X	V	-	-	2	2	3	8
	Good-growing indig. sp. unavailable	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	X	-	V	2	1	2	9
	Lack of organic wastes as fertilizers	-	-	0	-	-	X	1	V	-	-	1	-	-	-	-	0	1	2	9
	Commercial feeds too expensive	-	X	1	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	V	1	1	2	9
D	Land availability limited	-	X	1	-	-	-	0	X	V	-	2	-	V	-	V	2	2	5	6
	Climate too cold for tropic.fish	-	-	0	-	-	-	0	X	V	-	2	-	X	-	V	2	2	4	7
Physical environment	Transport means unavailable	-	-	0	-	X	-	1	-	-	-	0	X	X	X	-	3	4	4	7
	Road network inadequate/condition	-	-	0	-	V	X	2	-	-	X	1	-	-	-	-	0	2	3	8
	Infrastructures too old	-	-	0	-	V	X	2	-	-	-	0	-	-	X	-	1	2	3	8
	Basic equipment lacking	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	X	-	V	X	3	2	3	8
	Water availability limited	-	-	0	-	X	-	1	-	-	-	0	-	X	-	X	2	3	3	8
	Suitable soils availability limited	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	X	-	X	2	2	2	9
		IVC	NIR	-	CMR	CAF	PRC	-	RWA	KEN	MAG	-	URT	MLW	ZAM	ZIM	-	NAT STUDY	ALL	RANK GEN

[v] Within each group, constraints are ranked from top (highest priority) to bottom (lowest priority)

[b] Constraints identified in national studies are checked X
Constraints identified by FAO/SIFR consultants are checked V

Tableau 8.1
Assistance financielle au développement de l'aquaculture: subventions/prêts, doneurs, distribution (participation aux projets)
(COCHE *et al.* 1994)

DONORS	REGIONS				TOTAL
	WEST	CENTRAL	EAST	SOUTHERN	
A. Multilateral grants					
UNDP	4	4	6	4	18
Europe (EDF)	-	-	1	1	2
FAO/TCP	-	2	-	-	2
FENU/UN	-	2	-	-	2
WFP	-	1	-	-	1
UNICEF	1	3	-	-	4
IFAD	1	-	-	-	1
UNHCR	-	-	-	1	1
OSRO	-	-	-	1	1
B. Bilateral grants					
Belgium (AGCD + TIF)	-	1	1	-	2
Canada (IDRC)	1	1	-	-	2
France (FAC)	1	-	-	-	1
Germany (GTZ)	-	-	-	2	2
Italy	1	-	-	-	1
Japan	-	-	-	1	1
Netherlands	-	2	-	1	3
Norway (NORAD)	-	1	-	1	2
Sweden (IFS/SIDA)	1	-	-	3	4
UK (ODA/VSO)	-	-	-	4	4
USA (USAID)	-	4	2	1	7
Various NGO's	-	-	-	3	3
C. Loans					
ADF/ADB	1	-	-	-	1
CCCE (France)	1	-	-	-	1
World Bank	-	1	-	-	1

Tableau 8.2
Assistance technique au développement de l'aquaculture: implementation et sa distribution
(COCHE *et al.* 1994)

IMPLEMENTING AGENCY	REGION				TOTAL
	WE T	CENTRAL	EAST	SOUTHERN	
FAO	4	4	6	7	21
US Peace Corps	-	3	2	1	6
AFRICARE	-	-	-	1	1
France (MCAC/AFVP)	1	-	-	-	1
GTZ (Germany)	-	-	-	1	1
ICARA	-	-	-	1	1
ICLARH	-	-	-	1	1
JICA (Japan)	-	-	-	1	1
NORAD	-	-	-	1	1
ODA	-	-	-	3	3
OXFAM	-	-	-	1	1
SEPIA (France)	1	-	-	-	1
World Bank	-	1	-	-	1
Churches	-	-	-	2	2
VSO/UK	-	-	-	1	1

Tableau 9

Principaux objectifs des projets d'aquaculture (COCHE *et al.* 1994)

OBJECTIVES OF DEVELOPMENT PROJECTS	CENTRAL			EAST			WEST		SOUTHERN				FREQUENCY		RANK
	CMR	CAF	PRC	RWA	KEN	MAG	IVC	NIR	URT	MLW	ZAM	ZIM	NAT. STUDIES	ALL	
Infrastructure building	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	12	1
Training (all levels incl. extensionists	X	X	X	X	X	X	X	X	V	X	X	X	11	12	1
Extension support (subsistence and small-scale commercial)	X	X	X	V	X	X	X	V	X	X	X	X	10	12	1
Setting up national aquaculture service	-	V	X	V	-	V	X	-	-	-	-	-	3	5	-
Applied research (various biotech.)	X	X	X	X	X	X	V	X	-	X	X	-	9	10	3
Biotech/socio-economic data collection	V	V	-	X	X	V	V	X	-	X	X	X	6	10	3
Study potential for development	X	X	V	V	X	X	-	V	-	X	-	X	6	9	4
Improve pond management/production	V	V	V	V	V	-	V	V	X	V	X	X	3	11	2
Juvenile fish production/distribution	X	X	X	X	X	X	X	X	V	X	X	X	11	12	1
Enhancement of small water bodies	X	-	-	-	-	-	V	-	X	X	-	V	3	5	-
Credit scheme	-	X	V	-	V	V	V	-	-	-	-	-	1	5	-
Privatization of Govt facilities	-	V	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	1	2	-

REM 1/ X as quoted in the national studies by the authors
V added from other reliable sources

Tableau 10
Performances des projets de développement (COCHE *et al.* 1994)

REGIONS COUNTRIES	NO PROJECTS	PERFORMANCE RATING					
		GOOD	AVERAGE	LIMITED	BAD	NONE (ON-GOING)	NOT AVAILABLE
WEST							
IVC	4	-	1	-	-	3	-
NIR	6	2	2	-	-	-	2
TOTAL	10						
CENTRAL							
PRC	2	-	-	-	1	1	-
CNR	5	-	-	-	3	1	1
CAF	5	2	-	1	2	-	-
TOTAL	12						
EAST							
RWA	2	1	-	-	-	1	-
MAG	5	1	1	-	1	2	-
KEN	2	-	1	-	-	1	-
TOTAL	9						
SOUTHERN							
URT	8	1	-	3	1	3	-
MLW	4	-	1	-	-	3	-
ZAM	7	1	2	1	1	2	-
ZIM	4	1	-	-	-	3	-
TOTAL	23						
TOTAL	54	9	8	5	9	20	3

Tableau 11
Contraintes principales des projets de développement (COCHE *et al.* 1994)

GROUP	AQUACULTURE DEVELOPMENT CONSTRAINTS	GENERAL RANK 1]	REGIONAL RANKING 2]			
			WEST	CENTRAL	EAST	SOUTHERN
A	No reliable production statistics	1	-	-	X	X
	Lack coordination devel/research	3	-	X	X	-
	Finances availability limited	4	-	X	-	-
	Lack collaboration various admin.	5	-	-	-	-
ADMIN	Unstability institutional framework	5	-	X	-	-
	Inefficient rural extension system	5	-	-	-	-
	No national aquaculture develop plan	-	X	-	-	-
	Underutilization trained personnal	-	-	X	-	-
B	Credit : difficult access for small farmers	1	X	X	-	X
	Tech. level fish farmers very low	1	-	X	X	-
	No sound economic data for private	2	-	X	-	X
SOCIAL	Well-trained senior personnel limited	3	X	X	-	-
HUMAN	Insecurity (poaching fish/livestock)	3	-	-	X	-
	Extensionists not adequately trained	5	-	-	-	X
C	Fish feed ingredients avail. low	1	-	-	X	X
TECHNOLOGY	Transport costs prohibitive	2	-	X	-	-
	Lack juveniles for restocking priv. ponds	2	-	-	-	X

REMARKS
1] Priorities ranked from 1 (83 percent of the 12 countries reviewed) to 5 (50 percent)
2] Priorities identified for all the countries studied in each region (100 per cent)

RÉFÉRENCES

COCHE, A.G, VINCKE, M. & HAIGHT, B. 1994. Aquaculture development and research in Sub-Saharan Africa. Synthesis of national reviews and indicative action plan for research. — CIFA Technical Paper. N° **23**, FAO, Rome, 143 pp.

EDWARDS, P. *et al.* 1991. Tropical aquaculture development. Research needs. — World Bank Tech. Pap.,**151**, 52 pp.

FAO 1986. Atlas of African agriculture. — Rome, FAO, ARC/86/3. 72 pp.

KAPETSKY, J. MC. 1993. The potential for warmwater fish farming in Africa: A strategic assessment from a continental viewpoint. (in prep.)

Ministère des Colonies, 1950. Comptes-rendus de la Conférence piscicole anglo-belge (Elisabethville, Congo belge, 13-18 juin 1949). — Min. Colonies, Bruxelles, 355 pp.

PAULY, D. *et al.* 1991. Fisheries and aquaculture research capabilities and needs in Africa. Studies of Kenya, Malawi, Zimbabwe, Mauritania, Marocco and Senegal. — World Bank Tech. Pap., **149**, 73 pp.

SATIA, B. 1989. A regional survey of the aquaculture sector in Africa South of the Sahara. — UNDP/FAO, ADCP/REP/89/36, Rome, 60 pp.

World Bank 1992a. The World Bank atlas. — World Bank, Washington, D.C., 36 pp.

World Bank 1992b. World development report 1992: Development and the environment. — Oxford University Press, New York, 308 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 65 - 88 (1995)

Original : Français

LA RECHERCHE AQUACOLE EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE : CONTRAINTES, PRIORITÉS ET PLAN D'ACTION

PAR

André G. COCHE*

RÉSUMÉ. — Afin de mieux se focaliser sur ses programmes futurs d'aquaculture tout en contribuant au suivi de l'Étude sur la Recherche Internationale en Pêche (Study of International Fisheries Research, SIFR), la FAO a réalisé en 1992-1993 une étude régionale sur l'aquaculture en Afrique subsaharienne. Sur la base de douze revues nationales de l'état actuel et des besoins des secteurs du développement et de la recherche aquacoles, un plan d'action pour la recherche a été suggéré. Celui-ci propose une stratégie sur la base de laquelle les donateurs intéressés pourraient réorganiser la distribution des ressources financières vers des recherches axées sur le développement, de manière à renforcer d'une part les moyens d'action des différents pays et d'autre part la coopération régionale/internationale. Le secteur de la recherche aquacole est d'abord caractérisé: participants, mécanismes de définition des objectifs, orientations, ressources disponibles et cadres institutionnels sont analysés. Ensuite, les contributions de la recherche au développement sont évaluées et les principaux programmes de recherche de ces dernières années, leurs résultats ainsi que les priorités de recherche à court et moyen termes suggérées par les pays étudiés sont résumés. Le plan d'action proposé découle logiquement des priorités et des contraintes de développement aquacole ainsi que des priorités de la recherche. Ces priorités et contraintes permettent de définir quatre grands domaines prioritaires de développement: administration/gestion, éducation des chercheurs, information et production aquacoles. Les programmes de recherche

* Consultant; Via A. Vigorelli 7, I - 00144 Roma (Italia). — Adresse actuelle: 59-61 Via degli Astri, Edif. Z/46C, I - 00144 Roma (Italia).

conçus pour répondre aux priorités du développement aquacole identifiées dans chacun de ces domaines prioritaires sont en majorité formulés dans un cadre régional. Ils devraient être mis en oeuvre principalement au moyen de réseaux composés d'institutions nationales existantes, choisies dans la mesure du possible dans chacune des cinq régions agro-écologiques de l'Afrique subsaharienne. Certaines de ces institutions devront être renforcées pour pouvoir mettre pleinement en oeuvre les activités des programmes. Une des institutions composant chaque réseau sera désignée comme centre coordonnateur. Au total, neuf réseaux régionaux sont proposés: information, questions socio-économiques, indicateurs de production, fertilisation/alimentation, gestion des stocks reproducteurs, petits plans d'eau, périmètres d'irrigation, nouvelles espèces indigènes et mariculture. Ils auront tous d'importantes interactions, sous la forme d'échanges d'informations, d'échanges de chercheurs, et de recherches menées en collaboration sur des thèmes interdisciplinaires particuliers. Ils devraient en outre bénéficier de l'étroite collaboration d'équipes et d'institutions faisant de la recherche de pointe en d'autres régions du monde. Chaque réseau régional est enfin brièvement décrit: objectifs, résultats escomptés, centres proposés, interactions et liaisons éventuelles.

Introduction

Afin de mieux se focaliser sur ses programmes futurs d'aquaculture tout en contribuant au suivi de la "Study on International Fisheries Research", SIFR (EDWARDS *et al.* 1991, PAULY *et al.* 1991), l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a lancé en 1992, en collaboration avec la Commission Économique pour l'Afrique et la Commission Européenne, une étude régionale sur l'aquaculture en Afrique subsaharienne, République sud-africaine exclue.

Cette étude avait pour objet de dresser un plan d'action pour la recherche proposant une stratégie sur la base de laquelle les donateurs intéressés pourraient réorganiser la distribution des ressources financières vers des recherches axées sur le développement.

En un premier temps, des études nationales détaillées concernant les besoins de développement et de recherche aquacoles ont été préparées par des spécialistes du Cameroun, Centrafrique, Congo, Côte d'Ivoire, Kenya, Madagascar, Malawi, Nigeria, Rwanda, Tanzanie, Zambie et Zimbabwe. En fait, cet échantillon de pays représente quatre des cinq régions agro-écologiques concernées tout en produisant environ 90 pour cent en poids et 85 pour cent en valeur de la production aquacole de l'Afrique subsaharienne (FAO/FIDS, 1993).

En un second temps, une synthèse de ces douze études nationales a été réalisée sur la base de laquelle le plan d'action a été élaboré. Ces

deux documents ont ensuite été revus et approuvés au cours de la seconde session du Groupe de Travail sur l'Aquaculture du Comité des Pêches Continentales pour l'Afrique (Committee for Inland Fisheries of Africa, 1993). Ils ont ensuite été publiés et largement diffusés parmi les donateurs et autres parties intéressées (COCHE, HAIGHT & VINCKE 1994).

La partie de ces documents concernant le développement est présentée séparément (v. ce volume, pp. 27-64) par M. J. VINCKE. La présente contribution résume les parties relatives à la recherche aquacole et au plan d'action à court et moyen termes proposé pour celle-ci.

1. Le secteur de la recherche aquacole

En Afrique subsaharienne, les débuts de la recherche en pisciculture d'eau douce datent des années '50, suite à la Conférence Piscicole Anglo-Belge organisée à Lubumbashi, Zaïre, en 1949 (Ministère des Colonies 1950). Progressivement, une dizaine de pays sont devenus particulièrement actifs dans la recherche piscicole et la publication régulière de ses résultats. La plupart de ces activités ont cessé au début des années 60 lors de l'accès des pays à l'indépendance, pour ne reprendre que dix à vingt ans plus tard, généralement sous l'impulsion d'assistances techniques et financières diverses. Ce n'est qu'alors que les recherches en aquaculture d'eaux saumâtre et marine ont débuté à leur tour, bien qu'à une échelle très réduite et dans quelques pays seulement.

Actuellement, le secteur de la recherche aquacole est présent dans la plupart des pays africains. Ses caractéristiques sont variables ainsi que décrit ci-après.

1. 1. PARTICIPATION

La recherche aquacole est principalement conduite par des institutions publiques. En général, ces institutions relèvent soit de la Recherche scientifique, soit des Forêts/Ressources naturelles, soit de l'Agriculture, par l'intermédiaire du Département des Pêches, d'une faculté universitaire ou d'un institut de recherche. Le secteur privé n'est réellement actif qu'au Kenya, en Zambie et au Zimbabwe.

1. 2. DÉFINITION DES OBJECTIFS

Les objectifs de la recherche sont définis en fonction des objectifs de l'institution dont elle relève ou de programmes internationaux, sauf

dans le secteur privé. Ces objectifs sont le plus souvent établis indépendamment de la planification du développement.

1. 3. Orientation générale des recherches

Les recherches sont principalement orientées sur les aspects biotechnologiques de l'aquaculture. Les sujets économiques et sociaux ne sont encore que peu abordés.

1. 4. Ressources disponibles

Infrastructure et équipement. – La plupart des pays possèdent au moins une station de recherche aquacole pour chacun des environnements qui les intéressent. Au total, plus de 21 stations de recherche relativement importantes existent, contenant environ 120 ha d'étangs. Parmi les 13 stations d'eau douce recensées (90 ha), quatre seulement ont une bonne infrastructure, bien équipée (Côte d'Ivoire, Rwanda, Cameroun et Malawi). En eau saumâtre (11,50 ha), il existe deux stations au Nigeria (infrastructure/équipement moyens) et une en Côte d'Ivoire (laboratoires très bien équipés). En eau marine (8,50 ha), une seule station existe, à Madagascar (bonne infrastructure, équipement moyen).

Finances. – Dans tous les pays, le financement national est limité. La recherche aquacole est fortement tributaire de l'aide financière étrangère.

Personnel. – Dans chaque pays, il peut y avoir de trois à dix cadres supérieurs nationaux s'occupant de la recherche aquacole, généralement à temps partiel. Il s'agit principalement de biologistes et d'écologistes.

Cadre institutionnel. – Il se caractérise comme suit:

- Les programmes sont le plus souvent établis par le personnel lui-même;
- Les fonds sont rassemblés au niveau de l'institution;
- Il n'y a pratiquement jamais d'évaluation;
- Les résultats sont de préférence transférés par le biais de la vulgarisation;
- La coordination entre recherche et développement n'est que rarement efficace;
- La recherche n'est que peu utilisée pour soutenir le développement.

1. 5. Collaboration entre les secteurs recherche et production

Elle est généralement limitée. Dans tous les pays, cette collaboration passe par les contacts personnels, individuels et informels. Elle est favorisée là où les producteurs sont associés à l'identification des programmes de recherche ou ont eux-mêmes une activité de recherche, spécialement sur une échelle commerciale.

En règle générale, les chercheurs ne participent pas à l'identification des politiques de développement, sauf au Nigéria. Lorsque une collaboration recherche/développement existe, elle porte essentiellement sur des sujets techniques, bien que des questions économiques et sociales soient aussi parfois examinées conjointement.

La vulgarisation est le mécanisme de collaboration le plus couramment rencontré mais il peut aussi y avoir, en diverses occasions, transfert direct de technologie par les chercheurs. Les publications et la formation sont peu utilisées à cette fin. Par contre, séminaires (Nigéria), journées portes ouvertes (Malawi), "field days" (Zambie), ainsi que la participation directe de petits producteurs à la recherche (Malawi, Rwanda) semblent être des mécanismes bien adaptés à l'établissement d'une collaboration recherche/production à la fois active et durable.

2. Les programmes de recherche aquacole

2.1. Programmes passés et présents

Au cours des vingt dernières années, 73 programmes principaux de recherche aquacole ont été menés dans les douze pays étudiés. Ils se caractérisent comme suit:

- Les sujets d'intérêt les plus fréquemment considérés dans les pays étudiés sont:

Principalement	*Secondairement*
Systèmes d'élevages associés (9 pays/12)	Gestion des petits plans d'eau (4 pays/12)
Nutrition et alimentation (6)	Dynamique/écologie des étangs (4)
Aspects socio-économiques (6)	Élevages en cage et enclos (3)
Reproduction des silures africains (5)	Élevage de nouvelles espèces (3)
Polyculture (5)	Élevages de chevrettes/crevettes (3)

- La durée des programmes est généralement courte, variant de deux à quatre ans;
- La distribution géographique favorise notablement les régions

occidentale et australe de l'Afrique subsaharienne;
- La continuité des effets des résultats est estimée "bonne" dans 57 pour cent des cas et de "limitée" à "mauvaise" dans 26 pour cent des cas;
- En présence d'un bon personnel scientifique, la réussite des recherches dépend surtout du soutien financier. L'utilisation d'intrants importés peut créer des problèmes.

2.2. Programmes de recherche futurs

Les priorités de la recherche aquacole à court et à moyen termes ont été le plus souvent identifiées soit à l'occasion de réunions/groupes de travail de caractère général, soit par l'auteur de l'étude nationale lui-même.

Ces priorités de recherche portent principalement sur des sujets biotechniques, comme la reproduction, la génétique, la nutrition, la biologie, les systèmes d'élevage, la fertilisation, les aliments et l'alimentation des poissons. Les sujets non biotechniques touchent à l'éducation/formation des chercheurs, aux aides/méthodes de vulgarisation, aux aspects socio-économiques, à l'équipement et création d'installations de recherche.

Les programmes identifiés se répartissent à part égale entre priorités à court terme et priorités à moyen terme. Pour les réaliser, tous les pays, sauf le Nigeria, demandent une aide financière pour tous les programmes. Tous les pays, sauf le Cameroun, demandent aussi une assistance technique pour 43 pour cent des programmes.

Les grandes priorités pour la recherche aquacole dans les pays étudiés concernent:
- la stratégie de l'alimentation d'appoint (9 pays sur 12);
- l'élevage de nouvelles espèces indigènes (6);
- la stratégie de la fertilisation organique (5);
- l'amélioration génétique des espèces cultivées (4);
- la gestion des stocks reproducteurs (4);
- la création d'infrastructures de recherche (3);
- les aspects socio-économiques (3);
- les marchés (3);
- la gestion des petits plans d'eau (3);
- les systèmes d'élevage en cages (3);
- les systèmes d'élevage intégrés (3).

Cependant, en raison de l'absence d'exercices réguliers de plani-

fication dans les pays étudiés, la correspondance entre les contraintes de développement identifiées (VINCKE 1995) et les priorités de recherche destinées à éliminer ces contraintes n'est qu'incomplète, la plupart des auteurs des études nationales exprimant leur opinion personnelle en tant que spécialistes d'aquaculture.

Des priorités de recherche additionnelles devraient dès lors être envisagées. Elles ont été définies comme suit:

- création de matériel d'aquaculture simple, bien adapté aux conditions locales de fabrication et d'utilisation;
- intégration de l'aquaculture dans les périmètres d'irrigation;
- développement de l'aquaculture marine;
- amélioration de la gestion des élevages en zones tempérées d'Afrique.

De plus, il faut remarquer que la portée, la qualité et l'utilité de la recherche aquacole en Afrique subsaharienne sont actuellement fortement limitées par l'absence de personnel qualifié et les difficultés d'accès à l'ensemble des informations existantes. Afin d'éliminer, du moins en partie, ces deux contraintes, il faudrait:

- créer des cycles d'enseignement et de formation appropriés, dans le but précis de former les chercheurs nécessaires;
- améliorer la collection et la circulation de toute l'information relative au développement et à la recherche aquacoles, et cela au moins dans les deux langues les plus utilisées, l'anglais et le français. Cette amélioration devrait concerner l'information, tant ancienne qu' actuelle, et, dès que la situation politique le permet, le continent subsaharien dans son entièreté, y compris la République sud-africaine.

3. Plan d'action pour la recherche aquacole

3.1. CRITÈRES DE CONCEPTION DU PLAN D'ACTION

Les priorités identifiées en matière de développement aquacole et les contraintes de ce développement ont été discutées (VINCKE 1995). D'autre part, les priorités de la recherche viennent d'être présentées (Section 2.2). Appliquant une méthode logique, ces contraintes et priorités ont été confrontées, regroupées et classées en quatre grands domaines prioritaires de développement aquacole: administration/ gestion, éducation des chercheurs, information et production (Fig. 1).

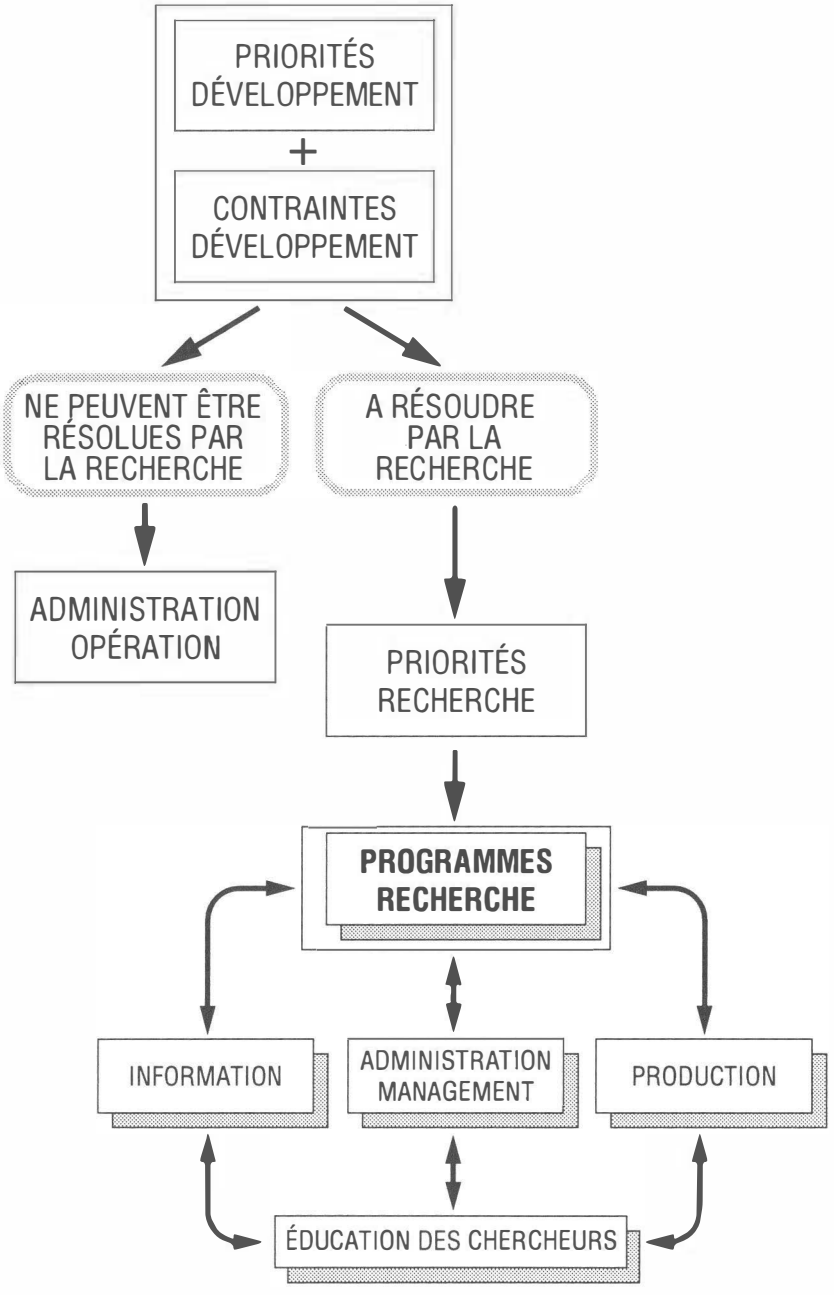


Fig. 1. — Logique suivie pour la définition de programmes de recherche liés aux domaines prioritaires de développement identifiés.

Des programmes de recherche ont ensuite été conçus pour répondre soit directement, soit indirectement, aux priorités du développement aquacole identifiées dans chacun de ces domaines prioritaires. A titre d'exemple, la Fig. 2 illustre les relations établies entre priorités du développement, contraintes du développement, priorités de recherche et programmes de recherche proposés, pour le domaine prioritaire de développement "Production aquacole".

Les programmes de recherche proposés sont en majorité formulés dans un cadre régional, de manière à s'attaquer aux contraintes rencontrées à l'intérieur et entre les cinq régions agro-écologiques présentes en Afrique subsaharienne.

Ces programmes seront mis en oeuvre au moyen de réseaux composés d'institutions nationales existantes, choisies dans la mesure du possible dans chacune des régions agro-écologiques, sur la base de ses compétences et de son intérêt pour le programme de recherche proposé. Certaines de ces institutions devront être renforcées pour pouvoir mettre pleinement en oeuvre les activités des programmes. Une des institutions composant chaque réseau sera désignée comme centre coordonnateur et se verra confier la responsabilité de l'organisation et de la coordination générales du réseau.

Les activités de chaque programme de recherche et de son réseau auront un caractère varié. Elles comprendront non seulement des recherches appliquées mais aussi par exemple des études sur dossier, la formation formelle de chercheurs, des voyages d'étude, des rapports sur le déroulement et les résultats des recherches (publiés dans des bulletins, des rapports d'activité et des publications scientifiques), des échanges d'informations avec d'autres centres et programmes de recherche, le suivi/évaluation des recherches, ainsi que des séminaires/ateliers sur des thèmes particuliers.

3. 2. Caractéristiques générales des réseaux et programmes

Huit réseaux de recherche aquacole sont proposés afin de renforcer celle-ci dans les domaines suivants: aspects socio-économiques, indicateurs de production, fertilisation des étangs/alimentation, amélioration/gestion des stocks reproducteurs, pêcheries des petits plan d'eau, périmètres d'irrigation, nouvelles espèces indigènes et aquaculture marine. De plus, un réseau régional pour l'amélioration de la gestion de l'information est proposé en appui à ces huit réseaux de recherche (Section 3.3).

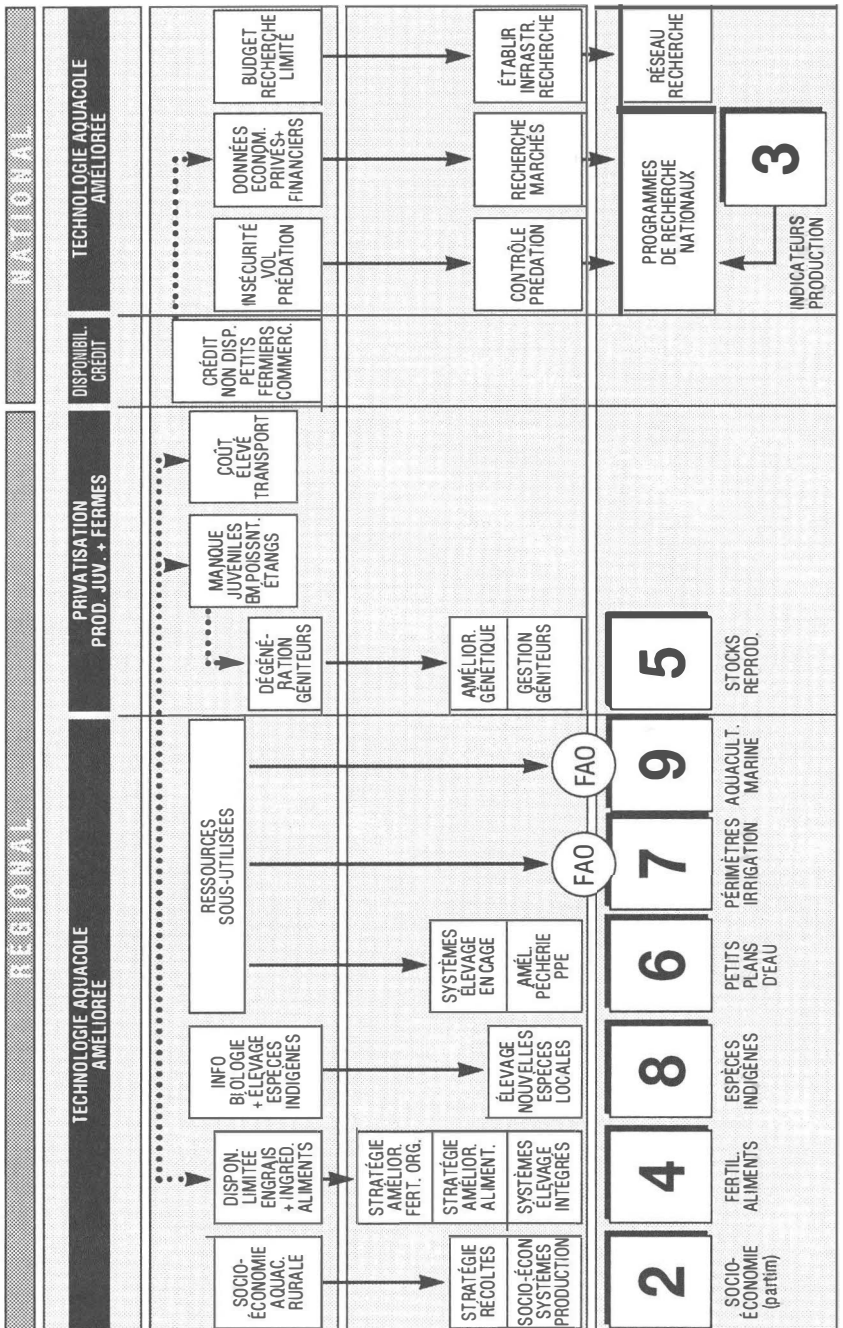


Fig. 2. — Domaine prioritaire de développement "Production aquacole". Relations entre les programmes de recherche proposés et les priorités/contraintes observées.

Dans presque tous les pays, deux autres thèmes de recherche méritent une attention au niveau national, plutôt que régional:

- la recherche sur les marchés, qui porte spécifiquement sur les marchés locaux;
- la lutte contre le braconnage et la prédation, pour résoudre les problèmes, typiquement liés aux sites, de l'insécurité des structures et des stocks d'élevage.

Les régions agro-écologiques et pays concernés par chacun des programmes régionaux sont indiqués au Tableau 1. Ces programmes s'adressent aux quatre domaines prioritaires de développement aquacole définis précédemment (Section 3.1), ainsi que le montre la Figure 3.

Tableau 1
Les réseaux de recherche proposés

Réseaux de recherche aquacole	Sudano-Sahél MLI SEN	Afrique occidentale IVC NIR GHA	Afrique centrale PRC CMR CAF	Afrique orientale KEN RWA MAG	Afrique méridionale URT MLW ZAM ZIM NAM
Centres d'information	*	●		* *	● *
Aspects socio-économiques	*	* *		*	* ●
Indicateurs de production		*		●	*
Fertilisation et aliments	*	● *	*	*	*
Stocks reproducteurs		*	* *	● *	*
Petits plan d'eau	*	* ● *		*	* *
Périmètres d'irrigation	*	* ●		* *	*
Espèces indigènes		●	*	* *	* *
Aquaculture marine	*		*	*	* ●

● Centre coordonnateur; * Autre centre du réseau

Les programmes proposés peuvent être regroupés selon leur durée (courte/cinq ans ou moyenne/dix ans) et selon la priorité relative qui leur est assignée sur la base des priorités régionales du développement et de la recherche aquacoles (Tableau 2). Première priorité est donnée aux

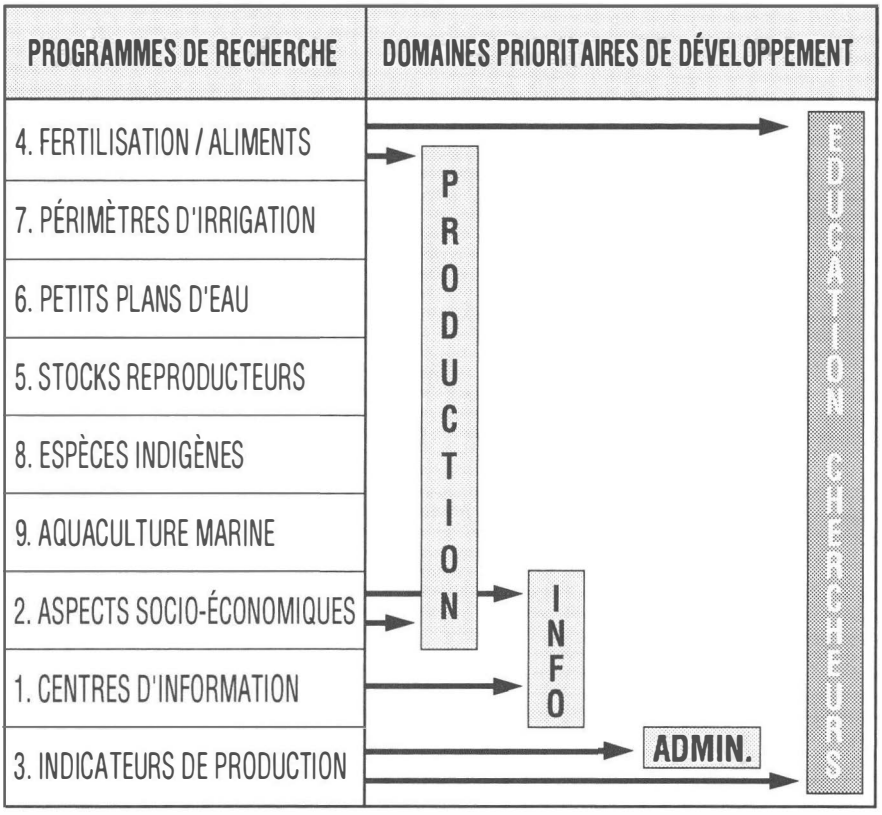


Fig. 3. — Relations entre les programmes de recherche et les domaines prioritaires de développement identifiés.

Tableau 2.
Classification des programmes régionaux proposés

Programme	**Durée**	**Priorité**
Centres d'information	courte	première
Indicateurs de production	courte	première
Aspects socio-économiques	moyenne	première
Fertilisation et aliments	moyenne	première
Gestion des stocks reproducteurs	moyenne	première
Pêcheries des petits plans d'eau	moyenne	seconde
Périmètres d'irrigation	moyenne	seconde
Nouvelles espèces indigènes	moyenne	dernière
Aquaculture marine	moyenne	dernière

programmes dont les résultats soit auront un impact important dans la plupart des régions, soit seront immédiatement utilisables par d'autres programmes. Seconde priorité est accordée à ceux dont les résultats bénéficieront à un groupe plus limité de pays. S'il est jugé que les résultats n'auront que des effets limités sur la production aquacole régionale dans le court à moyen terme, le programme se voit attribué une priorité minimale.

Tous les programmes auront d'importantes interactions (Section 3.3) sous la forme d'échanges d'informations, d'échanges de chercheurs et de recherches menées en collaboration sur des thèmes interdisciplinaires particuliers. Ces interactions seront coordonnées par les centres coordonnateurs des six programmes de recherche les plus interactifs. Quant au programme d'information, il créera son propre mécanisme d'interaction et de diffusion de l'information au profit de tous les programmes de recherche.

La plupart des programmes devraient bénéficier de la collaboration d'équipes et institutions faisant de la recherche de pointe, tant dans des pays en développement que dans des pays développés (Section 3.3). Les réseaux proposés pourraient même être élargis de manière à englober certains de ces laboratoires de recherche.

3. 3. Description des réseaux et programmes proposés

3.3.1. Centres d'information sur l'aquaculture

L'objectif général est de rassembler, stocker et diffuser des données d'information sur tout sujet relatif au développement et à la recherche aquacoles. Deux centres seraient créés, l'un anglophone et l'autre francophone, et travailleraient en liaison étroite.

Les résultats attendus de ce programme sont les suivants:

- collections réunissant une documentation sur l'aquaculture et sciences périphériques;
- personnel formé aux techniques de gestion de ces collections;
- bases de données informatisées contenant la documentation détenue par les centres, et des informations sur l'aquaculture existant ailleurs, accessibles aux chercheurs sur disque et en ligne;
- service de recherche de références capable de traiter de sujets spécialisés concernant le domaine de l'aquaculture;
- publications périodiques spécialisées concernant l'aquaculture au sens large;

- bulletin périodique décrivant les programmes et les résultats de la recherche des autres réseaux subsahariens;
- réseau de diffusion de la documentation concernant l'aquaculture;
- fichier des chercheurs spécialisés en aquaculture et actifs en Afrique subsaharienne, périodiquement remis à jour;
- système de prêts entre bibliothèques permettant l'échange de documentation.

Le programme devrait être mis en route et devenir pleinement opérationnel dans un délai de cinq ans. Par la suite, son travail consisterait à appuyer les programmes de recherche des autres réseaux et à desservir les activités de développement aquacole en général.

Pour que puissent être représentées non seulement les deux langues principales d'Afrique mais aussi les différentes régions agro-écologiques, il est proposé d'installer ces deux centres d'information:

- *Pour l'Afrique francophone*, en Côte d'Ivoire, à l'Institut des Savanes (IDESSA) de Bouaké; cet institut abrite déjà actuellement une bibliothèque particulièrement riche pour ce qui concerne la région soudano-sahélienne ainsi que l'Afrique occidentale et centrale;
- *Pour l'Afrique anglophone*, au Malawi, soit au Chancellor College de l'Université, à Zomba,qui participe activement à la formation aquacole des cadres des dix pays du SADC ("**S**outhern **A**frican **D**evelopment **C**ommunity" dont les pays membres sont Angola, Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, Namibie, Swaziland, Tanzanie, Zambie et Zimbabwe) soit au Centre aquacole national de Domasi où se constitue actuellement la collection intéressant l'Afrique orientale et australe.

D'autres centres d'information qui jusqu'à ce jour ne se sont pas nécessairement spécialisés en aquaculture pourraient être intégrés en un réseau coordonné par les deux centres proposés. Ils existent par exemple à:

- Mombasa, Kenya (RECOSCIX-WIO au Kenya Marine and Fisheries Research Institute);
- Bamako, Mali (RESADOC à l'Institut du Sahel);
- Butare, Rwanda (Station de Recherche Piscicole, Université du Rwanda);
- Kariba, Zimbabwe (Lake Kariba Fisheries Research Institute);
- Harare, Zimbabwe (National Parks and Wildlife Management library).

Le programme d'information devrait contribuer directement à renforcer les capacités et les collections des deux centres coordinateurs. De fortes liaisons seront instituées entre eux, de manière à favoriser les

échanges d'informations non seulement entre les deux zones linguistiques de l'Afrique mais aussi entre les différentes zones agro-écologiques. Les centres d'information établiront des liaisons formelles avec les centres coordinateurs des divers réseaux de recherche, en communiquant régulièrement avec leur personnel chargé de l'information. Les membres de ces réseaux adresseront directement à l'un ou l'autre des centres leurs demandes ou envois d'informations.

Ces deux centres d'information coordonneront aussi leurs activités avec les principaux centres internationaux d'information sur l'aquaculture situés en Amérique latine, en Amérique du Nord, en Asie et en Europe.

3.3.2. Aspects socio-économiques et groupes cibles

L'objectif général est de mettre au point des techniques aquacoles adaptées à la disponibilité et l'utilisation des ressources productives par les exploitants, et aux possibilités d'écoulement du poisson produit.

Les résultats escomptés sont:

- identification et description des groupes cibles pour l'aquaculture;
- identification des ressources productives pour l'aquaculture, de leur disponibilité, accès et contrôle;
- stratégies d'exploitation des étangs répondant aux besoins sociaux et économiques des groupes cibles;
- définition d'indicateurs utiles pour évaluer les impacts socio-économiques de l'aquaculture;
- directives à l'intention des chercheurs en aquaculture chargés d'identifier les caractéristiques socio-économiques des groupes cibles ainsi que la répartition, le contrôle et l'utilisation des ressources;
- chercheurs en socio-économie et en aquaculture formés et ayant acquis de l'expérience dans les aspects socio-économiques de l'aquaculture;
- amélioration des méthodologies de vulgarisation.

Ces résultats devraient être obtenus dans les dix ans. Cependant, certains d'entre eux devraient être obtenus bien plus tôt et être utilisables par les chercheurs des autres programmes de recherche ainsi que par les vulgarisateurs.

Il est proposé que le centre coordonnateur se situe au Malawi, au Chancellor College de l'Université, à Zomba, qui travaillerait en étroite collaboration avec le National Aquaculture Centre de Domasi.

Les autres centres du réseau seraient situés:

- au Mali, à l'Université de Bamako;

- en Côte d'Ivoire, à l'Institut des Savanes (IDESSA), Bouaké;
- au Nigeria, au Nigerian Institute for Oceanographic and Marine Research, Lagos;
- à Madagascar, à l'Université d'Antananarivo;
- en Tanzanie, à la Sokoine University of Agriculture, Morogoro.

Ce programme de recherche devrait procurer des informations importantes pour les recherches entreprises dans le cadre d'autres programmes, tels que ceux concernant la fertilisation/alimentation, les indicateurs de production et les périmètres d'irrigation. Il devrait établir des liaisons avec des institutions travaillant en Asie sur les aspects socio-économiques de l'aquaculture, afin d'échanger informations et expertise.

3.3.3. Indicateurs de production pour l'aquaculture

L'objectif général est d'identifier et de tester des indicateurs de la production aquacole et de l'impact socio-économique, qui soient mesurables et fiables dans le contexte d'exploitations rurales.

Les résultats escomptés sont:

- identification de paramètres clés utilisables pour la planification et le suivi du développement de l'aquaculture (e.g. taux d'empoissonnement, taux de fertilisation, taux d'alimentation, récoltes, consommation, ventes);
- identification d'indicateurs de ces paramètres clés et tests sur des exploitations rurales en vue d'en apprécier la mesurabilité et la fiabilité;
- conception de systèmes de collecte de données statistiques et tests en milieu rural, en utilisant les indicateurs précédemment identifiés;
- directives pour les planificateurs de l'aquaculture chargés de concevoir, mettre en oeuvre et utiliser des systèmes de collecte de statistiques aquacoles sur la base d'indicateurs.

Ces résultats devraient être obtenus endéans les cinq ans. Par la suite, les directives seraient utilisées, à l'échelle nationale, par les vulgarisateurs, techniciens et planificateurs aquacoles, dans le cadre du processus de planification et de suivi du développement de l'aquaculture.

Le centre coordonnateur devrait être établi au Kenya, auprès d'une institution à définir. Ce pays possède en effet un grand nombre et une grande variété d'étangs ruraux, ainsi que plusieurs institutions dotées de moyens de collecte et d'analyse des données. Les autres centres du réseau seraient situés au Nigeria et en Zambie, pour des raisons

analogues. La possibilité d'établir un centre en Afrique francophone devrait également être étudiée.

Ce programme de recherche interagira avec le programme sur les aspects socio-économiques, qui lui fournira des informations socio-économiques sur la production aquacole et sur les groupes cibles. Lors de l'identification des besoins et de la vérification des résultats, le programme sur les indicateurs de production devrait collaborer étroitement avec les unités nationales de planification.

3.3.4. Fertilisation des étangs et aliments piscicoles

L'objectif général est d'établir un réseau régional spécialisé dans la recherche sur la fertilisation organique, sur les aliments piscicoles d'appoint et sur l'intégration de l'aquaculture à l'élevage, en vue de déterminer les mécanismes fondamentaux selon lesquels les conditions dans les petits étangs de terre varient en fonction de ces intrants. Des méthodes pratiques pourraient alors être élaborées afin d'optimiser les productions de poissons juvéniles et de poissons de consommation dans de tels étangs, sur une base économique et avec les intrants disponibles localement.

Il est proposé que le centre coordinateur se situe en Côte d'Ivoire, à l'Institut des Savanes (IDESSA), Bouaké. Les autres centres du réseau se situeraient:

- au Mali, au Centre de Formation/Recherche Piscicoles de Molodo/ Niono;
- en Côte d'Ivoire, au Centre de Recherches Océanologiques (CRO), Abidjan;
- au Nigeria, au National Aquaculture Training/Research Centre, Port Harcourt;
- au Cameroun, à la Station de Recherche Piscicole IRZV de Foumban;
- au Rwanda, à la Station de Recherche Piscicole de l'Université de Butare;
- en Zambie, à la Station de Recherche Piscicole de Chilanga/Lusaka.

Le programme de recherche se compose de trois sous-programmes étroitement interdépendants. De fortes interactions existeront également avec tous les autres programmes de recherche, sauf ceux traitant des petits plans d'eau, de l'aquaculture marine et des indicateurs de production. Ce programme devrait étroitement collaborer avec d'autres institutions spécialisées d'Europe et d'Asie.

Les particularités de ces trois sous-programmes sont résumées ci-après.

a. *Stratégies de la fertilisation organique.* – La contribution d'organismes naturels, tels que bactéries et organismes phyto/zoo planctoniques, à la nutrition des poissons d'élevage peut être importante, particulièrement en conditions tropicales où les productivités primaire et secondaire sont généralement élevées. De plus, ces organismes naturels sont riches en protéines, l'élément nutritif le plus limitant et l'ingrédient le plus coûteux des aliments d'appoint.

L'objectif général est donc d'accroître la production aquacole et d'améliorer la rentabilité d'élevages semi-intensifs en petits étangs par l'utilisation régulière de végétaux et déchets divers disponibles localement, afin d'augmenter l'importance relative des organismes naturels dans l'alimentation des poissons.

Les recherches devraient inclure le compostage en milieu aquatique, les aspects quantitatifs et qualitatifs de la contribution des organismes naturels à la production, et l'écologie de la flore microbienne en étangs.

Les principaux résultats escomptés sont:

- diminution de la qualité et de la quantité des aliments d'appoint nécessaires;
- augmentation de la disponibilité et de l'utilisation locales d'ingrédients pour l'alimentation piscicole d'appoint;
- meilleure utilisation par les poissons des aliments distribués;
- diminution des coûts d'alimentation.

b. *Aliments d'appoint et stratégies d'alimentation.* – L'objectif général est d'accroître la production piscicole et d'améliorer la rentabilité d'élevages semi-intensifs en petits étangs par l'utilisation régulière d'ingrédients disponibles localement pour l'alimentation d'appoint des poissons.

En plus de l'étude des divers ingrédients disponibles, les recherches devraient aussi considérer les diverses stratégies d'alimentation possibles ainsi que les problèmes liés au stockage des ingrédients sous conditions tropicales.

Les principaux résultats escomptés sont:

- base de données mise à jour périodiquement concernant la disponibilité d'ingrédients utiles pour l'alimentation d'appoint des poissons, leur utilisation et leurs résultats économiques, et cela pour les principaux systèmes d'élevage semi-intensifs en étangs;
- production d'aliments d'appoint bon marché pour la production piscicole à l'échelle commerciale;

- amélioration des pratiques zootechniques et de l'économie de la production.

c. *Intégration des productions piscicole et animale.* – L'objectif général est d'accroître la production piscicole et d'améliorer la rentabilité d'élevages extensifs et semi-intensifs en petits étangs par l'utilisation régulière de la fumure animale localement disponible.

En complément aux résultats du sous-programme "Stratégies de la fertilisation organique" mentionnés en (a) ci-dessus, ce sous-programme devrait servir à définir, sur une base scientifique, les technologies d'intégration de la production piscicole aux productions animales existantes.

3.3.5. Amélioration et gestion des stocks reproducteurs

L'objectif général est de mettre en place un réseau régional spécialisé dans l'amélioration (par la sélection) et la gestion des stocks reproducteurs pour les espèces les plus couramment cultivées.

Les résultats escomptés consistent en souches de poissons dotées d'un potentiel de croissance dûment démontré, produisant des rendements accrus et assurant des profits économiques plus importants aux pisciculteurs.

Ce programme de recherche devrait en outre offrir l'occasion de comparer la valeur relative des deux espèces de tilapia actuellement préférées en Afrique en présence de températures plus tempérées: *Oreochromis andersoni* (Zambie, longue saison froide) et *O. niloticus,* souche égyptienne (Rwanda, climat d'altitude).

Il est proposé que le centre coordinateur soit situé au Rwanda, à la Station de Recherche Piscicole de la Faculté d'Agriculture de l'Université, à Butare. Les autres centres de ce réseau seraient situés:

- au Cameroun, à la Station de Recherche Piscicole IRZV de Foumban;
- en Centrafrique, au Centre National de Pisciculture de la Landjia, Bangui;
- à Madagascar, à la Station Piscicole d'Ambatolampy;
- au Nigeria, au Nigerian Institute for Freshwater Fisheries Research, New Bussa;
- au Zimbabwe, dans le cadre du Department of National Parks and Wildlife Management et de l'Université (Lake Kariba Research Station).

Il y aura d'importantes interactions avec les programmes de recherches concernant les petits plans d'eau, les périmètres d'irrigation et la fertilisation/alimentation. Ce programme devrait coordonner ses activités de recherche avec celles d'institutions spécialisées, principalement en Europe, en Israël et en République sud-africaine.

3.3.6. Amélioration des pêcheries des petits plans d'eau

L'objectif général est de renforcer la pêche artisanale pratiquée dans les petits plans d'eau, sur les bases d'une meilleure connaissance et compréhension de leur potentiel ainsi que du développement de techniques améliorées de gestion et d'exploitation.

Les résultats escomptés sont:

- méthodologie pour l'estimation du rendement potentiel des pêcheries des petits plans d'eau tropicaux sur la base d'indicateurs clés facilement mesurables;
- méthodes de gestion communautaire des pêches pour les petits plans d'eau;
- directives concernant les empoissonnements (espèces/stocks);
- méthodes de propagation des poissons adaptés aux petits plans d'eau;
- méthodes permettant d'accroître la productivité par la manipulation de la composition spécifique du stock, la fertilisation et l'alimentation;
- méthodes d'élevage en cages et en enclos dans le but d'optimiser la production;
- aspects socio-économiques des activités liées à l'élevage en cages/enclos par les communautés locales;
- méthodes de récolte sélective adaptées aux petits plans d'eau;
- méthodes d'évaluation et de classification des petits plans d'eau d'après la production halieutique et son amélioration potentielles;
- aspects économiques des différentes options de gestion et d'amélioration des pêcheries des petits plans d'eau.

Le centre coordonnateur serait situé au Nigeria, au Nigerian Institute for Freshwater Fisheries Research (NIFFR), New Bussa. Les autres centres du réseau seraient:

- en Côte d'Ivoire, à l'Institut des Savanes (IDESSA), Bouaké;
- au Ghana, à l'Institute of Aquatic Biology, Accra;
- au Kenya, à la Sagana Fish Culture Research Station;
- au Mali, dans un centre non encore identifié;
- en Tanzanie, au sein du Tanzanian Fisheries Research Institute (TAFIRI);

- au Zimbabwe, à la McIlwaine Fisheries Research Station, près de Harare.

Ce programme de recherche bénéficiera des résultats obtenus dans d'autres programmes, notamment ceux concernant la gestion des stocks reproducteurs, l'élevage d'espèces indigènes et les aspects socio-économiques. Une étroite collaboration devrait être établie avec des institutions asiatiques et latino-américaines spécialisées dans l'amélioration des pêcheries des petits plans d'eau.

3.3.7. Aquaculture dans les périmètres d'irrigation

L'objectif général est de promouvoir l'intégration de l'aquaculture dans les grands périmètres d'irrigation de surface, possibilité parmi d'autres d'y diversifier la production. Les conditions socio-économiques prévalantes devraient servir de base à la définition de systèmes aquacoles appropriés ainsi que de leurs pratiques de gestion.

Les résultats principaux escomptés sont:

- pour chaque type de système d'exploitation (parcelles privées/société), définition des moyens les plus appropriés d'intégrer l'aquaculture;
- définition des modèles techno-économiques de pisciculture les mieux adaptés aux différents types de périmètres d'irrigation;
- disponibilité locale accrue de poisson frais sur les périmètres d'irrigation.

Le centre coordonnateur serait situé au Ghana, à l'Université de Kumasi. Les autres centres du réseau se situeraient:

- à Madagascar, dans le cadre de l'antenne du Département des Pêches et de l'Aquaculture d'Antsirabé (privatisation de la production des carpillons pour l'empoissonnement des rizières);
- au Nigeria, au Nigerian Institute for Freshwater Fisheries Research, New Bussa;
- au Kenya, à la Sagana Fish Culture Research Station;
- au Malawi, au National Aquaculture Centre de Domasi, en collaboration avec la Ferme Piscicole de Kasinthula;
- au Mali, au Centre National de Formation/Recherche Aquacoles de Molodo.

De fortes interactions devraient se développer avec les programmes de recherche concernant la fertilisation/alimentation et les aspects socio-économiques. Une étroite collaboration avec des institutions spécialisées, d'Asie en particulier, devrait se développer.

3.3.8. Élevage d'espèces indigènes

L'objectif général est de mettre en place un réseau régional spécialisé dans la sélection et l'expérimentation approfondie d'espèces indigènes utilisables en aquaculture.

Ce programme de recherche devrait inclure des études taxonomiques, biologiques et socio-économiques coordonnées au niveau sous-régional, sur la base des aires de distribution des espèces indigènes considérées comme prioritaires pour le développement futur de l'aquaculture.

Les résultats principaux escomptés sont:

- méthodologie pour l'évaluation standardisée de nouvelles espèces aquacoles;
- méthodologies pour le contrôle biologique en étangs et petits plans d'eau des vecteurs de maladies humaines ainsi que des plantes aquatiques et poissons indésirables;
- mise à la disposition des pisciculteurs de nouvelles espèces, expérimentées et jugées présenter les caractéristiques souhaitées pour un élevage profitable.

Le centre coordonnateur se situerait au Nigéria, au Nigerian Institute for Freshwater Fisheries Research (NIFFR), New Bussa. Les autres centres du réseau seraient:

- au Congo, au Centre National Piscicole de Djoumouna, près de Brazzaville;
- au Kenya, à la Sagana Fish Culture Research Station;
- à Madagascar, au sein du Département des Pêches et de l'Aquaculture;
- au Malawi, au National Aquaculture Centre de Domasi;
- au Zimbabwe, à la McIlwaine Fisheries Research Station, près de Harare.

Ce programme de recherche interagira avec les programmes concernant les petits plans d'eau, les périmètres d'irrigation, la fertilisation/alimentation et les aspects socio-économiques.

3.3.9. Aquaculture marine

L'objectif général est d'intensifier et d'améliorer la recherche consacrée aux principaux domaines dont dépendent les productions de poissons, de crevettes, de crabes, de mollusques et d'algues dans les eaux côtières africaines.

Les résultats principaux escomptés sont:

- meilleures connaissances biologiques, techniques et socio-économiques d'espèces marines pour l'élevage;
- échanges d'informations sur tous les sujets étudiés, y compris les marchés;
- production accrue d'espèces marines dans les régions côtières.

Le centre coordonnateur se situerait en Namibie, à la Marine Fisheries Research Station de Swakopmund. Les autres centres du réseau seraient:

- au Cameroun, au Centre de Recherches Halieutiques et Océanographiques, Limbe;
- à Madagascar, à la Station de Recherche Aquacole (crevettes), Nosy Bé;
- au Sénégal, en un centre côtier non encore identifié;
- en Tanzanie, à l'Institute of Marine Sciences, Zanzibar.

Ce programme de recherche devrait bénéficier d'une étroite collaboration avec des institutions spécialisées, en particulier de République sud-africaine et d'Asie.

RÉFÉRENCES

COCHE, A. G., HAIGHT, B. A. & VINCKE, M. J. 1994. Aquaculture development and research in Sub-Saharan Africa. — Synthesis of national reviews and indicative action plan for research. FAO, Rome, CIFA Technical Paper 23, 140 pp.

Committee for Inland Fisheries of Africa. 1993. Report of the Second Session of the Working Party on Aquaculture (Harare, Zimbabwe, 13-17 September 1993). — Rome, FAO Fisheries Report 489, 26 pp.

EDWARDS, P. *et al.* 1991. Tropical aquaculture development. Research needs. — World Bank Technical Paper 151, 52 pp.

FAO Fishery Information, Data and Statistics Service. 1993. Aquaculture production 1985-1991. — Rome, FAO Fisheries Circular 815, Rev.5, 213 pp.

Ministère des Colonies, 1950. Comptes rendus de la Conférence Piscicole Anglo-Belge (Elisabethville, Congo belge, 13-18 juin 1949). — Ministère des Colonies, Bruxelles, 355 pp.

PAULY, D. *et al.* 1991. Fisheries and aquaculture research capabilities and needs in Africa. Studies of Kenya, Malawi, Mozambique, Zimbabwe, Mauritania, Morocco and Senegal, — World Bank Technical Paper 149, 73 pp.

VINCKE, M. M. J. 1995. Le développement actuel de l'aquaculture continentale africaine — *In:* SYMOENS, J.-J. & MICHA J.-C., Séminaire "L' aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical" (Bruxelles, 16-19 mai 1994). Centre Technique de Coopération agricole et rurale; Académie royale des Sciences d' Outre-Mer, Bruxelles. Ce volume, pp. 27-64.

SÉANCES DU 17 MAI 1994

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 91 - 113 (1995)

Original : Français

L'AMÉNAGEMENT DURABLE DES ZONES HUMIDES: RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE*

PAR

J.-J. SYMOENS**

RÉSUMÉ. — De nombreuses définitions ont été données au terme zones humides, l'équivalent français de l'anglais wetlands. La Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau lui donne un sens très large: «les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres». Cette définition recouvre des milieux extrêmement variés. Les zones humides, tant côtières que continentales, assurent, au bénéfice de l'humanité, des fonctions diverses (économiques, écologiques, sociales). De nombreuses populations ont vécu pendant des siècles en parfait accord avec l'écosystème des zones humides qu'elles habitaient et certaines le font encore aujourd'hui: pêcheurs Wagenia du fleuve Zaïre, et Imraguen du Banc d'Arguin, en Mauritanie, chasseurs de coypus des Bañados, en Uruguay, agriculteurs des plaines inondables du Tchad, pasteurs des Kafue Flats, en Zambie, etc. Cependant, outre les menaces que des adversités climatiques, par exemple des sécheresses prolongées, font peser sur les zones humides, celles-ci sont mises en danger par l'accroissement

* Le présent texte reprend en grande partie un article publié sous le titre "La diversité biologique des zones tropicales humides. Richesse - Menaces - Conservation" dans la *Revue belge de Géographie*, **119**e année (1995, 1-2): 15-22 (décembre 1994). L'auteur remercie le secrétariat de cette revue d'en avoir permis la reproduction.

** Membre de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer; Laboratorium voor Algemene Plantkunde en Natuurbeheer, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel (België).

de la population humaine et de ses activités d'exploitation, de transformation et de consommation des ressources naturelles (demophora). Drainage et assèchement, rectification et bétonnage des berges, pollution, acidification ou eutrophisation, pêches excessives et destruction des frayères, introduction intempestive d'espèces végétales ou animales, ont causé la régression des zones humides, tant en surface qu'en qualité. En particulier, leur diversité biologique, est continuellement menacée. Il convient que les zones humides soient préservées de ces dégradations, voire restaurées, par des mesures de conservation et d'aménagement adéquates. L'homme doit les utiliser de façon judicieuse et durable, pour qu'elles satifassent au mieux les besoins des générations actuelles, tout en maintenant leur capacité à répondre aux besoins et aux aspirations des générations futures. Ceci implique le maintien d'un ensemble de caractéristiques naturelles des constituants des écosystèmes des zones humides, tels que l'eau, les nutriments, les sols, les plantes et les animaux, dans toute leur diversité. La gestion des zones humides, comme celle de toutes les ressources naturelles, doit reposer sur les principes de solidarité, de participation et de subsidiarité. Elle comporte la mise en œuvre de diverses mesures techniques et de mesures d'ordre réglementaire (classement, octroi du statut de réserve naturelle, inclusion dans des parcs naturels ou des parcs nationaux). Un programme d'éducation du public, en particulier des jeunes, doit y être associé. Au plan international, la Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, adoptée à Ramsar en 1971 et complétée d'un protocole adopté à Paris en 1982, a incité de nombreux États à désigner des zones humides de leur territoire devant bénéficier de telles mesures. La généralisation de semblables politiques répondrait certainement aux idées de l'Agenda 21 adopté à la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement qui s'est tenue en 1992 à Rio de Janeiro.

1. Les zones humides: définition et diversité

De nombreuses définitions ont été données au terme zones humides, l'équivalent français de l'anglais wetlands.

Une définition familière très restrictive du terme le limite aux étendues marécageuses où l'eau est trop profonde pour qu'on puisse sans difficulté les parcourir à la marche, mais trop peu profonde pour qu'on puisse confortablement y nager.

Au contraire, la Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, adoptée à Ramsar en 1971, lui donne un sens très large: les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres (UNESCO 1994).

Cette dernière définition du terme zones humides recouvre des milieux extrêmement variés: sources, cours d'eau, lacs, étangs, marais, forêts marécageuses et tourbières, plaines inondables et deltas, estuaires; elle couvre même des étendues côtières, voire franchement marines, le plus souvent soumises au jeu des marées: mangroves, prés salés, vasières et récifs coralliens.

De nombreux systèmes de classification des zones humides ont été proposés, le plus souvent à l'échelle régionale ou nationale. Tel est le système établi par l'*Office of Biological Services* du *Fish and Wildlife Service* des Etats-Unis (COWARDIN *et al.* 1977). Un système a également été établi à l'échelle mondiale, en vue de l'application de la Convention de Ramsar (v. tableau 1) (MATTHEWS 1993).

Les zones humides sont généralement des écotones, c'est-à-dire des zones de transition, entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. Le gradient d'humidité du milieu ou de profondeur de l'eau y crée une diversité de microhabitats, s'ajoutant à la variété des types de zones humides.

Certaines zones humides sont inondées de façon permanente. Leurs sols, toujours saturés d'eau, sont, lorsque le brassage de l'eau qui les surmonte est insuffisant, pauvres en oxygène et, du fait de cette anoxie, les dépôts de détritus organiques s'y décomposent lentement, le plus souvent incomplètement. Ces zones sont généralement des accumulateurs de matière organique, par exemple sous forme de sapropèle dans les lacs et étangs, de tourbe dans les fagnes.

D'autres zones humides, du fait des fluctuations saisonnières du niveau de l'eau, connaissent, au moins sur une partie de leur aire, une alternance de phases inondées et sèches. Une part importante de la matière organique produite en phase inondée sera, lors de la phase découverte, décomposée et entièrement reminéralisée, grâce à la bonne oxygénation du milieu. Les nutriments seront recyclés, ce qui favorisera la production biologique de ces zones. L'accumulation nette de matière organique y est faible ou nulle. Dans la mesure où les fluctuations de niveau conservent un caractère suffisamment naturel et ne sont pas exagérées par des prélèvements excessifs, par exemple à des fins d'irrigation, de nombreuses espèces d'organismes, tant végétaux qu'animaux, contribuent à la diversité biologique de ces zones.

Tableau 1
Classification des zones humides.

Zones humides marines et côtières	
A	Eaux marines peu profondes
B	Lits marins
C	Récifs coralliers
D	Rivages rocheux
E	Plages de sable / galets (incl. systèmes dunaires)
F	Eaux d'estuaires
G	Vasières intertidales (incl. bancs de terres salées)
H	Marais salés
I	Mangroves / forêts intertidales
J	Lagons côtiers saumâtres / salins
K	Lagons côtiers d'eau douce
L	Deltas
Zones humides continentales	
M	Fleuves / rivières / ruisseaux: permanents
N	Fleuves / rivières / ruisseaux: saisonniers / intermittents
O	Lacs d'eau douce: permanents
P	Lacs d'eau douce: saisonniers / intermittents
Q	Lacs et marais salés / saumâtres: permanents
R	Lacs salés / saumâtres: saisonniers / intermittents
S	Étangs et marais d'eau douce: permanents
T	Étangs et marais d'eau douce: saisonniers / intermittents
U	Tourbières (incl. haut-marais / fagnes / marécages)
V	Zones humides de toundra / alpines
W	Zones humides dominées de buissons
X	Zones humides dominées d'arbres (incl. forêts marécageuses)
Y	Sources d'eau douce (incl. oasis)
Z	Zones humides géothermiques
Zones humides artificielles	
1	Étangs de pisciculture / d'élevage de crevettes
2	Étangs agricoles / petits réservoirs
3	Terres irriguées (incl. rizières)
4	Terres arables inondées saisonnièrement
5	Marais salants / salines
6	Réservoirs / barrages / digues
7	Gravières / argilières / glaisières
8	Bassins d'épuration des eaux usées
9	Canaux

2. Les fonctions des zones humides

Les zones humides, tant côtières que continentales, assurent, au bénéfice de l'humanité, des fonctions diverses.

Les zones humides ont une fonction économique directe. Elles représentent une immense réserve d'eau et l'eau, de par sa nécessité pour l'homme et ses activités, doit être reconnue comme un bien économique. Les zones humides assurent de plus des productions végétales (riz, bois, tannins, mais également cultures de décrue diverses à la période du retrait des eaux dans les plaines périodiquement inondées) et des productions animales (principalement poissons, également crustacés, mollusques, canards, bétail). Elles constituent également, depuis toujours, des voies de communication pour le transport des personnes et des marchandises.

Les zones humides ont des fonctions écologiques. Elles régularisent le débit des cours d'eau, se gonflant comme des éponges en période de pluie pour restituer plus tard les eaux accumulées; elles empêchent ainsi tant les crues que les étiages excessifs. Marais et étangs fonctionnent comme des filtres contribuant à la purification des eaux et cette propriété est utilisée pour le traitement des eaux usées dans les divers types de lagunes d'épuration; cette technique ne requiert qu'un minimum d'investissements et convient particulièrement aux petites communautés disposant d'espace suffisant dans les fonds de vallées. Enfin, les zones humides constituent le support d'une vie aquatique immensément diversifiée. Des protozoaires aux mammifères, des algues unicellulaires aux plantes à fleurs, tous les grands groupes systématiques ont des représentants aquatiques. Un aspect souvent impressionnant de l'exubérance de la vie dans les zones humides est le rassemblement de milliers d'oiseaux, canards, oies, flamants, échassiers, etc.; lacs, étangs, marais, fleuves, estuaires et lagunes côtières sont pour eux des lieux de reproduction, d'hivernage ou d'escale lors des migrations. Bien d'autres oiseaux plus rares et plus discrets, n'en sont pas moins remarquables, tel le bec-en-sabot qui vit solitaire et caché dans les hautes roselières des marais d'Afrique tropicale.

Les zones humides ont également des fonctions sociales. Ce sont des sites de récréation: pêche, baignade et sports nautiques, mais aussi tourisme vert et randonnées, observation et photographie des animaux. Le lac Nakuru, au Kenya, attire chaque année des milliers de touristes venant admirer son extraordinaire population de flamants et, dans les

parcs nationaux d'Afrique, les mares où viennent s'abreuver les grands mammifères constituent des points d'observation privilégiés. La Camargue, vaste delta du Rhône, dans le sud de la France, est visitée annuellement par plus d'un million de personnes, énormément d'entre elles étant attirées par le spectacle de sa riche faune aviaire – quelque 10 000 couples de flamants y nichent – et de ses chevaux blancs paissant en liberté (PEARCE & CRIVELLI 1994). Les zones humides sont source de connaissance: leurs peuplements floristiques et faunistiques et les processus divers et complexes qui s'y déroulent offrent un vaste champ aux recherches scientifiques pures et appliquées. Les fonds lacustres où, depuis des millénaires, se sont sédimentées les parois siliceuses des diatomées, ainsi que les couches successives de tourbe qui ont emprisonné et conservé les grains de pollen des forêts du passé, constituent des "archives naturelles" dont l'analyse permet de reconstituer l'histoire des climats et des végétations; les zones humides ont une valeur didactique considérable, fournissant d'innombrables objets pour l'enseignement de la botanique et de la zoologie, aux jeunes enfants comme aux étudiants; l'étang et même une simple mare constituent des modèles idéaux pour l'initiation à l'écologie. Enfin les "espaces bleus" ont une fonction esthétique: ce sont pour l'homme des lieux de beauté et de contemplation.

Il est important de noter que les fonctions écologiques et sociales des zones humides leur donnent une valeur économique qui s'ajoute à celles que leur confère leur fonction de production. Le non-respect de ces fonctions entraîne en effet des dommages à l'environnement ou des pertes de biens sociaux dont la réparation et la compensation peuvent coûter très cher aux collectivités. L'estimation de la valeur économique totale des zones humides doit tenir compte aussi bien de l'usage qui en est fait que de celui que l'on prévoit de se réserver et du patrimoine qu'elles recèlent et qui constitue pour elles des potentialités (TURNER 1992).

3. Réduction et dégradation des zones humides

Malgré la multiplicité des fonctions des zones humides qui, sans conteste, justifierait qu'une attention constante soit portée au maintien de leurs potentialités, les zones humides ont largement régressé, tant en surface qu'en qualité. Outre les menaces que des adversités climatiques, par exemple des périodes de sécheresse prolongée, font peser sur les zones humides, celles-ci sont, comme la plupart des écosystèmes naturels

ou semi-naturels, et peut-être plus encore que d'autres, mises en danger pour deux motifs: l'accroissement constant de la population humaine et celui de ses activités d'exploitation, de transformation et de consommation des ressources. La combinaison de ces deux paramètres, leur produit en quelque sorte, a reçu le nom de *demophora* et la croissance démophorique entraîne aujourd'hui une occupation de plus en plus dense de la planète et un appel partout accru à ses ressources, que celles-ci, soient, en principe, renouvelables (il s'agit des sols, des eaux, des végétaux et des animaux) ou non renouvelables (combustibles fossiles, tels le pétrole et la tourbe).

Les agressions que subissent les zones humides sont de trois ordres et d'ailleurs souvent simultanées: destruction et fragmentation, dégradation de la qualité des eaux (pollution, eutrophisation, acidification) et altération des biocénoses (prélèvements excessifs, disparition d'espèces et introductions intempestives).

Destruction et fragmentation des zones humides

Dans l'ensemble, les zones humides ont probablement souffert davantage que les autres écosystèmes, car leur valeur a été le plus souvent méconnue, leur destruction étant dès lors perçue comme bénéfique ou, tout au moins, comme un inconvénient mineur au regard des avantages attendus de leur conversion (Dugan 1993). Les marécages, souvent considérés comme terrains infertiles ou insalubres ont été drainés, défrichés, mis en culture, voire urbanisés. Les marais du Rwanda, aux trois-quarts drainés et transformés en champs de thé, d'oléagineux, de légumes ou en pâturages ont vu, dans nombre de cas, leur productivité tomber après quelques mois, leurs sols tourbeux ayant subi une dessiccation irréversible qui les rend hydrophobes (Schmidt & Vincke 1981, Micha 1987).

En Europe, l'étang de village qui fut pendant des siècles un pôle d'attraction des petites communautés rurales, point d'eau pour l'homme et le bétail, souvent aussi source d'énergie pour les industries locales, a été abandonné, par suite de l'aménagement des canalisations dans les campagnes et la disparition de la traction animale; on a laissé l'étang s'envaser et s'atterrir; on a utilisé ce qu'il en restait comme décharge pour des déchets divers, des bouteilles vides aux cadres de lits!

En un siècle, la surface occupée par les vasières de l'estuaire de la Seine est passée de 130 à 30 km², et depuis 1962, celles de l'estuaire de

la Loire sont tombées de 140 à quelque 90 km² (BOUCHE & MARION, s.d.) A l'autre bout de l'Europe les zones humides naturelles de la Bulgarie qui occupaient près de 2000 km² au début du siècle n'en couvrent, plus que actuellement 110 km²; de nombreux barrages et retenues ont été construits, dont certains occupent une superficie assez importante, mais ils ne remplacent cependant pas les vastes marais de grande diversité biologique du passé, aujourd'hui asséchés (MITCHEV *et al.* 1993).

Un peu partout, en vue d'accroître le débit des rivières et d'éviter ainsi l'inondation des terrains voisins, désormais affectés à l'agriculture ou même à l'urbanisation, les cours d'eau ont été l'objet de travaux de curage, de rectification et de recalibrage; lors de ces travaux, les méandres sont supprimés; des murs et dalles de béton remplacent les berges herbeuses et le lit naturel des cours d'eau; la diversité des habitats et, avec elle, celle des biocénoses sont anéanties, cependant que le raccourcissement du cours d'eau et la destruction des frayères réduisent la population piscicole.

Dans les régions arides ou semi-arides, aux drainages des zones humides en vue de l'extension de l'agriculture, de l'urbanisation ou de l'aménagement de salines s'ajoute la dérivation des eaux à des fins d'irrigation. L'appel accru aux eaux du Tigre et de l'Euphrate pour l'irrigation dans le haut et le moyen Irak a causé des pertes de zones humides dans le sud du pays; les portions périphériques des marais ont été mises en culture, tandis que certaines zones ont été endiguées pour faciliter l'exploitation des ressources pétrolières. Faut-il aussi rappeler le dramatique assèchement de la mer d'Aral, en Asie centrale? Dans le sud du Soudan, le Jonglei Canal, commencé en 1978, devrait soustraire journellement 20 à 25 millions de m³ d'eau à la vaste région marécageuse du Sudd; on y prévoit une réduction de 21-25% de l'aire des marais, de 15-17% de celle des plaines inondables (BAILEY 1987). D'autres zones humides importantes de l'Afrique tropicale sont menacées. Il y a quelques années, J. Van Leeuw posait la question: "Et si le Niger disparaissait dans son cours moyen ?" (VAN LEEUW 1987). Quant au delta intérieur de l'Okavango, vaste de 15 000 km², on a pu dire que c'est un "joyau qui ne tient qu'à un fil" (CLOUDSLEY-THOMSON 1992).

ALTÉRATION DE LA QUALITÉ DES EAUX

La pollution, c'est-à-dire l'empoisonnement des écosystèmes du fait de l'homme, ne touche pas seulement, comme certains ont tendance à le penser, les pays industrialisés; elle affecte déjà les régions tropicales, même si l'industrialisation ne fait qu'y débuter. Les raisons en sont diverses. L'une d'elles y est le désir d'industrialisation accélérée: outre, les bas salaires et les coûts réduits de l'énergie, les décideurs cherchent à séduire les investisseurs du Nord par des incitants fiscaux, mais aussi par une législation peu sévère en matière de rejets et de pollution. Il a fallu, après la catastrophe de Seveso, celle de Bhopal pour qu'on comprenne finalement que ce qui est mauvais pour le Nord peut aussi l'être pour le Sud!

Certaines pollutions touchant les eaux sont dues aux rejets domestiques dans un monde en urbanisation croissante où se multiplient les mégapoles. Les germes pathogènes (typhoïde, choléra, dysenterie) n'y sont pas les moins inquiétants. DEJOUX (1988) a bien résumé les études sur les conséquences alarmantes du déversement des effluents d'Abidjan dans le système lagunaire adjacent. D'autres pollutions sont dues – peut-on s'en étonner dans des pays où la maladie et la malnutrition menacent la vie même des populations ? – à l'emploi des pesticides et des engrais dans les campagnes de lutte contre les grandes endémies tropicales (onchocercose, schistosomiase, trypanosomiase, paludisme) et dans les programmes d'intensification de la production agricole. Il serait certes déraisonnable de contester les avantages qui peuvent résulter pour l'homme de l'application à ces programmes des acquis de la science et de la technologie, mais on doit espérer qu'une étude rigoureuse des conditions d'emploi des intrants chimiques permettra d'éviter des destructions irréversibles.

Un changement de la qualité de l'eau souvent défavorable à certaines de ses utilisations est son eutrophisation. Le terme est pourtant dérivé de l'adjectif eutrophe, lui-même formé de deux mots grecs, dont le premier *eu* signifie bon, noble, le second *trophè* aliment, nourriture, ressource. Une eau est dite eutrophe lorsqu'elle est riche en nutriments et l'eutrophisation d'un milieu aquatique est son enrichissement en substances nutritives, particulièrement en phosphore. Le processus se produit naturellement dans les lacs où s'accumulent des sédiments; dans ce cas, il est généralement lent, s'accompagnant progressivement d'un changement dans la composition du plancton et de la faune de fond et

d'un accroissement de la production biologique. La fumure d'un étang par des engrais ou par des déchets organiques qui s'y décomposeront n'est rien d'autre qu'une eutrophisation organisée par le pisciculteur, en vue d'en augmenter la production à tous les niveaux de la chaîne alimentaire, du phytoplancton au poisson.

Si le mot eutrophisation a pris une connotation défavorable, c'est parce que diverses activités de l'homme, conduisant à l'enrichissement exagéré des eaux en phosphore ont accéléré leur eutrophisation à grande échelle (v. VOLLENWEIDER 1968). Le déversement dans les cours d'eau et les lacs, par suite de la généralisation du système des égouts, d'effluents domestiques et industriels, riches en phosphore, même après leur passage par une station classique d'épuration, le lessivage d'une part non négligeable des engrais épandus sur les terres agricoles, le ruissellement du lisier des animaux d'élevage, déclenchent une eutrophisation beaucoup plus rapide que celle due à la nature. On sait le problème que représente le lisier des élevages intensifs de porcs dans certaines provinces de Belgique; le même problème se pose à Taïwan ou les déchets des 9,6 millions de porcs équivalent aux rejets de 55 millions de personnes, alors que l'île ne possède actuellement que 21 millions d'habitants (YUAN TZU-YU 1994, VUYLSTEKE 1994). Dans les eaux de surface, l'eutrophisation se traduit par une pullulation brutale du phytoplancton, souvent sous la forme de cyanobactéries ("algues bleues"), et par une turbidité accrue de l'eau, défavorable aux plantes supérieures (macrophytes); la nuit, la masse végétale consomme l'oxygène dissous et lorsqu'elle meurt, sa décomposition cause une anoxie souvent complète des eaux profondes. Le fond abrite une faune d'eau putride (tubificides, larves de tendipédides), s'il n'est pas azoïque. Parmi les poissons, les espèces à exigences respiratoires élevées, souvent de haute qualité, sont remplacées par d'autres à exigences faibles, moins appréciées. Les "fleurs d'eau" à algues bleues étant généralement le premier symptôme visible de cette eutrophisation en extension, VALLENTYNE (1974) les a considérées comme le signal avant-coureur d'une menace de dégradation générale de la qualité des eaux, l'*algal bowl*, résultant d'un mésusage de l'eau, comparable au grand *dust bowl* américain des années 30, résultant celui-là du mésusage des sols! L'avertissement doit être pris au sérieux. Des pays presque entiers, comme les Pays-Bas, connaissent l'eutrophisation et même le lac Victoria, le plus grand lac tropical du monde, en présente déjà des symptômes: accroissement de la biomasse du phytoplancton, multiplication des cyanobactéries, réduction de la transparence de l'eau,

anoxie accrue et mortalités de poissons (OCHUMBA 1990, HECKY 1993a, 1993b, MUGIDDE 1993).

ALTÉRATION DES BIOCÉNOSES

Les communautés vivantes peuvent être altérées par des prélèvements excessifs (déboisement de mangroves, "overfishing", captures de grenouilles, etc.), pouvant aller jusqu'à la disparition d'espèces. Elles peuvent l'être aussi par des introductions intempestives d'espèces étrangères. La littérature écologique abonde en exemples d'espèces qui, introduites hors de leur aire d'origine ont eu, dans leur nouveau milieu, les effets indésirables les plus divers.

Dans le domaine des introductions végétales en milieu aquatique, l'exemple le plus classique et sans doute le plus spectaculaire est celui de la jacinthe d'eau, une plante flottante originaire de l'Amérique du Sud tropicale, introduite comme plante ornementale et aujourd'hui présente dans toute la ceinture intertropicale, atteignant le sud des USA vers le nord, la Nouvelle-Zélande vers le sud. La plante se propage vigoureusement par stolons et, lorsque les touffes sont complètement développées, elles peuvent se libérer de la plante-mère et partent à la dérive, dispersées par le vent ou les courants. Une seule rosette dans un étang suffit pour l'envahir en quelques mois! Partout où la jacinthe d'eau a été introduite, sa prolifération a posé de graves problèmes: obstacle à la navigation, obstruction des canaux et fossés de drainage, perturbation des installations hydro-électriques, obstacle à la pénétration de l'oxygène et, de ce fait, asphyxie des poissons, obstacle aux sports nautiques, etc. (v. GOPAL 1986, PIETERSE & MURPHY 1990).

Dans le domaine des introductions animales, l'exemple qui fait actuellement couler le plus d'encre est celui de la perche du Nil, un poisson prédateur introduit au début des années 60 dans le lac Victoria. Celui-ci hébergeait une ichtyofaune dominée par les cichlides de la sous-famille des haplochrominés: on en connaissait au moins 250 espèces et leur biomasse représentait plus de 80% des poissons démersaux. A la fin des années 70, donc deux décennies après son introduction, la perche du Nil était en pleine expansion et l'on notait le déclin de la plupart des autres espèces de poissons. Les chaînes alimentaires s'en sont trouvées complètement perturbées (WITTE *et al.* 1992), la pêche qui portait autrefois sur une douzaine d'espèces n'est basée essentiellement aujourd'hui que sur trois sortes de poissons: la perche du Nil, le tilapia du

Nil, également une espèce introduite, et un petit cyprin à aspect de sardine (le "dagaa"). Sans doute l'apport annuel total des pêches du lac est-il passé de 1970 à 1990 d'environ 100 000 tonnes à une quantité 5 fois supérieure (GREBOVAL & FRYD 1993), mais cet accroissement ne paraît pas devoir durer – la perche du Nil qui a éliminé tous les haplochrominés est cannibale – et il s'est fait aux dépens de centaines d'espèces, aujourd'hui éteintes (LIGTVOET & WITTE 1991, LOWE MC CONNELL 1994).

On pourrait multiplier le récit des introductions malencontreuses de plantes et d'animaux survenues depuis plus d'un siècle dans les milieux aquatiques.

Exploitation rationnelle et conservation de la diversité biologique

De nombreuses populations ont vécu pendant des siècles en parfaite harmonie avec l'écosystème des zones humides qu'elles habitaient et qu'elles exploitaient et certaines le font encore aujourd'hui: pêcheurs Wagenia du fleuve Zaïre, Imraguen du Banc d'Arguin en Mauritanie, chasseurs de coypus des Bañados en Uruguay, agriculteurs des plaines inondables du Tchad, pasteurs des Kafue Flats en Zambie.

Sans doute, ces populations ont-elles toujours eu conscience de ce que l'eau leur apportait. Pour beaucoup d'autres, en revanche, les zones humides n'étaient bonnes qu'à être enserrées entre des digues ou même, si leur fertilité permettait de les convertir en terres agricoles, à être drainées et asséchées.

Face à semblable menace, la Société nationale d'Acclimatation, devenue Société nationale pour la Protection de la Nature, créait, dès 1928, dans le sud de la France, la Réserve zoologique et botanique de Camargue, voulant avant tout préserver un échantillon important du patrimoine naturel de la France et, en même temps, en "faire un centre d'étude, un laboratoire de plein air où animaux et plantes seraient examinés vivant librement dans leur milieu" (HOFFMANN 1976).

Aux Etats-Unis, un mouvement important en faveur des zones humides se développa dans les années 30, en particulier grâce aux campagnes habilement présentées par le caricaturiste J.N. Darling qui avait l'appui du président F.D. Roosevelt.

Au Congo belge, l'actuel Zaïre, furent mis en réserve intégrale, essentiellement à des fins scientifiques, le lac Edouard (création en 1925 et extension en 1929 du Parc National Albert, actuellement Parc National des Virunga) et les vastes zones humides de la dépression du Kamolondo

(création en 1939 du Parc National de l'Upemba); il en fut de même pour les lacs de l'est du Rwanda (création en 1934 du Parc National de la Kagera, actuellement Akagera).

Tandis que les premières mesures de protection étaient principalement motivées par des considérations d'ordre esthétique ou scientifique, notamment la sauvegarde des populations d'oiseaux, l'idée s'imposa progressivement que la nature devait être considérée à la fois comme un patrimoine de valeur et une ressource à exploiter judicieusement par l'homme. Les sites semi-naturels, souvent aussi variés, sinon davantage, qu'une nature vierge, sont d'ailleurs le résultat d'une forme généralement extensive d'exploitation humaine; ils peuvent mourir autant par abandon que par destruction et leur maintien requiert fréquemment la poursuite d'exploitations traditionnelles. Au concept initial de protection de la nature s'est ainsi substitué celui de gestion de la nature, aujourd'hui complété par ceux de restauration de la nature et même de création de nature.

En faveur des zones humides, sites d'un intérêt international évident, notamment en raison de leur rôle dans les migrations aviaires, fut lancé en 1960, à l'initiative d'un éminent ornithologiste, le Dr L. Hoffmann, alors directeur du Bureau international de Recherches sur les Oiseaux d'Eau, le projet MAR (d'après les trois premières lettres de MARshes - MARécages-MARismas): il s'agissait d'un projet international de conservation et d'aménagement, bientôt relayé par divers projets de rédaction de répertoires des zones humides, à l'échelle du monde ou des continents. La Conférence du Projet MAR tenue en novembre 1962, aux Saintes-Maries-de-la-Mer, en Camargue, recommanda que fût conclue une convention internationale sur les zones humides. L'élan était donné et, en 1971, était signée dans la petite ville de Ramsar, en Iran, la Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau. A présent, quatre-vingts Etats y ont adhéré, dont bon nombre de pays en voie de développement. On peut y voir la première des conventions donnant un sens moderne et global au concept de la conservation de la Nature. L'article 2 de la Convention impose aux Etats contractants de désigner des zones humides de leur territoire choisies en raison de leur rôle international au point de vue écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique. L'article 3.1 leur impose d'élaborer et d'appliquer des plans d'aménagement favorisant la conservation de ces zones humides et, plus généralement, l'exploitation rationnelle des zones humides de leur

territoire. Dès 1987, la Conférence des Parties contractantes, en sa réunion tenue à Regina, au Canada, a donné à l'expression exploitation rationnelle un sens qui annonce les principes généraux de deux textes adoptés à la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement tenue à Rio de Janeiro en 1992, à savoir l'Agenda 21 et le Traité sur la diversité biologique. Ces principes généraux, s'appliquant à l'utilisation rationnelle de toutes les ressources naturelles, en vue d'un développement durable, peuvent se résumer comme suit:

1. L'exploitation des ressources doit pouvoir se poursuivre de façon durable, c'est-à-dire que tout en satisfaisant au mieux les besoins des générations actuelles, elle doit préserver leur capacité à répondre aux besoins et aux aspirations des générations futures;
2. L'utilisation des ressources doit respecter la diversité biologique c'est-à-dire la diversité génétique au sein des espèces, la diversité de celles-ci au sein des communautés, la diversité des communautés, des écosystèmes et des biomes.

L'application de ces principes nécessite, vu la diversité des zones humides et des problèmes qui s'y posent, une approche et des propositions de solutions très diverses (DAVIS 1993).

Dans le cadre des mesures à prendre en vue de l'exploitation rationnelle et de la conservation de la diversité biologique des zones humides, certaines règles sont, de façon générale, favorables à la plupart des usages des zones humides et devraient s'intégrer dans un aménagement durable des milieux aquatiques: maintenir ou rétablir la qualité de l'eau, utiliser des techniques aussi proches que possible des processus naturels, rechercher les techniques alternatives à l'emploi des pesticides, améliorer le choix des espèces pour augmenter la diversité biologique, faire de préférence usage d'espèces indigènes et s'imposer la plus grande prudence dans les introductions.

Vu leur diversité et la multiplicité des fonctions qu'on peut attendre des zones humides et de leurs constituants, il convient, en vue de leur gestion, de définir dans chaque cas les potentialités qu'on désire valoriser et d'établir une hiérarchie parmi elles. Sur la base de la connaissance du site et de ses caractéristiques, on définira les mesures visant à favoriser la réalisation de ces fonctions et on examinera leurs compatibilités mutuelles. Comme il est peu problable que toutes les fonctions puissent être assurées simultanément, on décidera, en fonction de la hiérarchie établie, lesquelles doivent être considérées comme prioritaires.

Ainsi, une digue a pour fonction principale la retenue de l'eau. On accordera donc une priorité à lui donner la stabilité et la hauteur suffisantes. Mais en protégeant une digue de terre contre l'érosion, par un couvert végétal bien enraciné, on lui donne aussi une fonction écologique: sa nature d'écotone, c'est-à-dire de zone limite entre deux domaines, favorise la diversité végétale, et le couvert ainsi créé offre un habitat pour une multitude d'animaux, y compris des oiseaux d'eau. Si, comme il est fréquent en Europe, on veut également donner à une digue de terre une fonction récréative, on devra cependant limiter cette dernière à la promenade à pied ou à bicyclette sur son sommet, éventuellement renforcé, ou à l'arrière de celui-ci (CLAUS & JANSSENS 1994, p. IV.6). Une valorisation intéressante de l'assiette des digues peut, en outre, consister – nous le verrons plus loin – à y faire des plantations dont les sous-produits contribuent à la production biologique des eaux.

Les plantes aquatiques (macrophytes) contribuent à l'oxygénation de l'eau et à l'achèvement de l'auto-épuration des rivières polluées. Elles nourrissent invertébrés et poissons et, en outre, portent des algues et d'autres micro-organismes épiphytes ("Aufwuchs") également broutés par des invertébrés. Les macrophytes constituent un élément généralement favorable, tant à la qualité de l'eau qu'à sa production et sa diversité biologiques. Toutefois, selon l'usage qu'on attend des rivières, la biomasse des macrophytes ne devrait pas dépasser certaines limites. Ainsi, dans les rivières de plaine d'Europe, où poussent des renoncules aquatiques, une biomasse de 100-1000 g (matière sèche) par m^2 représente habituellement le maximum acceptable au cas où la rivière est le site d'une pêche sportive importante, mais seulement de 100-200 g au cas où il y a des risques d'inondation. Dans des fossés de drainage ou d'irrigation en pente faible, où l'écoulement est la fonction prioritaire, la biomasse acceptable est encore plus faible. Nous avons vu les nuisances que peuvent représenter certains macrophytes, telle la jacinthe d'eau, introduits en dehors de leur aire d'origine comme plantes ornementales.

Il peut donc s'imposer de lutter contre la prolifération des macrophytes; dans ce genre d'opération, à l'emploi d'herbicides le plus souvent peu sélectifs et toxiques, on préférera lorsque c'est possible la lutte biologique; la simple plantation d'arbres d'ombrage le long des berges a, dans certains cas, donné d'excellents résultats, tout en créant de nouveaux habitats pour la faune.

Dans les systèmes où s'exerce la fonction de production, la maximisation du rendement est généralement recherchée. Si elle ne

s'impose pas nécessairement dans les pays où, par ailleurs, la production agricole excédentaire contribue à l'accumulation de surplus, en revanche, dans les régions tropicales dont beaucoup connaissent une forte croissance démographique et de graves déficits alimentaires, l'intensification est inéluctable et permet parfois une économie de surface sans laquelle plus rien ne pourrait être laissé à l'état naturel. Dans les pays en développement où, généralement, la population est rurale à plus de 70% et vit sur des exploitations de superficie réduite, avec un faible accès aux intrants, le passage vers l'intensification devra s'opérer par l'intégration plus ou moins poussée des différents sous-systèmes présents (BRANCKAERT 1994).

En pisciculture tropicale, pour l'accroissement des rendements, les déchets organiques, domestiques ou d'élevage, sont à la fois aliments et fertilisants. La décomposition microbienne d'excreta de canards, d' oies, de poulets, de porcs, mais aussi de chèvres et de buffles, enrichit l'eau en nutriments, ensuite valorisés par la production de phytoplancton, de zooplancton et finalement de poissons. L'accroissement de production piscicole que ces déchets assurent est très appréciable dans des pays où l'économie rurale est trop peu monétarisée pour que le pisciculteur puisse s'engager avec profit dans une technique de nourrissage à partir d'aliments achetés. A noter cependant que certaines populations répugnent à consommer des poisssons qu'elles considèrent, à tort ou à raison, comme coprophages. D'autre part, l'accumulation de déchets peut donner lieu à la formation de conditions anoxiques défavorables à la production elle-même; l'utilisation, après vidange, de l'étang en assec à des fins de culture permettrait de les pallier et de dégager des ressources fourragères.

Une pratique intéressante est celle des "acadjas" du Bénin, qui donne des rendements élevés: de 4 à 20 tonnes de poisson/ha/an. Mais elle nécessite d'abondants dépôts de branchages et ne s'inscrit donc dans une politique de développement durable que si elle est accompagnée de plantations suffisantes pour l'approvisionnement des branchages; la création de bambousaies à cette fin pourrait y contribuer (HEM *et al.* 1995).

La production multiple la plus classique est sans doute l'association poisson-riz. On peut associer, au sein d'une vallée, étangs de pisciculture situés sur les versants et rizières de bas-fonds qui en reçoivent, pour leur irrigation, une eau enrichie en azote. Une économie d'espace consiste à élever le poisson dans les rizières, technique requérant, il est vrai, certaines conditions contraignantes (LAZARD 1992). On observe des

augmentations de rendement du riz cultivé en présence de poissons; ceux-ci auraient plusieurs actions favorables: l'apport de nutriments (excreta), mais aussi l'ameublissement du sol, favorisant l'absorption des nutriments par les racines du riz, et la lutte biologique vis-à-vis des mauvaises herbes, insectes et escargots nuisibles au riz (CAGAUAN 1995).

Une autre forme d'exploitation agro-piscicole convenant à l'aménagement de marais tropicaux, tout en évitant leur assèchement est l'hortillonnage, système comportant de petits étangs ou pièces d'eau, creusés dans le sol et empoissonnés en cichlides, alternant avec des billons ou planches de culture, plus hauts d'environ 50 cm, grâce à la terre prélevée dans les étangs, et portant des cultures vivrières (maïs, soja, légumes). Les poissons reçoivent des déchets agricoles, notamment des feuilles, tandis que la vase organique des étangs riche en azote est utilisée comme fertilisant pour les billons (MICHA 1987, DUPRIEZ & DE LEENER 1990).

Des aménagements agro-piscicoles comparables existent sur une large échelle en Extrême-Orient. Les levées de terre y portent même des arbres. Une valorisation particulièrement intéressante de l'assiette des digues a ainsi été mise au point en Chine du Sud, principalement dans le delta de la Rivière des Perles: il s'agit de la plantation de mûriers dont les feuilles alimentent les vers à soie, les excréments de ceux-ci servant à nourrir les poissons. Un hectare de mûriers assure ainsi une production supplémentaire annuelle d'environ 1500 à 2000 kg de poissons. Un tel complexe digue à mûriers - étangs à poissons pourrait probablement être diffusé dans tous les deltas et régions inondables tropicaux ou subtropicaux (ZHONG GONGFU 1987).

Qu'elle y soit ou non reconnue comme prioritaire, la fonction d'habitat d'une flore et d'une faune représentant un patrimoine de nature, toujours intéressant et parfois exceptionnel, devrait toujours être prise en considération dans l'utilisation des zones humides.

De nombreuses techniques permettent de développer les éléments naturels dans l'environnement et d'en accroître la diversité biologique. Des zones humides peuvent être créées par le creusement d'étangs et l'aménagement de leurs berges. Initialement occupé par une association pionnière, un tel écosystème évolue par l'apparition de groupements végétaux et animaux successifs, généralement de complexité et de diversité croissantes. On peut donc laisser cette évolution se dérouler spontanément, on peut aussi l'accélérer, la freiner ou l'orienter par des pratiques d'aménagement (régulation du niveau de l'eau, faucardage,

plantation d'hélophytes, ensemencement ou fauchage des berges, empoissonnement, pâturage, etc.).

Dans certains cas, la gestion d'une zone humide ne consiste qu'en des pratiques exercées à l'intérieur de ses limites, telles que le curage d'un étang, le faucardage de ses roselières, le pâturage du bétail. On parle alors de gestion interne de la zone humide.

Mais les zones humides ne sont pas des systèmes fermés. Le plus souvent, pour orienter l'évolution d'une zone humide dans un sens souhaité, il s'impose d'agir en dehors de ses limites, par exemple en réglant le débit de l'eau qui l'alimente, en épurant celle-ci, en limitant l'emploi d'engrais ou de pesticides dans son bassin versant, en y luttant contre l'érosion. On parle alors de gestion externe de la zone humide.

La grande valeur écologique et les menaces d'altération de certaines zones humides justifient qu'elles soient érigées en réserves naturelles. On évitera de créer celles-ci sur la base des seules interventions locales, souvent bien intentionnées, mais fondées sur une vue partielle du patrimoine à sauvegarder. Les territoires à protéger doivent être choisis sur la base d'un inventaire suivi d'une cotation aussi objective que possible. Divers critères seront pris en considération: valeur géographique, historico-culturelle et esthétique des paysages, diversité des écosystèmes, en particulier le long de gradients écologiques, richesse de la flore et de la faune, présence d'espèces à aire géographique restreinte (endémiques).

L'étendue de la réserve est un critère important de son efficacité. L'idée paraît intuitive que la valeur d'une réserve naturelle diminue drastiquement et peut devenir négligeable en dessous d'une aire minimum. En fait, celle-ci est difficile à définir scientifiquement et la meilleure définition qu'on puisse en donner est sans doute l'aire minimum nécessaire à la survie des espèces de la réserve, ou plus précisément celle qui est nécessaire à la survie des espèces les plus exigeantes, généralement des prédateurs au sommet des chaînes alimentaires. Ce raisonnement ne tient cependant pas compte des possibilités de dispersion; or les populations d'une espèce peuvent échanger des gènes avec celles d'autres sites d'étendue limitée, si ceux-ci sont suffisamment proches (maillage écologique). Ce rôle des déplacements est capital pour les espèces mobiles, tels les oiseaux d'eau qui peuvent se nourrir sur plusieurs petites réserves. Les voies d'eau constituant des corridors sont, par les possibilités de déplacement qu'elles offrent, très importantes pour la survie des espèces. Il importe

donc d'en conserver le caractère naturel.

Il n'est pas douteux que la pression sur les ressources de la planète et, en particulier, sur les zones humides ne pourra se relâcher que dans le cadre de politiques globales à long terme favorables au respect de la qualité de l'environnement et au développement durable: maîtrise de la démographie et des niveaux de consommation, mais aussi lutte contre l'extrême pauvreté qui ne permet aux individus aucun respect des éléments naturels.

Dans l'immédiat cependant, il s'impose de mettre en oeuvre le maximum de mesures visant à l'utilisation rationnelle des zones humides. L'insistance des naturalistes d'abord, la prise de conscience environnementale ensuite, ont conduit à une appréciation générale plus favorable du patrimoine naturel. L'éducation à l'environnement prend une place croissante dans les programmes d'enseignement; elle comporte fréquemment des visites de zones humides. Un peu partout aussi, les hommes politiques eux-mêmes, toujours à la recherche de voix, sont désormais plus attentifs à celle des défenseurs de l'environnement. Le moment est venu de comprendre que les seules décisions admissibles en matière d'affectation et d'exploitation de zones comportant des éléments naturels, sont celles qui garantissent la pérennité de leurs potentialités: ce qui est écologiquement irrationel est, à terme, économiquement irrationnel.

L'utilisation des zones humides peut certes soulever des conflits d'intérêt. Un exemple: à Korhogo, en Côte d'Ivoire, les riziculteurs de la plaine du Solomougou ont brisé le canal d'alimentation des étangs piscicoles du Groupement à Vocation coopérative de Nambékaha afin de garantir prioritairement l'irrigation de leurs rizières (LAZARD *et al.* 1991).

Pour être acceptable et efficace, la gestion des zones humides, comme d'ailleurs celle de toutes les ressources naturelles, devrait reposer sur les principes de participation et de solidarité.

Il convient que, dans chaque région, les usagers des zones humides puissent participer au maximum à la prise des décisions, compte tenu des coutumes locales relatives à la maîtrise et à la tenure des terres et des eaux. Les limitations apportées aux droits fonciers ou aux revenus des exploitants en vue d'une utilisation durable dans le respect de la diversité biologique, doivent faire l'objet d'une juste compensation et d'une participation aux bénéfices éventuels résultant de la nouvelle affectation (par exemple ceux provenant du tourisme). Un exemple intéressant a été, en France, l'élaboration du plan de développement des marais de Charente-Maritime, reconnus zone nationale d'intérêt écologique,

faunistique et floristique; de ce plan, fruit d'une réflexion associant tous les partenaires, élus, administratifs, socio-professionnels et associatifs, est issu un protocole de gestion s'appuyant sur les données scientifiques disponibles; les agriculteurs auront la possibilité de passer des conventions de gestion par lesquelles ils s'engagent à exploiter de manière respectueuse de l'environnement en échange de primes à l'hectare (BOUCHE & MARION, *s.d.* , p. 22).

Les zones humides étant un héritage commun de tous les êtres humains d'aujourd'hui et de demain, leur utilisation judicieuse doit se faire au profit de tous, sans hypothéquer la possibilité pour les générations futures d'y trouver la satisfaction de leurs propres besoins. Ce principe de solidarité implique qu'à l'échelle internationale, autant que nationale, les manques à gagner, demandés à certains pour le respect de l'environnement et du patrimoine commun à tous, soient compensés par les plus favorisés. Les pays industrialisés, les pays riches, doivent comprendre ce devoir et l'assumer.

A ce prix, mais à ce prix seulement, les zones humides de notre planète et, en particulier, celles des régions tropicales pourront connaître une exploitation durable dans le respect de l'environnement et de la diversité biologique.

RÉFÉRENCES

AWB/IWRB 1992. Action Programme for the Conservation of Wetlands in South and West Asia. AWB, Kuala Lumpur; IWRB, Slimbridge, VII + 32 pp.

BAILEY, R.G. 1987. The Sudd. — *In:* BURGIS, M. & SYMOENS, J.J. (Eds.). African wetlands and shallow water bodies. Directory/Zones humides et lacs peu profonds d'Afrique. Répertoire. Institut français de Recherche scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), Paris. Coll. "Travaux et Documents" n° 211, pp. 279-290.

BOUCHE, S. & MARION, L. *s.d.* Les zones humides. Une eau pure source de vie (Editorial de LALONDE, B., Préface de LEFEUVRE, J.-C.). — Ministère de l'Environnement, Neuilly-sur-Seine; Fonds mondial pour la Nature-France, Versailles. 26 pp.

BRANCKAERT, R.D. 1994. Les systèmes intégrés: Solution durable pour le développement de l'élevage dans les pays en développement. — *In:* WOLF, J.N. (réd.), Séminaire régional "Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique sub-saharienne" (Cotonou, 7-11 février 1994). Fondation internationale pour la Science, Stockholm, pp. 273-287.

CAGAUAN, A.G. 1994. Aperçu de l' impact potentiel de la pisciculture sur la lutte antiparasitaire et la gestion des substances nutritives dans les rizières. — *In:* SYMOENS, J.-J. & MICHA, J.-C. (éds), Séminaire "L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical" (Bruxelles, 16-19 mai 1994). Centre technique de Coopération agricole et rurale; Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, Bruxelles. Ce volume, pp. 217-262.

CLAUS, R. & JANSSENS, L. 1994. Vademecum natuurtechniek. Inrichting en beheer van waterlopen. — Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Brussel.

CLOUDSLEY-THOMSON, J.L. 1992. Okavango - the "jewel that hangs by a thread". — *Environmental Conservation*, **19** (N°4): 355-357.

COWARDIN, L.M., CARTER, V., GOLET, F.C. & LAROE, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. — United States, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. v + 103 pp.

DAVIS, T.J. (ed.) 1993. Towards the wise use of wetlands. — Wise Use Project, Ramsar Convention Bureau, Gland, 180 pp.

DAVIS, T.J. (ed.) 1994. The Ramsar Convention Manual: A guide to the Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat. — Ramsar Convention Bureau, Gland, 207 pp.

DEJOUX, C. 1988. La pollution des eaux continentales africaines. Expérience acquise — Situation actuelle et perspectives. (Préface de SYMOENS, J.-J.). — Institut français de Recherche scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM). Paris. Coll. "Travaux et Documents", n°213, 513 pp.

DUGAN, P. (Ed.) 1993. Wetlands in danger. — Mitchell Beazley. London. 192 pp.

DUPRIEZ, H. & DE LEENER, P. 1990. Les chemins de l'eau. Ruissellement, irrigation, drainage (manuel tropical). — Terre et Vie, Nivelles, etc., IX + 380 pp.

GOPAL, B. 1986. Water hyacinth: Biology, ecology and management. — Elsevier Science Publ., Amsterdam, 484 pp.

GREBOVAL, D. & FRYD, M. 1993. Inland fisheries of Eastern/Central/Southern Africa: Basic fisheries statistics. — UNDP/FAO Regional Project for Inland Fisheries Planning (IFIP) RAF/87/099 - TD/52/93. 98 pp.

HECKY, R.E. 1993a. Historical evidence of eutrophication in Lake Victoria. Abstract. — *In:* People, fisheries, biodiversity and the future of Lake Victoria. New England Aquarium, pp. 30-31.

HECKY, R.E. 1993b. The eutrophication of Lake Victoria. — *Verh. intern. Verein. theor. u. angew. Limnol.*, **25** (part 1): 39-48.

HEM, S., AVIT, J.B.L.F. & CISSÉ, A. 1995, Acadja comme système d'amélioration de productivité aquatique. — *In:* SYMOENS, J.-J. & MICHA, J.-C. (éds). Séminaire "L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical (Bruxelles, 16-19 mai 1994). Centre technique de Coopération agricole et rurale; Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, Bruxelles. Ce volume, pp. 457-469.

HOFFMANN, L. 1976. La recherche scientifique en Camargue. — *Courrier du Parc naturel régional de Camargue* (Arles), n°9: 3-4.

LAZARD, J. 1992. La pisciculture en Afrique. — Fiches techniques d'élevage tropical. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris; CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort. Fiche n°5, 12 pp.

LAZARD, J., LECOMTE, Y., STOMAL, B. & WEIGEL, J.-Y. 1991. Pisciculture en Afrique subsaharienne. Situations et projets dans des pays francophones. Propositions d'action. — Ministère de la Coopération et du Développement, Paris. 155 pp.

LIGTVOET, W. & WITTE, F. 1991. Perturbation through predator introduction: effects on the food web and fish yields in Lake Victoria (East Africa). — *In:* RAVERA, O. Terrestrial and aquatic ecosystems. Perturbation and recovery. Ellis Horwood, New York, London, etc., pp. 263-268.

LOWE-MCCONNELL, R.H. 1994. The changing ecosystem of Lake Victoria, East Africa.— *Freshwater Forum*, **4** (2): 76-89.

MATTHEWS, G.V.T. 1993. The Ramsar Convention on Wetlands: Its history and development. — Ramsar Convention Bureau, Gland, v + 120 pp.

MICHA, J.-C. 1987. L'aménagement des marais tropicaux en écosystème agro-piscicole. — *Bull. Séanc. Acad. r. Sci. Outre-Mer*, nouv. sér., **31** (1985-3): 371-389.

MITCHEV, T., IVANOV, B., YANKOV, P., PROFIROV, L., MATVEÉVA, E. & ILIEV, V. 1993. Plan national d'actions prioritaires de conservation des zones humides les plus importantes de Bulgarie. — Ministère de l'Environnement, Sofia, 55 pp.

MOSER, M. & VAN VESSEM, J. (eds.) 1993. Wetland and waterfowl conservation in South and West Asia (International Symposium, Karachi, 14-20 December 1991). — IWRB, Spec. Publ. N°. 25. IWRB, Gloucester; AWB, Kuala Lumpur.

MUGIDDE, R. 1993. The increase in phytoplankton primary productivity and biomass in Lake Victoria (Uganda). — *Verh. intern. Verein. theor. u. angew. Limnol.*, **25** (part 2): 846-849.

OCHUMBA, P.B.O. 1990. Massive fish kills within the Nyanza Gulf of Lake Victoria. — *Hydrobiologia,* **208**: 93-99.

PEARCE, F. & CRIVELLI, A.J. 1994. Characteristics of Mediterranean wetlands. — A MedWet Publ., Tour du Valat, 90 pp.

PIETERSE, A.H. & MURPHY, K.J. (eds.) 1990. Aquatic weeds. The ecology and management of nuisance aquatic vegetation. — Oxford Univ. Press, Oxford, New York, Toronto, etc., XVII + 593 pp.

Ramsar Convention Bureau 1994. Contracting Parties to the Ramsar Convention (30.06.94). Information taken from the Ramsar Database 30/06/94, Gland, 1 p.

SCHMIDT, U.W. & VINCKE, M.M.H. 1981. The technical, economic, financial and social feasibility of smal-scale rule fish culture development in Rwanda. — Aquaculture Development and Coordination Progr., Fisheries Department, FAO, Rome, 117 pp. + appendix.

TURNER, R.K. 1992. Policy failures in managing wetlands. — *In:* Market and government failures in environmental management. Wetlands and forests. OECD, Paris, pp. 9-43.

UNESCO, 1994. Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat. Ramsar, 2.2.1971, as amended by the Protocol of 3.12.1982 and the Amendments of 25.5.1987. — UNESCO, Office of International Standards and Legal Affairs, 3 pp.

VALLENTYNE, J.R. 1974. The algal bowl. Lakes and Man. — Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Ottawa. Miscell. Publ. **22,** 185 pp.

VAN LEEUW, J. 1987. Et si le Niger disparaissait dans son cours moyen ? — *Bull. Séanc. Acad. r. Sci. Outre-Mer,* nouv. sér., **31** (1985-3): 399-408.

VOLLENWEIDER, R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. — OECD, Paris.

VUYLSTEKE, R. 1994. Le code des eaux usées (vers. franç. DE SANDT, J.). — *La Chine libre* (Taïpei), **11** (5): 25.

WITTE, F., GOLDSCHMIDT, T., GOUDSWAARD, P.C., LIGTVOET, W., VAN OIJEN, M.J.P. & WANINK, J.H. 1992. Species extinction and concomitant ecological changes in Lake Victoria. — *Netherl. J. Zool.*, 42: 214-232.

YUAN TZU-YU 1994. Le prix des erreurs d'antan (vers. franç. DE SANDT, J.). — *La Chine libre* (Taïpei), **11** (5): 16-24.

ZHONG GONGFU 1987. Un complexe géographique de base: digues à mûriers et étangs à poissons en Chine du Sud. — *L'Espace géographique* (Paris), n° 2: 95-100.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 115 - 126 (1995)

Original : Français

LES SYSTÈMES INTÉGRÉS, SOLUTION DURABLE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉLEVAGE DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

PAR

R. BRANCKAERT*

RÉSUMÉ. — Le développement durable - selon la définition acceptée par la F.A.O. (Rome, septembre 1990) - consiste dans la gestion et la conservation des ressources naturelles de base et l'orientation des changements technologiques et institutionnels de manière à assurer l'obtention et la satisfaction continues des besoins de l'homme pour les générations présentes et futures. Un tel développement durable conservera les ressources foncières, aquatiques, génétiques tant végétales qu'animales, ne dégradera pas l'environnement, sera économiquement viable et socialement acceptable. Dans la plupart des systèmes de production agricole identifiés dans les pays en développement l'animal représente une composante incontournable. Il peut intervenir comme facteur de production, comme moyen de capitalisation rapidement mobilisable ou non, comme gage d'assurance, comme objet de transaction ou facteur de prestige dans les rapports sociaux. L'élevage de petites espèces revêt une importance socio-économique particulière car il est souvent la propriété des couches sociales les plus vulnérables: femmes, enfants, éventuellement personnes handicapées. Hormis le cas où l'animal est utilisé directement dans le but d'accroître l'efficience du système de production (culture attelée, fumier), il n'est le plus souvent qu'associé indirectement à celui-ci. Or la pression démographique rend de plus en plus impérieuse la nécessité d'intensifier le système de production agricole par le biais de technologies adaptées qui, pour être acceptables, ne doivent pas nécessiter l'utilisation d'intrants onéreux et doivent sauvegarder le faible

* Spécialiste en production animale; Division de la Production et de la Santé animales, F.A.O., Viale delle Terme di Caracalla, I - 00100 Roma (Italia).

patrimoine foncier exploité par la grande majorité des petits fermiers. Les techniques d'intégration étroite et efficace entre la composante animale et les autres composantes du système: cultures, foresterie, pisciculture, peuvent représenter la solution la plus appropriée. Elles permettent d'accroître significativement la productivité tout en ménageant l'ensemble des ressources. Quelquefois pratiquées depuis bien longtemps, elles sont tombées en désuétude ou bien n'ont pas fait l'objet de transfert de technologie entre régions qui, bien qu'écologiquement semblables, sont séparées par des distances considérables.

Introduction

Selon la définition acceptée par la FAO (Rome, septembre et décembre 1990), le développement durable consiste dans la gestion et la conservation des ressources naturelles de base et l'orientation des changements technologiques et institutionnels de manière à assurer l'obtention et la satisfaction continue des besoins de l'homme pour les générations présentes et futures.

Un tel développement durable devra préserver les ressources foncières, aquatiques, génétiques aussi bien végétales qu'animales, ne dégradera pas l'environnement, sera économiquement viable et socialement acceptable.

Cette définition, relativement longue, recouvre un certain nombre de concepts dont la prise en compte apparaîtra constamment en filigrane de la description des systèmes de production présentés ici comme des modèles possibles de développement durable en matière de production animale.

Elle sous-entend ainsi des implications sur les plans :

1) économiques: compétitivité des produits requérant une maximisation des avantages comparatifs des ressources naturelles disponibles.
2) écologiques: le système de production doit parvenir à réduire les émissions de CO_2 et de méthane (gaz à effet de serre) ainsi que la contamination du sol et des eaux, à contrôler l'érosion, à produire *in situ* de l'énergie à partir de ressources renouvelables.
3) éthologiques: le bien-être des animaux et l'acceptabilité des produits par le consommateur, ainsi que leur sécurité pour la santé doivent être pris en compte.
4) sociologiques: par l'augmentation des opportunités d'emploi, particulièrement pour les femmes, et la diminution de la dépendance des intrants extérieurs par l'encouragement à l'auto-suffisance à partir des ressources renouvelables produites au sein du système (PRESTON 1990).

L'objectif essentiel de l'élevage est la production de protéines appelées "nobles", renfermant un certain nombre d'amino-acides essentiels, nécessaires à une croissance optimale des tissus corporels et donc à leur fonctionnement harmonieux nécessaire à une activité physiologique normale.

Ces protéines "nobles" se rencontrent essentiellement en proportions variables dans le lait, l'oeuf et la viande.

Les fibres animales représentent également un produit hautement apprécié.

Toutefois, dans la plupart des pays en voie de développement, l'élevage remplit bien d'autres fonctions (JAHNKE 1984): fonction de production (culture attelée, traction animale, fumier), moyen d'épargne et de capitalisation, gage d'assurance, facteur de relations sociales.

Dans les systèmes de production agricole, la composante élevage revêt une importance variable en fonction de l'éco-système, du contexte socio-économique et des habitudes alimentaires. Largement prédominante dans les systèmes purement pastoraux où elle assure l'essentiel de la couverture des besoins alimentaires, cette composante décline au fur et à mesure que la part des cultures vivrières (céréales et tubercules) s'accroît, tandis que son objectif se déplace de la subsistance vers les autres fonctions énumérées ci-dessus (systèmes agro-pastoraux).

L'élevage des petites espèces (petits ruminants, porcs, et plus encore, volailles) revêt une importance socio-économique particulière, car il est souvent la propriété des couches sociales les plus vulnérables: femmes, enfants qui en assurent les soins courants. Ce sont le plus souvent ces espèces qui représentent le capital aisément mobilisable, dans lequel il est puisé pour faire face aux besoins urgents.

L'expansion démographique accélérée de ces dernières décennies, particulièrement spectaculaire en Afrique, a accru la pression sur les terres, amenuisant les surfaces de parcours traditionnels régulièrement surpâturés.

Le passage à l'intensification s'avère ainsi inéluctable en vue d'accroître une productivité permettant d'assurer la couverture simplement minimale des besoins nutritionnels.

Toutefois, le passage vers l'intensification ne pourra pas recourir aux mêmes expédients que ceux utilisés dans l'agriculture des pays occidentaux, à savoir l'utilisation d'intrants coûteux sur de larges superficies cultivables remembrées, suite à un exode rural favorisé par l'industrialisation.

Dans les pays en développement, où, généralement la population est rurale à plus de 70%, et vit sur des exploitations de superficie réduite, avec un faible accès aux intrants, le passage vers l'intensification devra s'opérer par le biais de l'intégration plus ou moins poussée - suivant les conditions écoclimatiques - des différents sous-systèmes présents.

Dans le cas qui nous occupe, si nous prenons le sous-système élevage comme référence, nous pouvons rencontrer les associations suivantes:

- Élevage - cultures vivrières
  - cultures industrielles ou de rente
  - arboriculture
  - foresterie - agroforesterie
    - sylvopastoralisme
  - pisciculture/ aquaculture

sans que cette liste soit limitative. On pourrait également y inclure les associations élevage - élevage, regroupant diverses espèces animales susceptibles de mieux exploiter les diverses ressources alimentaires, en fonction de leurs particularités morphophysiologiques.

À vrai dire, de tels systèmes intégrés sont - ou ont été - pratiqués quelquefois depuis fort longtemps. Tombés en désuétude dans la plupart des pays industrialisés occidentaux, ils se sont, par contre, maintenus et développés dans d'autres régions du globe (Europe orientale, Asie), sans, toutefois, bénéficier suffisamment de l'attention désirable pour assurer leur transfert entre régions écoclimatiques similaires.

Matériels, Méthodes, Résultats

Conditions requises

Pour que de tels systèmes intégrés puissent être considérés comme durables, deux conditions doivent être réunies:

1. Une réaction de complémentarité permanente (feed-back) entre les divers sous-systèmes; de telle sorte que les produits de l'un puissent servir d'intrants à (aux) l'autre(s). À cet égard, on différenciera les systèmes intégrés de la simple association entre deux ou plusieurs sous-systèmes, dans laquelle une telle interrelation mutuelle n'existe pas.
   Exemple: Le surplus de production de cultures, obtenu par l'utilisation de la culture attelée, entraînera un accroissement de résidus de récolte et de sous-produits utilisables pour l'alimentation animale.

2. Une augmentation significative de la productivité totale par unité de surface et donc du revenu du paysan.

AVANTAGES

Selon DEVENDRA (1993), les principaux avantages de tels systèmes sont au nombre de huit:

1. diversification dans l'utilisation des ressources;
2. diminution des risques;
3. utilisation plus complète du facteur travail afin d'assurer une productivité élevée, une augmentation du revenu, un meilleur accès aux biens et services;
4. intégration des différentes composantes qui, à travers leurs interactions et rôles complémentaires, concourt à une haute efficience de l'utilisation des ressources;
5. une utilisation plus efficace de l'énergie biologique et chimique au sein du système, et une dépendance moindre des sources d'énergie externes;
6. durabilité des écosystèmes peu dépendants des intrants extérieurs, peu polluants, cohérents avec la protection de l'environnement, générateurs d'emploi;
7. augmentation de la rentabilité;
8. stabilisation des exploitations agricoles, et donc diminution de l'exode rural.

TYPES

Si, au sein du système de production agricole, nous prenons la composante élevage comme point de référence, le système idéal serait celui qui intègrerait toutes les composantes (PRESTON & MURGEITIO 1990). Ce système ne peut cependant se concevoir que dans des conditions écoclimatologiques spécifiques (régions tropicales humides).

Dans les différentes associations envisagées, le facteur caractéristique est représenté par la principale ressource alimentaire mise à la disposition des animaux.

1. Association agriculture - élevage ("Mixed farming")

Pratiquée depuis des temps immémoriaux dans diverses régions du globe, elle associe étroitement une culture à l'élevage.

Traditionnellement, cette association se pratique avec une culture vivrière; l'exemple le plus répandu est représenté par le couple rizi-culture - buffle.

Dans ce système, la culture profite largement du travail et de la fumure animales; l'animal étant nourri essentiellement des résidus de récolte (paille) et des sous-produits du riz (son, farines basses). On remarquera que ce n'est pas seulement le buffle qui utilise ces ressources alimentaires, car, dans de nombreux pays asiatiques, les canards (oeufs, viande) et/ou les porcs sont également étroitement associés.

En intégrant azolla et pisciculture, ce système devient hautement performant.

Sur les hauts plateaux éthiopiens, ce type d'association est fort ancien et lié aux cultures céréalières traditionnelles (teff, orge). Ailleurs, en Afrique tropicale, ce type d'association s'est généralement propagé avec le développement de la culture du coton. La seule ressource alimentaire disponible, dans ce cas, est représentée par la graine de coton. Encore faut-il que cette dernière soit réservée à l'alimentation animale. Ceci est loin d'être généralisé car cette graine oléagineuse peut être commercialisée à des fins plus rentables. Il semble toutefois que la culture attelée tende progressivement à se propager pour les vivriers. Certaines technologies, tel le traitement des fourrages grossiers à l'urée, permettent de valoriser utilement les résidus de récolte pour l'alimentation animale.

L'introduction de l'agroforesterie (culture en couloir) devrait également permettre de dégager un complément de ressources alimentaires tout en maintenant la fertilité des sols.

2. Association foresterie - élevage.

Trois possibilités : association au reboisement ou sylvopastoralisme, association aux cultures arboricoles, utilisation de l'agroforesterie.

Dans les deux premiers, toutes les espèces animales peuvent être théoriquement utilisées mais le plus souvent, prévalence est donnée aux petits ruminants. Les objectifs de telles associations sont (BRANCKAERT & MBAYAHAGA 1993) :

- Utiliser l'importante masse végétale dans les superficies boisées et, ainsi, mieux gérer cette biomasse renouvelable qui risque de favoriser les incendies de forêts.
- Diminuer les frais d'entretien des boisements. En effet, la végétation

adventice doit être régulièrement rabattue pour éviter les risques de feu et favoriser la croissance des arbres implantés. De plus, le pâturage sous boisement facilite le libre accès aux parcelles. Bien entendu, le contrôle des adventices suppose un équilibre judicieux avec la dent de l'animal, car le surpâturage favorise au contraire la repousse des adventices les plus envahissantes et les moins appétables.

- Apporter une plus-value au reboisement en kg d'animal sur pied ou en carcasse.
- Faire bénéficier la culture arboricole d'un apport supplémentaire de fumier abandonné par les animaux au pâturage. Les cultures avoisinantes peuvent également profiter du fumier produit la nuit en bergerie (0,5 tonne par unité zootechnique petit ruminant et par an). La valeur de la fumure dépendant de la richesse des apports alimentaires, une supplémentation azotée et minérale sera, à cet effet, particulièrement bénéfique, sous réserve qu'elle soit procurée à un coût économique.
- Intégrer la population rurale au reboisement/arboriculture, car la présence permanente d'éleveurs dans le sous-bois garantit une surveillance continue, et donc une protection accrue .

Le sylvopastoralisme fut largement utilisé par le passé dans les zones méditerranéennes et permettait de mieux contrôler les feux de forêts.

Actuellement, il se répand dans les grandes plantations de palmiers à huile, de cocotiers et d'hévéas en Asie du Sud-Est (SIVARAJ, AGAMUTHU & MUKHERJIE 1993).

Quelques essais ont été entrepris dans les régions tropicales humides africaines. Dans ce cas, l'existence de la trypanosomiase réduit fortement l'éventail des espèces et races susceptibles d'être utilisées.

Chaque type de boisement ou de culture arboricole présentant un certain nombre de caractéristiques propres, il convient d'en tenir compte lorsqu'on veut y introduire une composante élevage : type d'exploitation, âge, écartement des arbres et arbustes, type de sol, composition floristique et bromatologique du taillis, etc.

L'agroforesterie représente une méthode élégante - sous condition d'utiliser les espèces arbustives appropriées - capable d'intervenir pour la préservation et la fertilisation du sol, tout en procurant du bois de feu et représenter un complément fourrager particulièrement apprécié dans la petite exploitation rurale. Suivant l'objectif recherché de nombreuses méthodes efficientes ont été mises au point : culture en couloir (alley -

farming), implantation en courbes de niveau, système fourrager à trois strates (three-strata forage system). Dans ce dernier système, graminées naturelles, pailles de céréales, feuilles d'arbustes et d'arbres se succèdent tout au long de l'année pour pourvoir aux besoins alimentaires des ruminants. Les légumineuses arbustives les plus communément utilisées sont le *Leucaena leucocephala* et le *Gliricidia sepium.* Toutefois, de nombreuses autres espèces peuvent également être utilisées en fonction des conditions écoclimatologiques.

3. Intégration élevage- pisci/aquaculture.

Dans ce type de système, l'étang fonctionne comme les sols dans le système culture- élevage. Il transforme par activité microbiologique, les nutriments inertes des déjections fécales en aliments riches en protéines et hautement digestibles pour le poisson. Ces aliments sont essentiellement représentés par le phytoplancton mais peu d'espèces de poissons sont capables de filtrer efficacement ce dernier. L'utilisation de zooplancton est plus facile mais le passage par cette étape trophique supplémentaire s'accompagne de pertes énergétiques importantes.

En fait, pour que le système soit véritablement efficient, l'utilisation de certaines espèces de poissons, utilisées de préférence en association, capable d'utiliser phytoplancton, zooplancton et macrophytes est recommandée.

Ces systèmes sont décrits en Chine depuis la dynastie des Ming (14e -17e siècle), et ont été diffusés en Asie du Sud-Est, en relation étroite avec les migrations chinoises.

Toutefois, l'opinion fausse mais généralisée que les poissons sont directement consommateurs de déjections animales rend quelquefois difficile la consommation de ces produits pour des raisons socio-culturelles. De plus, il ne s'agit pas d'un système véritablement intégré, puisqu'il ne fonctionne que dans le sens animal (canards, poulets, porcs, mais aussi chèvre et même buffle et lapin) —> poisson, sans qu'il y ait de retour de la composante poisson vers la composante animale.

Pour aboutir à une intégration véritable, le passage par une autre composante est nécessaire, telle que l'utilisation, après vidange, de l' assiette de l'étang à des fins de culture ce qui permet de dégager des ressources fourragères complémentaires pour les animaux.

Une autre amélioration intéressante, permettant d'atteindre le même objectif est la culture des plantes aquatiques hautement nutritives en

surface d'une partie de l'étang ou sur un étang voisin. L'azolla, petite fougère aquatique vivant en symbiose avec une bactérie fixatrice d'azote, représente une des meilleures ressources à cet effet, mais la jacinthe d'eau ou la lentille d'eau sont d'autres alternatives intéressantes.

Enfin, l'utilisation des berges par l'agroforesterie *(Sesbania sesban)* permet de dégager également un complément fourrager intéressant.

Dans ce système, l'espèce animale la plus communément utilisée est le canard qui peut tirer parti d'autres ressources alimentaires présentes dans l'étang, telles escargots et larves d'insectes (moustiques) et contribuer ainsi à la lutte biologique contre certains vecteurs de maladies (paludisme, bilharziose, etc.). L'utilisation du canard - du moins du canard de chair - se justifie également par une concordance plus étroite entre son cycle de croissance et celui des espèces piscicoles associées.

4. Systèmes intégrés permettant l'optimalisation des ressources alimentaires.

Ce type de technologie a été abondamment décrit ces dernières années (PRESTON & MURGEITIO 1991, 1992). Il se justifie plus particulièrement dans les zones tropicales humides. Le système le plus élaboré intègre la culture de canne à sucre et d'autres plantes vivrières, l'élevage de diverses petites espèces animales domestiques, la culture d'arbres et d'arbustes fourragers, l'aqua/pisciculture, la culture de plantes aquatiques, et même la vermi- et l'héliciculture.

Les résultats obtenus sont extrêmement intéressants puisqu' ont été enregistrés en Colombie jusqu'à 3000 kg de viande par hectare et par an avec un ratio CH_4/kg P.V. réduit de 0,017.

Discussion

A l'heure actuelle, il est estimé que les deux tiers des terres continuent d'être exploités par les ruminants selon un système pastoral, purement extensif.

A vrai dire, ces terres pourraient difficilement être valorisées à d'autres fins et les sociétés pastorales ont acquis un haut degré de savoir faire pour leur exploitation rationnelle.

Elles sont toutefois confrontées à de nombreux problèmes:

- le grignotage permanent des terres de parcours, à des fins diverses;
- cycles prolongés de sécheresse;

- dislocation socio-culturelle et perte de savoir-faire traditionnel;
- concurrence des productions animales en provenance de pays industrialisés, qui subventionnent l'écoulement de leurs stocks largement excédentaires.

Il est prévisible que le pastoralisme pur - qui représente essentiellement un mode de vie plutôt qu'une activité à objectif économique - continuera à décliner.

D'autres formes d'élevage extensif de ruminants, tel le ranching, sont pratiquées sur des terres arables. Il est hautement probable que la pression démographique croissante entraînera également la disparition progressive de ce système peu efficient.

Si la production animale se développe au sein des systèmes agro-pastoraux, plusieurs facteurs devront être pris en compte:

- Superficie et configuration des exploitations agricoles: habituellement réduite, l'intensification au sein de systèmes durables permettra non seulement d'assurer la subsistance mais également de dégager un revenu commercialisable à partir de ressources diversifiées se succédant au cours de l'année.
- L'aménagement des terres disponibles en vue d'une meilleure rentabilisation: haies anti-érosives, dispositifs d'irrigation, reboisement, culture en couloir, etc. permettent de dégager un complément de ressources alimentaires ou de développer de nouvelles spéculations.
- Espèces animales: l'effectif de gros bétail sera réduit, afin de l'équilibrer aux ressources alimentaires disponibles au sein de l'exploitation. Les petites espèces joueront un rôle important. Moins exigeantes sur le plan nutritionnel, elles sont également plus productives grâce à un cycle reproductif accéléré. Elles sont également plus facilement mobilisables et mieux à même de procurer, en cas de besoin, un revenu monétaire capable de parer à des besoins urgents.
- Main d'oeuvre disponible: ce facteur est lié au précédent, puisque les petites espèces à cycle court sont bien souvent la propriété et font l'objet de soins des couches sociales les plus vulnérables: femmes, enfants.

La prise en compte rationnelle de ces facteurs devrait permettre de proposer au petit exploitant - par le biais d'une réflexion appropriée - un schéma d'intégration adapté à sa situation particulière ainsi qu'aux conditions locales du marché.

Pour ce faire, il est impératif que l'exploitant perçoive clairement les

relations et interfaces existant entre les diverses composantes de son système de production et identifie lui-même les moyens de les rentabiliser par une intégration poussée, en fonction des moyens dont il peut aisément disposer.

RÉFÉRENCES

BRANCKAERT, R. & MBAYAHAGA, J. 1993. Le sylvopastoralisme, solution appropriée à l'aménagement du milieu au Burundi. — *Revue mondiale de Zootechnie,* **76** (1993/3) : 35-44.

CHAN, G.L. 1993. Integration of animal species and recycling of wastes: essential features of sustainable Livestock Production in the Tropics. — FAO Symposium on "Sustainable Feeding Systems for the tropics" (VII World Conference on Animal Production Edmonton, 1993), 8 pp.

DEVENDRA, C. 1993. Sustainable animal production from small farm-systems in South-East Asia. — *FAO Prod. and Health Paper*, Rome, **106,** 1993, 143 pp.

F.A.O. 1990 Strategies for sustainable livestock development in developing countries, FAO/AGA -Staff working paper, Rome, Sept. 1990, 37 pp.

F.A.O. 1993 Strategies for sustainable animal agriculture in developing countries. — Proceedings of the FAO Expert consultation(Rome, December 1990), Animal Production and Health Paper n° 107, Rome, 209 pp.

F.A.O./I.P.T., Proceedings of the FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production. Univ. of Malaya, Kuala-Lumpur.

I.D.R.C./I.P.T. 1993 Proceedings of the IPT/IDRC Workshop on Development of Sustainable Integrated Small-Ruminant - Tree Cropping Production Systems. Univ. of Malaya , Kuala-Lumpur.

JAHNKE, H. 1984. Systèmes de Production animale et Développement de l'Élevage en Afrique Tropicale. — CIPEA 1984, Kieler Wissen-schaftsverlag VAUK, 279 pp.

MURGEITIO, F. 1990. Intensive Sustainable Livestock Production: An alternative to tropical deforestation. — *Ambio,* **19** (8): 397-400.

PRESTON, T.R. 1987. Adaptation des systèmes d'élevage aux ressources alimentaires disponibles dans les pays tropicaux. — C.T.A., Ede-Wageningen, 29 pp.

PRESTON, T.R. 1990. Future Strategies for Livestock Production in Tropical Third World Countries. — *Ambio,* **19** (8): 390-393.

PRESTON, T.R. & MURGEITIO, E. 1992. Sustainable intensive livestock systems for the humid tropics. — *Revue mondiale de Zootechnie,* **72** (1992-3): 2-8.

PUGLIESE, P.L. 1992. Integrated livestock-tree production systems. — FAO/AGAP Staff working paper 04, Rome 1992.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 127 - 152 (1995)

Original : Anglais

SYSTÈMES INTÉGRÉS DE PRODUCTION EN AGRICULTURE/ÉLEVAGE/PISCICULTURE VISANT À OPTIMISER LA PRODUCTIVITÉ ET LA RENTABILITÉ DES PETITES EXPLOITATIONS AGRICOLES

PAR

T.K. MUKHERJEE*

RÉSUMÉ. — La première partie du présent article traite de l'implication de petits propriétaires terriens d'Asie et d'autres régions en développement dans la pratique de différents types d'intégration qui ont accru la productivité du terrain par unité de superficie et augmenté leurs revenus. Dans de nombreux processus d'intégration, la production piscicole est demeurée l'activité la plus importante. Cependant, on trouve également des cas où la production commerciale de porc/poulet/canard a été accompagnée de production piscicole et agricole, les déchets animaux ayant surtout servi à nourrir le poisson et fumer les cultures. De même, dans les grandes zones de production rizicole, le développement de la rizipisciculture a fait suite à la volonté de paysans d'ajouter à leur alimentation des ressources protéiniques à portée de la main et de haute valeur nutritive. Un bon nombre de pays de la région asiatique trouvent actuellement ce système lucratif, surtout en ce qui concerne la production de crevettes et de poisson-chat (*Clarias*). Cependant, il existe des problèmes liés à une faible commercialisation, aux maladies des poissons et à la détérioration de la qualité des stocks reproducteurs. Il faut également remarquer que les systèmes classiques de gestion d'exploitations agricoles intégrées par les petits paysans n'ont pas attiré les investissements à grande échelle, permettant d'éviter les problèmes de qualité et de pollution de l'eau et d'optimiser la productivité au point de pouvoir concurrencer les systèmes commerciaux existants. L'optimisation de la productivité par des techniques sophistiquées (reproduction, alimentation,

* Institute of Advanced Studies, University of Malaya, 59100 Kuala Lumpur (Malaisie).

contrôle de l'environnement, contrôle sanitaire et contrôle de la qualité des produits) est décrite comme le principal objectif des futurs systèmes intégrés de petites exploitations qui ont à relever les défis de l'industrialisation et de l'épuisement des sols disponibles pour la culture dans l'ensemble du continent asiatique. Par exemple, en production piscicole, il faut considérer la polyculture, la production de biomasse d'algues dans l'effluent fermenté des moulins à huile de palme, la production d'*Azolla* au moyen de différents substrats et le contrôle des "pestes" dans l'intégration rizipiscicole, comme des activités primordiales. Le présent article identifie aussi des activités semblables dans la production de l'agriculture et de l'élevage. Les perspectives pour l'avenir et les besoins pour la recherche future sont également exposés.

Introduction

Selon les prévisions, la population de la planète atteindra le cap des 10 milliards d'habitants avant la fin du siècle prochain. Alors que la production alimentaire mondiale pourrait croître de manière significative de manière à pourvoir aux besoins d'une population en expansion permanente, l'appauvrissement du sol, l'érosion des terres, la dégradation des surfaces de culture, l'intensification de l'activité industrielle sur les terres agricoles existantes, la saturation en eau du sol et la salinisation des terres agricoles continueront à faire obstacle à cet accroissement de la productivité. Afin de surmonter ces problèmes, l'intégration de la culture, de l'élevage et de la pisciculture a été suggérée comme l'une des alternatives à la monoculture à grande échelle. Nombre de spécialistes de l'élevage et d'aquaculteurs estiment que l'exploitation intégrée, en tant que type d'exploitation écologique dans lequel les ressources, y compris les déchets, sont exploitées au maximum, induit, proportionnellement, une dégradation minimum de l'environnement. C'est pourquoi il conviendrait de développer de nouvelles technologies visant à réactiver les pratiques d'exploitation intégrée prioritairement axées sur l'activité économique accrue des petits propriétaires.

Divers types d'exploitation intégrée ont été expérimentés et mis en pratique par le passé. Dans la plupart des cas, la production piscicole demeure l'activité principale, bien que la production à grande échelle porc/volaille/riz associée à la pisciculture, comme activité secondaire, ait été pratiquée et soit encore d'actualité. Les articles scientifiques publiés en la matière (DELMENDO 1980, EDWARDS 1980, PULLIN & SHEHADEH 1980, MICHA 1991, MUKHERJEE 1985, VINCKE 1992, WOYNAROVICH 1979) ont évalué: (1) le potentiel du fumier d'animaux et son taux de chargement comme engrais pour les étangs de pisciculture; (2) les

changements physiques et chimiques du milieu des étangs; et (3) l'effet des différents taux de chargement du fumier d'animaux sur la densité d'empoissonnement et le rendement final des étangs.

Le présent exposé décrit brièvement la situation existante, notamment en ce qui concerne les pays d'Asie, et développe certains des problèmes et perspectives relatifs aux systèmes d'exploitation intégrée des petits propriétaires. Les perspectives d'avenir qui s'offrent, à cet égard, aux pratiques industrielles de même que les programmes de recherche possibles sont également abordés.

Systèmes intégrés existants

1. Systèmes d'exploitation riz-poisson et riz-canard/riz-canard-poisson

Dans les pays d'Asie du Sud et du Sud-Est, de même que dans certains pays du Pacifique asiatique, la rizipisciculture se fonde sur une longue tradition; la culture du riz y est l'activité principale et le poisson est élevé dans les fossés des périmètres, des viviers centraux et les canaux latéraux. La plupart des pays asiatiques pratiquent deux cultures par an, chaque culture nécessitant environ 110 jours de maturation et 30 à 40 jours pour la préparation de la terre. Les paysans disposent dès lors, entre deux cultures, de 65 à 85 jours environ qu'ils peuvent consacrer à d'autres activités. L'élevage de canards de chair à croissance rapide ou de variétés indigènes utilisées pour la chair et la reproduction pourrait constituer une activité d'appoint idéale durant cette période intermédiaire. Les paysans possèdent également un petit nombre d'espèces différentes de bétail paissant autour de leur ferme ou de leur maison.

Dans de nombreux pays, la production rizipiscicole se fonde, par nature, sur la capture (Ali 1992) de telle sorte que diverses espèces de poissons sauvages pénètrent dans la rizière inondée au départ des canaux adjacents et des réservoirs. Ces poissons sont piégés dans la rizière, grandissent en même temps que les plants de riz et sont capturés au moment de la récolte de riz en vue de la consommation personnelle ou de la commercialisation. En Inde orientale et au Bangladesh, la culture intégrée riz-crevettes a été pratiquée (Huque 1992, Maitra 1992) suivant la méthode du "Gher" (élevage en captivité sur des petites surfaces). Edwards (1983) a constaté que 49 % des exploitations intégrées de Pathumthani, au centre de la Thaïlande, cultivent du riz à

titre d'activité principale, dans une exploitation ayant en moyenne 7,3 ha, et que dix autres pour cent intègrent l'élevage (porcs, canards, poulets et buffles) et la pisciculture; les principales espèces élevées étaient le poisson-chat strié, le tilapia du Nil, le barbeau argenté et le poisson-chat de Malaisie. En Malaisie, trois espèces de poissons constituaient la principale récolte des rizières (tableau 1) d'une vaste région rizicole. La qualité des reproducteurs s'est progressivement dégradée dans la rizipisciculture, rendant dès lors le poisson difficile à commercialiser.

Tableau 1

Principales espèces de poissons récoltées (composition en % du poids) dans des rizières du Nord de la Région de Kerian

Année	Espèces			
	Trichogaster pectoralis	*Clarias macrocephalus*	*Channa striatus*	Autres
1971*	84,4	6,9	8,7	-
1973**	72,0	20,0	6,0	2,0
1985***	46,0	10,9	34,0	9,1
1986***	53,3	11,1	32,8	2,8
1987***	66,2	9,6	4,6	19,6

* TAN (1971)
** TAN *et al.* (1973)
*** ALI (1988)

Le développement de la rizipisciculture revêt une importance majeure dans l'accroissement de l'aquaculture en eau douce et des revenus des petits exploitants. L'élevage de poissons dans les champs de riz peut contribuer à l'éradication des mauvaises herbes et des insectes nuisibles, à l'ameublissement du sol, à l'augmentation de l'oxygène dissous et à l'amélioration de la fertilité du sol. Cette pratique peut aussi stimuler la production de riz. LI KANGMIN (1988) indique que les systèmes rizipiscicoles sont peu coûteux, efficaces et plus rentables et sont reconnus comme une source complémentaire d'aliments et de revenus dans les régions rurales.

L'importance de la rizipisciculture a néanmoins régressé dans certaines régions après l'introduction de variétés naines du riz et l'application de pesticides à grande échelle. Dans les pays où la culture de la crevette a été introduite afin d'améliorer les revenus d'exportation (p. ex. le Bangladesh), la qualité de la production de crevettes est importante et nécessite donc une excellente gestion des poissons pour éviter toute maladie infectieuse, ainsi que la conduite d'études en relation avec la transmission de maladies au sein de l'écosystème, notamment

celui du poisson et des consommateurs humains.

2. Systèmes d'effluents de l'industrie du caoutchouc et de l'huile de palme

En Malaisie, les effluents de l'industrie du caoutchouc et des moulins à huile de palme sont traités dans des systèmes de bassin de décantation. La qualité de l'eau de certains bassins permet l'intégration de la pisciculture. On a rapporté le succès de l'élevage de poissons dans des bassins de décantation d'effluents de caoutchouc et des rendements piscicoles de 6900 kg/ha/an y ont été obtenus.

Les effluents de moulins à huile de palme fermentés par voie anaérobie contribuent à une bonne croissance de micro-algues et il est possible d'introduire des poissons dans des bassins à algues pour le traitement des effluents de moulins à huile de palme (Phang 1987). Les effluents régénérés appliqués à un taux de chargement de 100 kg D.B.O./ha/jour contribuent à une croissance nettement meilleure du *Tilapia nilotica* que le fumier de poulets (avec le même taux de chargement de matières sèches) (Phang *et al.* 1988). Ils ne génèrent cependant qu'un gain de poids de 70 % de celui produit avec des granulés commerciaux présentant une concentration protéique de 40 %.

De même, l'effluent des boues de bassins de décantation du caoutchouc a été utilisé avec succès pour l'élevage de tilapia dans notre institut (données non publiées). Dans les pays d'Asie du Sud et du Sud-Est pratiquant la culture du palmier à huile, les effluents des moulins à huile de palme sont soit utilisés comme aliments pour animaux, soit transformés en engrais organiques de haute qualité. Le liquide de condensation du stérilisateur, après biodégradation en bassins, est utilisé via des sillons peu profonds ou des plates-formes en cascade pour l'irrigation des palmiers à huile. Ces réservoirs de biodégradation peuvent être affectés à l'élevage de tilapias ou de poissons-chats.

3. Pisciculture et autres cultures

En Afrique, les systèmes intégrés englobant des cultures sont basés sur le sorgho (Micha 1991, Vincke 1988). Les petits exploitants des pays asiatiques plantent aussi des herbes aquatiques autour des rizières ou des étangs comme nourriture pour les poissons ou le bétail et des légumineuses comme aliments pour les poissons.

4. Système porc-poisson

Les déchets de porcs sont plus aisés à traiter étant donné qu'ils sont généralement sous forme de lisier facile à gérer. Les odeurs pénétrantes nécessitent cependant un traitement (Delmendo 1980). Les porcs et les poissons peuvent parfaitement être intégrés dans les conditions des tropiques et plusieurs espèces de poissons dont les carpes de Chine et d'Inde, la carpe commune, le tilapia, le poisson-chat et le muge sont élevés avec des porcs dans diverses régions d'Asie (Edwards 1985). L'élevage de porcs associé à la pisciculture donne d'excellents résultats en installant des porcheries sur les berges de l'étang ou tout près de celui-ci de manière à ce que les déchets soient directement déversés dans l'étang ou transférés de la porcherie à l'étang.

Une production de 2,55 kg de déchets/animal/jour, contenant 1,95 kg de N, 0,35 kg de P et 0,4 kg de K, a été observée. En Chine continentale, l'utilisation habituelle de 30 porcs par hectare d'étang génère environ 58,5 kg de N, 10,5 kg de P et 12,0 kg de K par hectare (Delmendo 1980).

Des systèmes commerciaux en Thaïlande comprenant 150 porcs/ha peuvent facilement produire 5 tonnes de tilapia/ha/an (Edwards 1985). Aux Philippines, des essais d'élevage porc/poisson ont abouti à une production de tilapia de 2,5 - 4 tonnes pour 60 à 100 porcs par hectare. Dans le cadre d'une autre expérience menée aux Philippines, des porcs ont été élevés sur 0,1 ha d'étang contenant des tilapias du Nil plus d'infimes quantités de carpes communes et de poissons à tête de serpent (poissons de vase). Sur l'ensemble du cycle d'élevage de porcs de 180 jours, le rendement piscicole maximum a été estimé à 3549 kg/ha pour 103 porcs.

Des expériences d'élevage porc/poisson ont également été entreprises en Illinois, U.S.A., par Buck *et al.* (1978). Des augmentations nettes de la biomasse de poissons de 2971 kg/ha et de 3834 kg/ha ont été observées pour une densité de porcs de 39 et 66 unités respectivement par hectare de surface d'eau. A de telles densités de peuplement de porcs correspondent des niveaux constamment adéquats d'oxygène dissous.

Les rendements piscicoles des systèmes intégrés peuvent être considérablement accrus moyennant une haute densité de peuplement de poissons résistants et un meilleur contrôle de la qualité de l'eau, c'est-à-dire une aération adéquate de l'eau de l'étang, une alimentation de qualité et la prévention d'une croissance excessive d'algues. En Malaisie, de

nombreux éleveurs de porcs commerciaux observant les précautions ci-dessus ont augmenté le rendement à l'hectare à 8 tonnes de tilapias chaque année.

Les problèmes liés aux systèmes d'intégration porc-poisson concernent les odeurs nauséabondes et le tabou religieux.

Le problème de l'odeur peut être résolu en appliquant l'une des méthodes proposées par Yaptenco (ARBOLEDA 1991):

a. Maintenir l'approvisionnement en eau contrôlée mais continuellement courante dans l'étang en prélevant l'eau d'un réservoir ou d'un canal proches;
b. Transférer les poissons mâles des étangs fumés vers des étangs non fumés un mois avant qu'ils n'atteignent leur taille commerciale; cette pratique, quoique coûteuse, supprime l'odeur et le goût désagréable du poisson.

Le tabou religieux a été vaincu en installant les porcheries dans des zones isolées.

Le système porc-poisson peut être modifié en un système porc-biogaz-poisson, comme c'est le cas dans les fermes Mayas aux Philippines, qui élèvent simultanément 60 000 porcs, 120 000 poules pondeuses et quelques centaines de tête de bétail. La ferme a développé un système de production de biogaz qui constitue la source d'énergie pour actionner les pompes à eau, les mixers d'aliments, les groupes moteurs et quelques installations électriques de l'exploitation. Le modèle de ce système est reproduit à la figure 1.

Les coopératives de petits propriétaires utilisant le fumier de nombreuses fermes pourraient développer un système de ce type pour leur alimentation électrique comme pour la production de poisson commercialisable.

5. SYSTÈME CANARD-POISSON

L'élevage de canards complète idéalement la polyculture de poissons car les canards sont très compatibles avec le poisson d'élevage. Les canards se nourrissent de larves d'insectes aquatiques, de têtards, de mollusques, d'herbes aquatiques, etc. et ne font donc pas concurrence au poisson. Le fumier de canards est un excellent engrais pour l'étang.

En Indonésie, en Chine, au Vietnam, en Thaïlande, en Inde, au Bangladesh et dans la plupart des autres pays d'Asie, l'élevage de

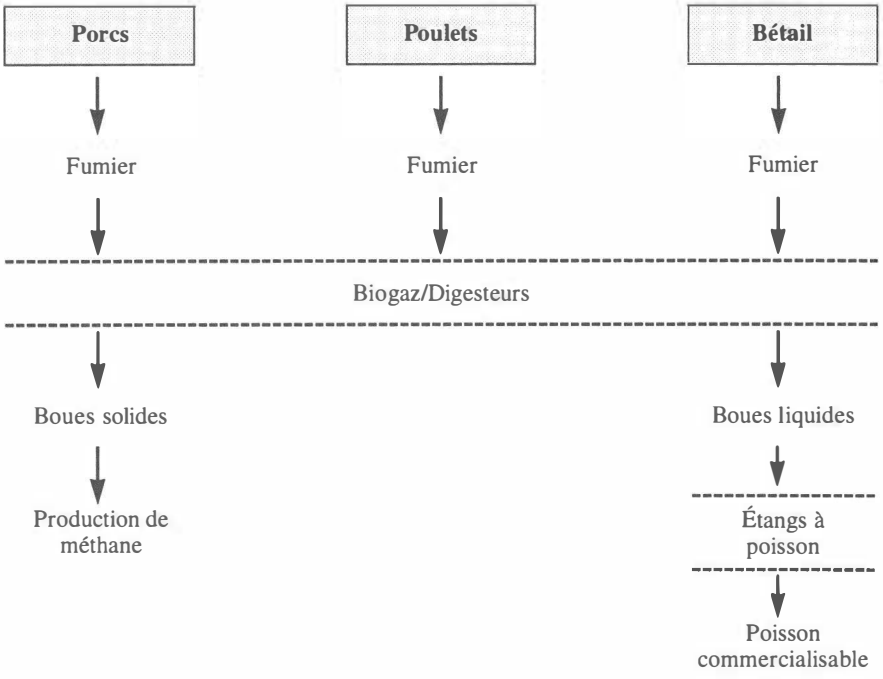


Fig. 1.— Systèmes de production intégrée culture-bétail-poisson (Source: Maya Farms' Annual Report, 1985).

canards est toujours pratiqué selon les méthodes traditionnelles. Les canards sont gardés soit dans des rizières, soit dans des abris aménagés au-dessus ou à côté des étangs/lacs et ont tout loisir de se nourrir dans les plans d'eau. La construction d'abris au-dessus du réservoir permet le drainage du fumier et des aliments non utilisés dans le réservoir. Pour une étude des travaux sur l'intégration canard-poisson, voir les exposés nationaux présentés à l'Atelier FAO/IPT à Kuala Lumpur en 1991 (MUKHERJEE *et al.* 1992).

La construction des abris pour canards au-dessus des étangs permet aux déjections et aux aliments non utilisés d'y tomber directement. Ces derniers profitent aux poissons. Des expériences conduites en Israël et en Malaisie ont démontré que les pertes d'aliments des canards pouvaient varier de 7 à 17 %. La haute concentration en azote des excréments de canards offre un avantage par rapport au fumier d'autres animaux (GEETA *et al.* 1988).

Bien qu'il existe quelques études expérimentales concernant la production piscicole optimale d'un hectare de plan d'eau, la quantité et la

qualité effectives de fumier pénétrant dans l'étang n'ont pas été correctement évaluées, que ce soit dans le système canard-poisson, poulet-poisson ou porc-poisson. EDWARDS (1986) a suggéré la nécessité de développer des expériences dans le but d'évaluer l'impact du nombre et du type de canards, de leur régime alimentaire et de la quantité de fumier générée par eux sur la production de la biomasse d'algues et la production de poisson par unité de surface. MUKHERJEE (1985) a plaidé en faveur d'une analyse du biosystème et d'une analyse économique du système d'intégration canard-poisson et chèvre-poisson dans des étangs de taille plus petite aussi bien que plus grande.

6. SYSTÈME POULET-POISSON

Le fumier de poulet est le meilleur des engrais organiques communément utilisés et est généralement employé dans des exploitations piscicoles intégrées pratiquant la polyculture de poissons en Chine, aux Philippines, en Inde, en Israël et dans d'autres pays. Comme dans le système canard-poisson, le fumier de poulet et les aliments inutilisés contribuent directement à l'alimentation des poissons et indirectement à la prolifération du plancton dans l'eau.

Cependant, peu de pays apprécient la valeur du fumier de poulet pour la culture maraîchère (LITTLE & MUIR 1987). Bien que certains élevages de poulets soient installés au-dessus des réservoirs en Thaïlande et en Indonésie, ils ne sont pas toujours pratiqués de manière totalement intégrée (WETCHARAGARUN 1980).

7. SYSTÈME OIE-POISSON

Les systèmes d'intégration oie-poisson sont plutôt rares. A Hong Kong, 8 % des exploitations de pisciculture intégrée élèvent des oies. On trouve également des systèmes intégrés de ce type dans l'ancienne Allemagne de l'Est et en Hongrie. En Malaisie où la demande de chair d'oie est limitée, la haute mortalité juvénile et la faible production d'oeufs d'oie en font une option peu attractive. Une oie reste dans l'eau moins longtemps qu'un canard, aime se reposer sur le rivage et brouter autour de l'étang. L'élevage d'oies génère nettement moins d'avantages que l'élevage de canards.

8. EXPLOITATION INTÉGRÉE D'AUTRES ANIMAUX AVEC LE POISSON

L'élevage intégré de buffle-poisson en Thaïlande (EDWARDS 1983), l'intégration de carpe-tilapia-vache laitière en Israël (LITTLE & MUIR 1987), l'élevage intégré de lapin-poisson au Cameroun (VINCKE 1992) et le système intégré pigeon-poisson à Hong Kong on augmenté le rendement piscicole en étang, mais comme ces animaux ne sont pas toujours élevés à proximité des étangs, la collecte des excréments dans les exploitations des petits propriétaires peut s'avérer fastidieuse. Cependant, dans les pays les moins développés d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie, l'intégration de ces dernières catégories d'animaux peut jouer un rôle majeur en vue de l'obtention d'engrais dans les étangs où est pratiquée la polyculture de poissons.

Analyse des performances biologiques

Les données de production annuelle des projets intégrés sont exposées au tableau 2. Les données présentées ne permettent pas une évaluation comparative des performances car ces expériences impliquaient différentes espèces (et races) de poissons et de bétail, différents niveaux de concentration et de qualité d'aliments et différents systèmes de gestion, débouchant sur une qualité d'eau variable. Néanmoins, le niveau de production piscicole peut ne pas dépasser les 1255-1350 kg dans une production rizipiscicole sans intrant supplémentaire. Une production maximum a été obtenue dans l'une des deux expériences d'intégration porc-poisson en Thaïlande (EDWARDS 1985) où des granulés plus du son de riz plus du tourteau de soja ont été donnés en complément alimentaire dans des réservoirs aérés. De même, dans l'un des deux systèmes d'intégration porc-poisson-brize en Chine, la production maximale de poisson a atteint 14 450 kg. Dans le cadre de cette expérience, le fumier était tout d'abord fermenté avant application afin d'éradiquer les bactéries et parasites pathogènes, mais aucun complément alimentaire n'était fourni.

Dans la plupart des expériences dont il est fait état, aucune analyse approfondie des performances du bétail n'a été exécutée, mais dans aucun cas, les performances du bétail n'ont, de manière générale, régressé. En fait, les performances des canards augmentent lorsqu'ils sont élevés dans des étangs ou des lacs (LE HONG MAN 1992).

Tableau 2

Données de production annuelle de projets intégrés d'aquaculture/valorisation des déchets agricoles (selon plusieurs auteurs)

Production animale (kg/ha/an)	Poisson cultivé	Source de fumier	Pays	Référence
5 670	muge, carpe commune	canards	Hong Kong	CHEN 1980
6 854	tilapia, carpes	canards	Philippines	CRUZ & SHEHADEH 1980
14 052	carpe commune, carpe argentée, carpe rousse, tilapia	canards	Israël	BARASH *et al.* 1982
3600-6300	polyculture	chèvres	Philippines	CRUZ 1983
4 500	crevettes et poisson poulets		Malaisie	MOHD 1983
7 665	tilapia, carpe commune carpe à grosse tête	canards	Inde	EDIRISINGLE 1985
6 570	carpe argentée, carpe à grosse tête, carpe commune, carpe rousse	porcs	Hongrie	OLÁH *et al.* 1986
3 100	polyculture	buffles	Thaïlande	AIT 1986
10 000	polyculture	canards	Thaïlande	AIT 1986
1 784	tilapia	canards	Panama	LOVSHIN *et al.* 1986
6 115	patin, carpe à grosse tête, carpe rousse, jelawat	canards	Malaisie	GEETA *et al.* 1988
2 859	patin, carpe à grosse tête, jelawat	chèvres	Malaisie	GEETA *et al.* 1988
5000-7000	polyculture	chèvres	Thaïlande	LITTLE & MUIR 1987
3 000	tilapia	vaches	USA	GREEN *et al.* 1989
10 767	tilapia et herbe carpe	engrais chimique	Israël	SCHROEDER *et al.* 1990
8 050	?	canards	Taïwan	LIAO & CHEN 1983
5 000	tilapia	porcs	Thaïlande	EDWARDS 1985
15 000	tilapia	porcs	Thaïlande	EDWARDS 1985
1 255	poissons sauvages des marais, fleuves et canaux	porcs	Malaisie	ALI 1987
1 350	gourami à peau de serpent	riz	Malaisie	SOONG 1955
8 470	plurifonctionnels*	porcs-brize	Chine	LU & ZHEN 1990
14 650	plurifonctionnels*	porcs-brize	Chine	LU & ZHEN 1990

* Carpe argentée, carpe à grosse tête, carpe herbivore, carpe commune, brème, carassin et *Distoechodon tumirostris*

Analyse des performances économiques

On admet généralement, au vu des projets expérimentaux, que l'avantage complémentaire majeur de l'intégration de bétail réside essentiellement dans la réduction du coût des aliments destinés aux poissons ainsi que dans l'obtention d'un revenu supplémentaire de la vente de volaille/ d'animaux/ de produits végétaux. On ne dispose cependant d'aucun rapport publié d'une analyse économique exhaustive des exploitations des petits propriétaires.

Une analyse à court terme (fondée sur les performances d'une année) des étangs de la University of Malaya, similaires aux étangs intégrés de quelques petits paysans du Nord de la Malaisie, a été réalisée. Cette analyse englobait tous les coûts fixes (construction de l'étang, étables, roues à aubes, etc.) et les coûts variables (tableau 3). Le rendement du capital investi n'est que de 69,2 % pour la première année en raison des coûts d'alimentation plus élevés.

Dans les fermes des petits propriétaires, où le son de riz ou d'autres céréales peu coûteuses et la biomasse des déchets sont utilisés pour nourrir tant les poissons que le bétail, le rendement du capital investi s'obtiendra beaucoup plus rapidement. En cas d'intégration canard-poisson, les canes pondeuses indigènes ou même des canards de races reconnues devraient être privilégiés.

Une analyse économique de l'intégration porc-poisson et poulet-poisson réalisée dans plusieurs pays révèle que le revenu net augmente de 41 à 68 % dans le cadre de l'élevage intégré, comparativement à la pisciculture seule. Cette progression du revenu est liée à l'exploitation maximum des terres, de la main-d'œuvre, du capital et à la réduction du coût des aliments.

Contrôle de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau doit être contrôlée afin de résoudre le problème de mortalité des poissons due à l'épuisement de l'oxygène et aux fluctuations extrèmes des niveaux d'oxygène dissous. La stratégie à adopter dans les petites exploitations consiste à promouvoir une biomasse croissante de phytoplancton qui générera suffisamment d'oxygène pour maintenir un niveau d'oxygène dissous relativement élevé pendant 24 heures. Il est essentiel de maintenir une photosynthèse nette positive.

Dans les fermes expérimentales, les paramètres de qualité de l'eau généralement mesurés sont les suivants:

Tableau 3
Analyse économique d'un système de production intégrée à la University of Malaya (en $ malais)

	Quantité	Taux ($)	Étang 1 ($)	Étang 2 ($)	Étang 3 ($)	Total ($)
Coûts fixes (A):						
Construction de l'étang	3	2500	2500	2500	2500	7 500
Étables	7	-	600	800	-	1 400
Roues à aubes et autres equipements	3	2000	2000	2000	2000	6 000
Total		4500	5100	5300	4500	16 900
Coûts variables (B):						
Alevins						
Carpe à grosse tête	278	.55	480	580	580	1 540
Carpe herbivore	271	.55	460	460	570	1 490
Tilapia	2160	.20	130	130	172	432
Canetons	700	1.65	-	1155	-	1 155
Chèvres	12	100	1200	-	-	1 200
Aliments canards						
Démarrage	24	35	-	852	-	852
Fin d'engraissement	96	35	-	3408	-	3 408
Aliments poissons (herbe)	-	-	138	138	138	414
Aliment chèvres (herbe et concentrés)	-	-	800	-	-	800
Main-d'œuvre			200	400	-	600
Electricité			100	130	50	280
Medicaments et frais de vétérinaire			100	100	-	200
Total			3408	6853	1510	9 644
Revenu et rendement (C):						
Poisson			2703.9	3893.1	2536.1	9 133.6
Canard				6040		6040
Chèvre			6139.2			6 139.2
Total			8843.1	9933.1		21 312.8

Coûts fixes (A)	=	$ 16 900
Coûts variables (B)	=	$ 9 644
Revenu (C)	=	$ 21 312.8
Bénéfice brut (D) = (C)-(B)	=	$ 11 668.8
Rendement du capital = D/A x 100	=	69.16%

1. pénétration de la lumière;
2. pH;
3. température;
4. oxygène dissous;
5. D.B.O.;
6. orthophosphate; et
7. azote ammoniacal.

Il existe d'excellentes synthèses sur la qualité de l'eau dans les étangs de pisciculture en eau chaude et sur le contrôle de qualité de l'eau pour la pisciculture en réservoir (BOYD 1981, 1982, PULLIN & SHEHADEH 1980). Nombre de projets expérimentaux en Asie se sont heurtés à des problèmes de maintien des paramètres en vue d'une qualité optimale de l'eau. Ceci sera encore plus difficile dans les petites fermes vu l'absence des instruments nécessaires à l'exécution des mesures susvisées.

Les composants chimiques de l'eau comme l'azote et le phosphore sont importants d'un point de vue biologique, à l'instar des oligo-éléments comme le molybdène, le vanadium, etc. L'azote, par exemple, est un élément essentiel de tout corps vivant. Les activités vitales comme la croissance, la photosynthèse, etc. ne peuvent se produire en l'absence d'azote. Le cycle azoté et le métabolisme de l'azote dans des écosystèmes poisson-bétail ont été étudiés en profondeur par Oláh et ses associés (OLÁH & JANURIK 1985, OLÁH & PEKÁR 1992). Leur analyse met l'accent sur la transformation des éléments nutritifs et le caractère cumulatif des écosystèmes poisson-bétail.

Une production optimale d'algues dans les étangs intégrés est très souhaitable pour maximiser la productivité piscicole parce que les algues valorisent les déchets organiques, produisent de l'oxygène et contribuent à la chaîne alimentaire (PHANG 1990, 1992) . Dilués dans l'eau, les déchets d'animaux contribuent largement à la croissance d'algues et fournissent une source de carbone (par la dégradation bactérienne qui produit du CO_2), de l'azote, du phosphore et des oligo-éléments pour soutenir la prolifération des algues.

Les principales algues rencontrées dans des systèmes d'eaux usées sont répertoriées au tableau 4. Toutes ces données proviennent de systèmes tropicaux.

Tableau 4

Production d'algues dans des systèmes d'eaux usées

	Algues	Utilisation	Substrat	Production	Pays	Références
1.	*Micractinium*	aliments pour poissons	déchets de porcheries	5,4-15,0 g/m²/jour (pds)	Singapore	LEE & DODD 1980
2.	*Chlorella Euglena Phacus Chlamydomonas*	-	déchets de porc + 67% NH_3-N	325-500 mg/l (pds sec)	Floride	LINCOLN & HILL 1980
3.	*Chlorella Scenedesmus Microcystis Cyclotella*	aliments pour tilapias	évacuation égouts	15,7 g/m²/ jour (pds sec)	Thaïlande	EDWARDS 1980(b)
4.	*Chlorella*	-	Boues digérées	8,26-2925 µg/ml (chlorophylle)	Hongkong	CHEUNG & WONG 1981
5.	*Chlorella*	-	Fumier de poulet	5,12-26,38 µg/ml (chlorophylle)	Hongkong	CHEUNG & WONG 1981
6.	*Chlorella*	-	Fumier de porc	5,53-36,71 µg/ml (chlorophylle	Hongkong	CHEUNG & WONG 1981
7.	*Spirulina*	-	1% urine humaine	8-10 g/m²/ jour (pds sec)	Inde	VENKATA-RAMAN *et al.* 1982
8.	*Spirulina*	-	3% farine d'os	55-60 mg/ 100 ml/8 jours (pds sec)	Inde 1982	VENKATA-RAMAN *et al.*
9.	*Spirulina*	aliments pour volaille	fientes de volaille	7,8 g/jour (pds sec)	Inde	MAHADEV-ASWAMY 1986
10.	*Phacus Euglena Chlorella*	aliments pour poissons	EMHP* digérés par voie anaérobie	5,0-5,4 g/ m²/jour (pds sec)	Malaisie	PHANG 1987
11.	*Chlorella Phacus*	aliments pr. poissons	EMHP* digérés	11,48 g/m²/ jour (pds sec)	Malaisie	PHANG *et al.* 1988
12.	*Spirulina*	production de biomasse d'algues recyclage des aliments	150g mat. s. de déchets de bovins (1g/l) +$NaNO_3$	14 g/m²/jour (pds sec)	-	MITCHELL & RICHMAN 1988
13.	*Cyanophyceae*	aliments pour carpes d'Inde	bouse de vache	17,92 x 10^6 cellules/jour	Inde	ASHA & TOOR 1989
14.	*Chlorella*	aliments pour carpes d'Inde	fientes de volaille	91,61 x 10^6 cellules/jour	Inde	ASHA & TOOR 1989
15.	*Oscillatoria Euglena Phacus*	aliments pour carpes d'Inde	bouse de vache et fientes de volaille	74,98 x 10^6 cellules/l	Inde	ASHA & Toor 1989
16.	*Euglena Chlamy-domonas*	traitement des eaux usées	déchets municipaux	150-300 kg/ ha/jour (pds sec)	Koweit	BANAT *et al.* 1990

* EMHP = Effluents de moulins à huile de palme

Problèmes écologiques

Dans certains pays d'Asie (Taïwan, Hong Kong, Singapour et Malaisie), les lois en matière d'environnement deviennent très rigides. En l'absence de traitement des déchets d'animaux ou industriels, il pourrait s'avérer difficile de les utiliser, dans l'avenir, comme engrais pour les étangs ou aliments pour les animaux/poissons. L'absence de traitement des effluents provoque:

1. Une pollution des étangs/cours d'eau récepteurs due aux déchets organiques consommant tout l'oxygène dissous. Ce problème a, jusqu'à présent, été évité dans les exploitations intégrées des petits propriétaires par le biais d'un contrôle étroit et d'une application prudente des déchets dans les étangs/cours d'eau;
2. Le développement de bancs de boue dans les étangs ou à proximité de la décharge de déchets. Ce problème peut être évité en emballant les déchets dans des sacs poreux avant application en différents endroits des étangs ;
3. L'eutrophie (celle-ci peut être évitée par une application contrôlée); et
4. La propagation de maladies (des examens réguliers d'un échantillon de poissons prélevé dans le réservoir et des mesures de contrôle sont nécessaires pour prévenir l'incidence et la propagation des maladies).

Dans le cadre d'une étude récente conduite à notre Institut, on a observé que la valeur nutritive des déchets de porcs et de poulets était nettement supérieure à celle des matières fécales humaines (tableau 5). Les éléments nutritifs (azote et phosphore) sont particulièrement importants, surtout chez les porcs en raison de la transformation inefficace relative du phosphore dont la proportion est extrêmement élevée par comparaison avec les matières fécales humaines.

Tableau 5
*Paramètres comparatifs de différents déchets**

Paramètre	Déchets de porcs	Déchets de poulets	Déchets humains
BOD	0,12	0,007	0,07
TKN	0,03	0,0007	0,008
PO_4-P	0,01	0,0002	0,002

* Masse (kg/jour/tête)

Des procédures spécifiques de traitement biologique (aérobie et anaérobie) pour les déchets de porcs et poulets ont été conseillées pour le secteur industriel, parmi lesquelles les bassins de décantation, les boues activées, filtres percolateurs, digestion anaérobie, etc. Aucun de ces procédés ne serait rentable pour les petites exploitations.

Trois techniques pourraient aisément être adaptées aux petites exploitations:

1. Système de porcs sur litière

Il s'agit d'un système sec consistant, fondamentalement, en un processus de fermentation ou de compostage *in situ* utilisant une litière formée d'un mélange de sciure de bois et de produits bactériens pour absorber, décomposer et stabiliser au fur et à mesure les excréments des porcs là où ils sont produits. La masse sèche peut être utilisée pour former des granulés pour l'alimentation des poissons et des ruminants. La confection de granulés est un procédé un peu coûteuse mais elle peut être prise en charge par les coopératives d'exploitants.

2. Étangs à algues

Les étangs à algues peuvent fournir un système recyclable là où les déchets des porcheries sont utilisés comme source alimentaire dans les réservoirs d'algues, les algues servant de nourriture pour les poissons et même le bétail (PHANG 1987,1990,1992).

3. Étangs/bassins à Azolla

L'*Azolla* cultivé dans les réservoirs ou bassins peut servir d'aliments pour les poissons, poulets, canards, porcs et lapins sous forme fraîche, sèche, ensilée ou de granules (VAN HOVE & RUELLE 1989). Les essais d'alimentation de poissons avec 50 % d'*Azolla* et 50 % d'une ration normale sous forme de granulés n'ont fait apparaître qu'une légère différence de croissance des poissons (ALMAZAN *et al.* 1986, ANTOINE *et al.* 1987) comparativement au taux de croissance avec la ration de référence, mais dans des petites exploitations, *Azolla* pourrait être avantageux en raison de la compression des coûts d'aliments.

Le complexe riz-*Azolla*-poisson, le complexe porc-*Azolla*-poisson et le complexe volaille-*Azolla*-poisson ont donné des résultats économiquement très attractifs en République Populaire de Chine (VAN HOVE & RUELLE 1989). Ces systèmes jettent les bases du recyclage des déchets d'animaux sans polluer l'environnement.

Évaluation de l'impact sur l'environnement

Dans les pays d'Asie récemment industrialisés, dont la Malaisie, les déchets dangereux qui pénètrent dans l'environnement trouvent deux origines principales: l'industrie et l'agriculture. La pollution industrielle résulte des évacuations d'effluents, des émissions et des déchets solides générés par les industries de transformation. La pollution agricole, pour sa part, est liée à l'application directe de pesticides et d'herbicides pour la protection des cultures et à l'évacuation des déchets d'animaux.

Alors que de nombreux gouvernements ont pris des mesures pour évaluer les dégâts causés par les sources industrielles de pollution dans l'environnement, pratiquement aucune disposition n'a, à ce jour, encore été prise concernant l'impact du secteur rural sur l'environnement. Autour des exploitations intégrées, des dispositions devraient être prises en vue d'une évaluation de cet impact et du traitement biologique des éventuels déchets dangereux.

Perspectives d'avenir

L'intégration bétail-poisson, cultures-poisson et cultures-bétail-poisson a indubitablement amélioré la production alimentaire par unité de surface et contribué à l'accroissement des revenus des petits exploitants. Elle a aussi contribué, dans une certaine mesure, à la protection de l'environnement, par le recyclage de matières et de déchets organiques dans les étangs.

Néanmoins, toute une série de facteurs ont joué en sa défaveur, notamment:

1. Obstacles religieux et culturels dans certains pays, qui ne peuvent être évités;
2. zoonose: maladies transmissibles des poissons à l'homme (ce problème peut être évité par un lavage soigneux et une cuisson correcte des poissons);
3. goût et odeur (peuvent être améliorés en transférant le poisson plusieurs semaines dans un étang propre ou de grands bassins);
4. l'infection par le *Schistosoma* est un risque professionnel pour toute personne travaillant dans les étangs fertilisés avec du fumier d'animaux (ce risque peut être évité par l'introduction de *Macrobrachium rosenbergii,* un prédateur pour le *Schistosoma* dans les étangs de pisciculture).

Dans ces circonstances, aussi bien que pour le développement futur des systèmes de production intégrée, les stratégies suivantes pourraient être recommandées:

1. Il ressort de l'expérience malaise que les systèmes intégrés poulet-poisson et canard-poisson ont été les plus rentables. Cependant, l'industrie du poulet est actuellement entièrement monopolisée par les entreprises intégrées de production de volaille dotées de stocks reproducteurs, couveuses, moulin et abattoir. Il est pratiquement impensable que de petits paysans puissent rivaliser avec elles, même si un système intégré pouvait comprimer leurs coûts de production. C'est pourquoi le système canard-poisson (polyculture) semble être la solution la plus adéquate pour les petits exploitants.
   LITTLE *et al.* (1992) ont plaidé en faveur des canes indigènes pour l'intégration car ces canes remplissent deux fonctions et, dans les villages, la demande d'oeufs de canes est importante. Dans le cadre de nos travaux expérimentaux à la University of Malaya, des canards de chair (Pékin, Barbarie x Pékin et Barbarie) se sont révélés relativement rentables pour les programmes d'intégration canard-poisson.
   Les poulets de chair de villages se vendent à prix d'or sur de nombreux marchés asiatiques. Leur intégration devrait être encouragée mais, une fois de plus, les petits exploitants devaient être associés à des plans de production intégrée. De nombreuses organisations d'éleveurs introduisent à présent leurs propres poulets de village.
2. Comme indiqué ci-avant, les exploitations rizicoles peuvent encore s'améliorer par l'intégration de canards de chair à grande échelle durant la période entre deux cultures ainsi que de certaines espèces de crustacés pendant toute l'année. Elle dégageront ainsi un bénéfice maximum.
3. D'autres formes de systèmes d'intégration, p.ex. ruminant-poisson ou cultures-ruminant-poisson pourraient être améliorées davantage par une gestion efficace, mais la pénurie de main-d'œuvre dans les régions rurales de certains pays risque de faire obstacle à ce développement.
4. Les petits exploitants devraient être davantage sensibilisés à l'utilisation de divers déchets agro-industriels (sources peu coûteuses d'ingrédients alimentaires) comme aliments pour les poissons et le bétail. Un accès aisé à ces ressources devrait être prévu pour les paysans.
5. De nouveaux développements axés sur la valorisation des étangs à algues, des étangs à *Azolla* et de certains systèmes novateurs de gestion sont également requis.

6. Les activités d'intégration porc-poisson se poursuivront et seront probablement favorisées dans certains pays; cependant, la sévérité accrue des lois en matière d'environnement contraindra les exploitants à consentir davantage d'investissements pour la protection de l'environnement.
7. L'intégration poisson-volaille-ruminants sur les terres marginales de plantations de palmiers à huile, de caoutchouc et de cocotiers offre une option attractive pour l'avenir. Les ruminants, et en particulier les ruminants de petite taille, s'intègrent bien dans les plantations et les cultures en sous-bois pourraient pourvoir à une importante partie des besoins alimentaires des ruminants. Les chèvres ont été intégrées avec succès par la construction d'abris au-dessus des étangs (MUKHERJEE 1985), mais le système chèvre-poisson est inférieur au système canard-poisson d'un point de vue économique, notamment parce que les excréments de chèvres présentent une concentration d'azote nettement inférieure à celle des fientes de canards. Cependant, l'intégration chèvre-poisson dans les plantations de petits propriétaires pourrait être lucrative moyennant un contrôle plus efficace.
8. La production piscicole à l'intérieur des terres dans de nombreux pays a été stimulée par l'apport d'intrants plus importants des secteurs commerciaux. L'intégration canard-poisson dans ces secteurs a connu un bon succès. Les coopératives de petits propriétaires peuvent explorer ce type d'intégration commerciale.
9. La gestion de l'environnement physico-chimique et la manipulation du flux d'énergie et du cycle d'éléments nutritifs dans le cadre de l'exploitation intégrée requerront à l'avenir une attention étroite.

Priorités de recherche pour l'avenir

Dans le cadre d'un atelier régional sponsorisé par la FAO à la University of Malaya (1991), plusieurs recommandations d'orientations de recherche ont été formulées. Parmi ces recommandations, citons:

1. Les systèmes intégrés durables nécessitent une soigneuse évaluation des systèmes propres au pays. Aux fins de cette évaluation, une documentation correcte et une évaluation comparative des systèmes, de même que des études socio-économiques exhaustives basées sur l'approche d'un système d'exploitation sont requises.
2. D'autres études poussées des systèmes intégrés poisson-canard-culture, d'après le modèle de certains exemples chinois, doivent être

réalisées dans certains pays. Les domaines de recherche doivent englober un système d'alimentation et une gestion appropriés, l'utilisation des nutriments, le type, le nombre et la race d'animaux utilisés, les performances et le comportement des animaux et des poissons, le type de poisson en polyculture et l'interaction entre le complexe sol-eau-culture-animaux et les exploitants.

3. La recherche sur la gestion de l'environnement physico-chimique, la manipulation du flux d'énergie et le cycle des nutriments dans le système méritent une attention prioritaire dans les systèmes tropicaux de gestion.
4. Les facteurs socio-économiques requérant une attention particulière comprennent une rapide évaluation des divers systèmes du point de vue des ruraux, des essais en milieu réel des systèmes identifiés et du transfert efficace des technologies.
5. L'analyse fonctionnelle de divers programmes intégrés devrait être encouragée.

En outre, des études concernant les méthodes d'évacuation efficace des déchets dangereux, l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans les régions rurales, la lutte contre les maladies des poissons dans les étangs intégrés, la commercialisation associée à la transformation des produits et les techniques de développement pour les exploitations rurales devraient être entreprises.

Dans certains pays comme la Malaisie, où la pénurie de main-d'oeuvre risque de poser un problème crucial dans l'avenir, la mécanisation du travail devrait faire l'objet de recherches approfondies.

Dans l'avenir, les terres de mauvaise qualité disponibles pour l'agriculture et l'élevage seront de plus en plus rares. Cet état de choses incitera les petits propriétaires à se grouper pour mettre leurs connaissances en commun et consentir des investissements plus importants dont ils dégageront de meilleurs rendements. C'est pourquoi les éleveurs profiteront autant que les pisciculteurs des systèmes intégrés. Les produits des cultures pourraient aussi bénéficier des entreprises intégrées pour autant qu'il n'y ait pas de pénurie de main-d'œuvre dans les régions rurales. Des études de l'interaction du génotype et de l'environnement, permettant de définir le génotype *ad hoc* du bétail et des poissons à élever dans les systèmes intégrés méritent la plus grande attention.

RÉFÉRENCES

AIT, 1986. Asian Institute of Technology. Research report. — AIT, Bangkok, No. 198, 78 pp.

ALI, A.B. 1988. Yields obtained from the Kerian method of rice field culture monitored for three consecutive growing seasons. — *In:* SINGH, M.M. (ed.), Agricultural and Biological Research Priorities in Asia. International Found. Sci., Malay. Sci. Association, Kuala Lumpur, pp. 21-27.

ALI, A.B. 1992. Rice-fish integration in Malaysia: Present status and future prospects. — *In:* MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 85-91.

ALMAZAN, G.J., PULLIN, R.S.V., ANGELES, A.F., MANALTO, T.A., AGBAYANI, R.A. & TRONO, M.T.B. 1986. *Azolla pinnata* as a dietary component for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. — *In:* MACLEAN, J.L., DIZON, L. & HOSILLOS, L.V. (eds.) The first Asian Fisheries Forum (26-31 May 1986). Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, pp. 523-528.

ANTOINE, T., WERY, P., MICHA, J.-C. & VAN HOVE, C. 1987. Comparaison de la croissance et de la composition chimique d'*Oreochromis* (*Tilapia*) *niloticus* L. et de *Cichlasoma* (*Theraps*) *melanurum* Gth. nourris avec *Azolla*. — *Aquaculture,* **66:**181-196.

ARBOLEDA, C.R. 1992. Integrated livestock-fish production system in the Philippines. — *In:* MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 95-100.

BARASH, H., PLAVNIK, K. & MOAV, R. 1982. Integration of duck and fish farming: experimental results. — *Aquaculture,* **27**(2):129-140.

BOYD, C.E. 1981. Water quality in warm water fish ponds. — Publ. Auburn Univ. Agriculture Expt. Station, Alabama, 358 pp.

BOYD, C.E. 1982. Water quality management for pond fish culture. — Elsevier, Science Publ., Amsterdam, 318 pp.

BUCK, D., BAUR, R. & ROSE, C. 1978. Polyculture of Chinese carps in ponds with swine wastes. — *In:* SMITHERMAN, R., SHELTON, W. & GROVER, J. (eds.), Symposium on Culture of exotic fishes. American Fish. Soc., Auburn, Alabama, pp. 144-155.

CHEUNG, Y. H. & WONG, M.H. 1981. Properties of animal manures and sewage sludges and their utilisation for algal growth. — *Agricultural Wastes,* **3:**109-122.

DELMENDO, M.N. 1980. A review of integrated livestock-fowl-fish farming systems. — *In:* PULLIN, R.S.V. & SHEHADEH, Z.H. (eds.), Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems. ICLARM Conference Proceedings 4, pp. 59-71.

EDWARDS, P. 1980. A review of recycling organic wastes into fish, with emphasis on the tropics. — *Aquaculture,* **21**(3):261-279.

EDWARDS, P. 1983. The future potential of integrated farming systems in Asia. — *In:* Proc. V World Congress Animal Production (Tokyo), vol. **1,** pp. 273-281.

EDWARDS, P. 1985. Pigs over fish-ponds. — *Pig International,* **15**(9):8-10

EDWARDS, P. 1986. Duck/fish integrated farming systems. — *In:* FARRELL, D.J. & STAPLETON, P. (eds.), Duck production science and world practice. Univ. of New England, USA, pp. 267-291.

GEETA, S., MUKHERJEE, T.K. & PHANG, S.M. 1988. Some aspects of goat-fish and duck-fish farming. — *In:* Proceedings 11th Ann. Conf. Malaysian Society Animal Production, Kuala Lumpur, pp. 123-127.

GREEN, B.W., PHELPS, R.P. & ALVARENGA, H.R. 1989. The effect of manures and chemical fertilizers on the production of *Oreochromis niloticus* in earthen ponds. — *Aquaculture,* **76**(1/2):37-42.

HUQUE, Q.M.E. 1992. Integrated livestock-fish farming: Bangladesh perspective. — *In:* MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 118-121.

LE HONG MAN 1992. Duck-fish integration in Vietnam. — *In:* MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 101-102.

LI KANGMIN 1988. Rice-fish culture in China: a review. — *Aquaculture,* **71**(3):173-186.

LINCOLN, E.P. & HILL, D.T. 1980. An integrated micro algae system. — *In:* SHELEF, G. & SOEDER, C.J. (eds.). Algae biomass. Production and use. Biomedical Press, Elsevier, pp. 229-243.

LITTLE, D. & MUIR, J. 1987. A guide to integrated warm water aquaculture. — Inst. of Aquaculture, University of Stirling.

LU DINGYAN & ZHEN YONGGAN 1990. Study on the integrated fish farming technology in small reservoirs. — Paper presented at the 2nd Asian Reservoir Fisheries Workshop (Hangzhou, China, 15-19 October 1990). IDRC Proc. Series, 19 pp.

MAITRA, D. 1992. Prospect and retrospect on integrated livestock-fish aquaculture in India under Asian context. — *In:* MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 107-112.

MICHA, J.-C. 1991. Intégration de la pisciculture dans le développement rural. — *In:* Séminaire "Les petits paysans dans les pays en voie de développement" (Bruxelles, 15 octobre 1987). Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (C.I.U.F.), Bruxelles, pp. 131-151.

MOAV, R., WOHLFARTH, G., SCHROEDER, G.L., HULATA, G. & BARASH 1977. Intensive polyculture of fish in freshwater ponds. I. Substitution of extensive feeds by liquid cow manure. *Aquaculture,* **10**(1):25-43.

MUKHERJEE, T.K. 1985. Integration of aquaculture and livestock farming: An experiment of study for rural development. — *In:* Proceedings 2nd Asian Conference on Technology for Rural Development (Kuala Lumpur).

MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), 1992. Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). — Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, 148 pp.

MUKHERJEE, T.K., GEETA, S., ROHANI, A. & PHANG, S.M. 1992. A study on integrated duck-fish and goat-fish production systems. — *In:* MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 41-48.

OLÁH, J. & JANURIK, E. 1985. Methods to measure nitrogen cycling in shallow waters. — MEM Press, Budapest, 226 pp.

OLÁH, J. & PEKÁR, F. 1992. Nitrogen metabolism in fish-cum-livestock ecosystems. — *In:* MUKHERJEE *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 57-63.

PHANG, S. M. 1987. The potential of integrating fish culture with an algae pond system treating palm oil mill effluent. — *In:* Proc. 1987 Internat. Oil Palm/ Palm Oil Conf., PORIM and ISP, pp. 422-428.

PHANG, S.M. 1990. Algal production from agro-industrial and agricultural wastes in Malaysia. — *Ambio,* **19**(8):415-418.

PHANG, S.M. 1992. Role of algae in livestock-fish integrated farming systems. — *In:* MUKHERJEE *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp.49-56.

PHANG, S.M., LIM, C.K. & MUKHERJEE, T.K. 1988. A preliminary study of the growth of fish in digested palm oil mill effluent. — *In:* Proc. 11th. Ann. Conf. Malaysian Soc. anim. Prod., Kuala Lumpur.

PHANG, S.M. & ONG, K.C. 1988. Algal biomass production in digested palm oil mill effluent. — *Biol. Wastes,* **25**:177-191.

PULLIN, R.S.V. & SHEHADEN, Z.H. (eds.). 1980. Integrated Agriculture - Aquaculture Farming Systems. — ICLARM Conference Proceedings 4, 258 pp.

SCHROEDER, G.L., WOHLFARTH, G., ALKON, A., HALEVY, A. & KRUEGER, H. 1990. The dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures. — *Aquaculture,* **86**(2/3): 219-229.

SOONG, M.K. 1955. Fish culture in paddy fields in the Federation of Malaya. — FAO International Rice Commission, 4th Session (Tokyo, 1954), IPFC/CSS/CP 26, 5 pp. (mimeo).

TAN, S.P. 1973. The significance of sump-pond in harvesting paddy-field fishes in North Kerian, Perak. — Malay. nat. J., **26**:26-31.

TAN, C.E., CHONG, B.I., SIER, H.K. & MOULTON, T.P. 1973. A report on paddy and paddy field fish production in Kerian, Perak. — Min. Agric. Fish., Kuala Lumpur, report No. 28.

VAN HOVE, C. & RUELLE, J.E. 1989. *Azolla,* ses emplois multiples, son intérêt en Afrique. — FAO, 53 pp.

VINCKE, M.M.J. 1988. Developing productive systems under village conditions. — *In:* KING, H.R. & IBRAHIM, K.H. (eds.), Proc. Commonwealth Consultative Workshop on Village Level Aquaculture Development in Africa (Freetown, 14-20 february 1985). Commonwealth Secretariat, London, pp. 39-57.

VINCKE, M.M.J. 1992. Integrated farming of fish and livestock: Present status and future development. — *In:* MUKHERJEE, T.K. *et al.* (eds.), Proceedings FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production Systems (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute of Advanced Studies, Univ. of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 27-34

WETCHARAGARUN, K. 1980. Integrated agriculutre-aquaculture farming studies in Thailand with a case study on chicken-fish farming. — *In:* PULLIN, R.S.V. & SHEHADEH, Z.H. (eds.), Integrated Agriculture-Aquaculture farming Systems. ICLARM Conference Proceedings 4.

WOYNAROVICH, E. 1979. The feasibility of combining animal husbandry with fish farming with special reference to duck and pig production. — *In:* PILLAY, T.V.R. & DILL, W.A. (eds.), Advances in aquaculture. Fishing News Books, Farnham, England, pp. 203-208.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 153 - 177 (1995)

Original : Anglais

UNE APPROCHE DE LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN VUE DU DÉVELOPPEMENT DE SYSTÈMES INTÉGRÉS D'EXPLOITATION AGRO-AQUACOLE *

PAR

Clive LIGHTFOOT & Roger S.V. PULLIN**

RÉSUMÉ. — L' analyse des écosystèmes agricoles et la recherche privilégiant la participation des paysans fournissent les bases d' une approche de la Gestion Intégrée des Ressources (GIR) en vue du développement des systèmes intégrés d'exploitation agro-aquacole. Cette approche vise à atteindre davantage que les quelques pisciculteurs existant actuellement et à trouver des rôles supplémentaires pour l' aquaculture en vue de restaurer les environnements agricoles dégradés et d' améliorer le niveau économique de nombreux petits exploitants. L'objectif poursuivi par le GIR est d'établir un protocole de recherche à participation paysanne qui amène paysans et chercheurs à transformer ensemble les systèmes d'exploitation agricole actuels des paysans pauvres en systèmes intégrés agro-aquacoles. Cette transformation des systèmes d'exploitation agricole est effectuée par: l'identification des ressources naturelles; la modélisation des flux expérimentaux de ressources biologiques, la réhabilitation des ressources naturelles, l'accroissement des exploitations agricoles; et l'évaluation des résultats du point de vue du rendement et de la viabilité. L'élément essentiel de ce processus est constitué par la modélisation des flux de ressources biologiques. Ces modèles amènent paysans et chercheurs à discuter des voies et moyens à mettre en oeuvre pour intégrer l'aquaculture (et d'autres entreprises) dans les systèmes d'exploitation agricole existants. Les modèles expérimentaux sont conçus et mis en oeuvre par des paysans bénéficiant d'un support approprié en matière de

---

*ICLARM Contribution No. 1079.

** International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), MCPO Box 2631, 0718 Makati, Metro Manila (Philippines).

recherche et de vulgarisation; la transformation qui en résulte est suivie et évaluée. L'évaluation couvre tant les performances économiques que les indicateurs de viabilité tels que la diversité des espèces, le recyclage des ressources biologiques, la capacité de production des ressources naturelles et le rendement économique. Des études de cas effectuées au Bangladesh, au Malawi, au Ghana et aux Philippines illustrent une telle évaluation. Alors que les impacts sont impressionnants au niveau de l'exploitation (les revenus nets ont augmenté de plus de 50 %, sauf au Malawi où la sécheresse et une dévaluation ont limité l'accroissement à un niveau tout de même élevé de 15 %), les rendements en poisson sont faibles, avec 1 à 2 t/ha et leur contribution aux revenus est réduite, avec moins de 10 %. Néanmoins, pour des paysans pauvres, ces quantités modestes sont appréciables du point de vue nutritionnel. En même temps que l'intégration a entraîné l' accroissement des quatre indicateurs de viabilité, leur comportement s'est révélé plein de dynamisme pendant cette période. Si ces analyses permettent d' accroître notre connaissance des circonstances dans lesquelles l' aquaculture intégrée peut être adoptée, alors un progrès aura été fait. Il y aura également progrès si l' on trouve des rôles supplémentaires pour l'aquaculture en vue de restaurer les environnements agricoles dégradés et d'améliorer le niveau économique des petits exploitants.

Introduction

L'approche du développement de l'aquaculture intégrée basée sur la Gestion Intégrée des Ressources (GIR) poursuit un objectif différent de celui des approches classiques. Plutôt que de chercher à développer des systèmes d'aquaculture intégrés améliorés pour les pisciculteurs, l'approche basée sur la GIR vise à développer des systèmes pour les "nouveaux candidats" parmi les classes les plus pauvres de paysans vivant dans des environnements moins propices. L'objectif traditionnel de l'aquaculture - pallier le recul des prises des lieux de pêche - a été abandonné. En lieu et place, la GIR cherche à réhabiliter les ressources hydriques et à augmenter les revenus et la sécurité alimentaire du petit exploitant. Par le passé, la recherche a généré des connaissances et techniques en vue de maximiser la productivité des poissons dans des systèmes intégrés. Par contraste, l'approche GIR accumule les connaissances et techniques en vue d' une utilisation durable des ressources aquatiques. Enfin, plutôt que de recourir aux processus classiques de transfert des technologies pour le développement de systèmes d'aquaculture intégrés, la GIR fait appel à la participation des paysans.

Deux lignes relativement récentes de recherche scientifique, l'analyse des agro-écosystèmes et la recherche en participation avec le paysan, jettent les bases de l'approche GIR. L'idée que les personnes

rurales devraient participer au développement remonte aux années 1980. Les classiques de cette période sont 'People Centered Development' de Korten, 'Local Organizations' d'Esman et Uphoff, et 'Getting ahead Collectively' de Hirschman. (KORTEN & KLAUSS 1984, HIRSCHMAN 1984, ESMAN ET UPHOFF 1984). Les chercheurs agricoles, en particulier ceux qui ont développé des techniques d' "Évaluation rapide", ont rapidement exploré ces idées. Les premiers travaux de Collinson, Carruthers & Chambers, Grandstaff & Grandstaff, Hildebrad et Rhodes, ont débouché sur deux volumes classiques sur l' Évaluation rurale rapide: l'un de l'université de Khon Kaen, et l'autre, dans le périodique *Agriculture Administration.* (Khon Kaen University 1987, PEARCE & JONES 1981).

L'idée de la recherche participative avec le paysan est née des expériences d'Evaluation rurale rapide. L'essence de la recherche participative est de donner aux petits exploitants un rôle de premier plan dans le développement de la technologie agricole. Ces idées ont été rassemblées dans un numéro spécial du périodique *Experimental Agriculture,* dans le classique de Chamber 'Farmer First' et, plus récemment, dans 'Joining Farmers'Experiments' de Haverkort, van der Kamp et Waters-Bayer (J. FARRINGTON 1988, CHAMBERS *et al.* 1989, et HAVERKORT *et al.* 1991). Aujourd'hui, ces méthodes de recherche participative sont appliquées dans de nombreux domaines de l'agriculture, de la sylviculture ainsi que dans la recherche et le développement de la pisciculture.

Il y a une dizaine d'années, Conway avait élaboré un cadre d'analyse des agro-écosystèmes pour comprendre les écosystèmes agricoles (CONWAY 1985). Cette analyse proposait un moyen de structurer la description des systèmes d'exploitation en se fondant sur des facteurs tels que la productivité, la stabilité, la faisabilité et l'équité d'un point de vue écologique (CONWAY 1987). Les transects de types de terrains élaborées par Conway allaient au-delà des transects de sols et de cultures antérieurs, ajoutant les problèmes des exploitants, puis les opportunités et les activités d'élevage. La figure 1 compare les premières transects retrouvés dans le classique de Ruthenburg "Farming Systems in the Tropics" avec les transects de Conway (RUTHENBURG 1976). Durant la période intermédiaire, l'analyse des agroécosystèmes, qui s'est rapidement popularisée par le biais d'une évaluation rapide, ne s'est pas beaucoup écartée de ses objectifs essentiellement descriptifs (CONWAY *et al.* 1987, SAJISE & RAMBI 1985, CUC *et al.* 1993).

Nous avons appliqué ces lignes de recherche à l'intégration de

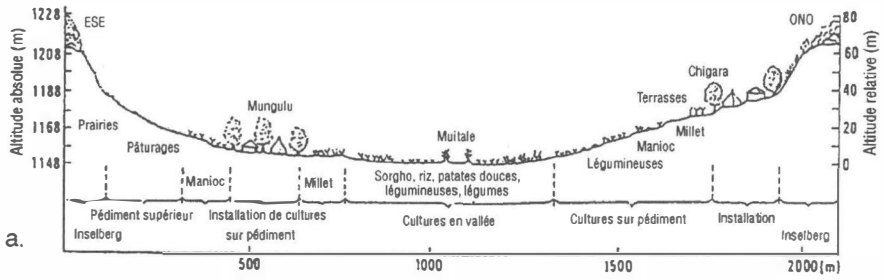
l'agriculture et de l'aquaculture (LIGHTFOOT 1990) et avons apporté deux ajouts importants.

Premièrement, nous avons élargi les types de terrains à prédominance pédologique des transects agro-écosystémiques pour inclure les ressources hydriques sous l'intitulé général de types de ressources naturelles. Alors que nos types de ressources naturelles présentent de nombreuses similitudes avec les types d'utilisation des terres des planificateurs, ils sont en fait basés sur les catégories indigènes. On emploie des catégories indigènes parce qu'elles permettent de développer un langage commun entre les scientifiques et les paysans. Un lien entre l'analyse de l'agro-écosystème et la participation des paysans est également établi. En outre, ces catégories commencent également à suggérer un cadre commun pour comparer les systèmes d'exploitation dans leur globalité.

Deuxièmement, nous avons été au-delà de la structuration descriptive des transects de l'agro-écosystème et avons développé des modèles de flux de bioressources pour élucider les ressources biologiques qui permettent l'intégration de l'aquaculture dans les systèmes d'exploitation. Par ailleurs, toute une série de paramètres de performance ont été dérivés de ces modèles (LIGHTFOOT *et al.* 1993a). Nous avons également montré comment les indicateurs des performances économiques et écologiques peuvent être dérivés. Les exploitants traçant eux-mêmes ces modèles, un langage commun s'instaure entre les scientifiques et les paysans, ce qui leur permet de réfléchir à la manière dont les nouvelles technologies peuvent être intégrées dans les systèmes d'exploitation existants. Dans le cas présent, les nouvelles technologies concernent la réhabilitation des ressources hydriques et la pisciculture. Dans le cadre d'alliances adéquates, cependant, cette réflexion ne doit pas nécessairement se limiter à ces deux domaines de la technologie.

Découvrir de nouveaux rôles à l'agriculture

Pourquoi est-il à présent nécessaire d'impliquer les paysans et d'étudier les types de ressources naturelles non associés à l'aquaculture? A cette question, nous répondrons tout simplement qu'il faut résoudre un vieux problème et relever un nouveau défi. Le vieux problème, ce sont les performances décevantes de l'aquaculture intégrée dans les petites exploitations. Trop souvent, l' aquaculture intégrée "en station", conçue par les scientifiques, n'a pas été incorporée dans les systèmes d'exploitation existants des petits paysans. Par ailleurs, les systèmes d'aquaculture intégrés





	Reliefs	Rizière supérieure	Rizière inférieure	Rizière supérieure	Reliefs
Sols	Paleustult	Paleaquult/ Paleustult	Paleaquult		
Cultures	Manioc Chanvre Canne à sucre Pastèque	Manioc Riz	Riz suivi de légumes		
Problèmes	Sécheresse Erosion	Pénurie d'eau	Inondations occasionnelles		

Fig. 1 — Comparaison de première et dernière vues en coupe d'un agroécosystème
a. Profil d'une séquence de culture en chaîne dans le Nord de Singapour (d'après Ho 1964) (Source: RUTHENBURG 1976).
b. Vue en coupe d'un mini-bassin hydrographique dans le nord-est de la Thaïlande (Source: CONWAY 1985).

ont été poussés au-delà des moyens économiques des petits exploitants, afin d'obtenir de hauts rendements piscicoles (EDWARDS *et al.* 1988, PULLIN & PREIN 1994). Plus récemment, on s'est rendu compte que les petits exploitants n'adoptent pas l'aquaculture uniquement pour les poissons en tant que denrée comestible et commercialisable au même titre que le riz ou le maïs. Prestige, hobby, esthétique sont autant d'autres facteurs qui ont motivé le comportement d'adoption (GUPTA 1992, HARRISON 1994). C'est pourquoi la conception de systèmes agro-piscicoles intégrés pour les petits exploitants exige leur participation.

Le nouveau défi est d'atteindre les exploitants au-delà des quelques pisciculteurs existants et de trouver de nouveaux rôles à l'aquaculture en

matière de réhabilitation d'environnements agricoles dégradés et d'amélioration du statut économique de nombreux exploitants. Le nouveau but étend les avantages économiques et écologiques de l'aquaculture intégrée aux paysans plus pauvres vivant dans des environnements moins favorables. En général, les économistes en aquaculture n'englobaient pas ces avantages dans leur analyse, même s'ils avaient connaissance de l'existence des ces avantages (HATCH & ENGLE 1987). A plus large échelle, le but de la GIR serait d'assurer à l'aquaculture un rôle dans la production alimentaire dans les régions tropicales, confrontée à plusieurs défis, ainsi que le souligne la Banque mondiale (WORLD BANK 1994).

> Un premier défi consiste à répondre durablement à la demande alimentaire d'une population croissante. Comment et où intensifier la production agricole? Comment encourager les petits exploitants à procéder de la sorte? Est-il possible de court-circuiter les technologies dites 'basées sur le pétrole' en passant directement à des systèmes de production agro-biologique écologiquement et économiquement plus viables?

Le rôle supplémentaire des chercheurs en aquaculture serait dès lors d'aider les petits exploitants à déterminer où et comment des systèmes intégrés d'exploitation agro-aquacole pourraient être transformés en un système de production agrobiologique écologiquement et économiquement plus viable.

La GIR en pratique

La GIR implique les paysans dans un processus de réhabilitation des ressources hydriques et d'intégration de l'aquaculture dans des systèmes d'exploitation continus. Le processus de recherche participative en collaboration avec les paysans suit les quatre étapes suivantes:

- Premièrement, nous identifions les types de ressources naturelles;
- Deuxièmement, nous expérimentons des techniques de réhabilitation et d'intégration;
- Troisièmement, nous contrôlons la transformation du système d'exploitation;
- Quatrièmement, nous évaluons les performances du système aux niveaux de l'activité, du type de ressources naturelles et de l'exploitation.

Expliquons à présent les étapes du processus de recherche participative pour la transformation des systèmes d'exploitation existants en systèmes intégrés d'exploitation agro-piscicole.

IDENTIFICATION

Toutes les catégories indigènes des types de ressources naturelles dans la zone visée (aux niveaux du bassin, du village ou de l'exploitation) sont identifiées. Au niveau de l'exploitation, l'identification va au-delà des types de ressources naturelles affectées à l'aquaculture intégrée pour englober tous les usages domestiques. Par ailleurs, l'identification ne se limite pas à une énumération des catégories et à une caractérisation des ressources pédologiques et hydriques, mais inclut également la définition de leur utilisation par des entreprises et les droits d'utilisation qui s'appliquent au ménage. La figure 2 illustre un exemple de transect de types de ressources naturelles au niveau du village.

L'élaboration de ces transects n'est ni compliquée, ni très longue. Dans un programme d'évaluation rapide, une journée peut suffire pour élaborer des vues en coupe du bassin hydrographique ou du village. Les transects peuvent être préparées au niveau de l'exploitation tout simplement en choisissant les types de ressources naturelles et les activités de l'exploitation. En général, on procédera de la manière suivante: avec un groupe d'exploitants, on se promènera dans la zone concernée et on leur demandera le nom du terrain particulier sur lequel ils se trouvent. La détermination de l'étendue du type de ressource naturelle mène le groupe à un autre type de ressource. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que tous les types de ressources naturelles soient couverts. Une fois l'exploration terminée, le groupe se réunit pour tracer le profil de chaque type de ressource naturelle, en notant leurs attributs et en répertoriant les activités couvrant toutes les saisons. La compilation de tous les profils englobe la procédure d'élaboration d'un transect. Ces méthodes sont plus amplement détaillées dans divers manuels (p.ex. CONWAY *et al.* 1987, LIGHTFOOT *et al.* 1989, KHAN *et al.* 1990; MASCARENHAS *et al.* 1991).

Par le passé, les chercheurs en aquaculture ont utilisé des transects (p.ex. BARBIER *et al*, 1985; LITTLE & MUIR, 1987). La figure 3 illustre quelques-unes de ces utilisations. Ces transects reproduisent principalement les détails topographiques et l'emplacement des activités. Les cours d'eau et quelques autres caractéristiques topographiques sont également illustrés, mais ils le sont à simple titre indicatif.



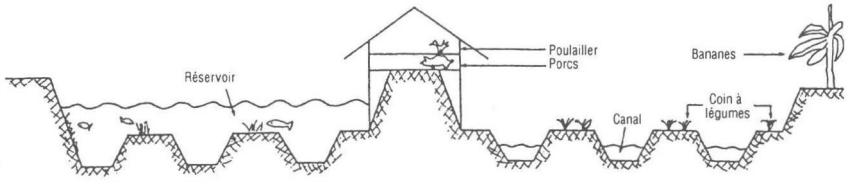
Type de ressource naturelle	Appellation locale	Salog	Bahayan	Palay-isdaan
	Appellation commune	Relief	Ferme	Riz-poisson
	Type	Relief	Ferme	Plaines
	Topographie	Pente douce	Plat	Plat
	Accès	Accès exclusif	Accès exclusif	Accès exclusif
	Valeur ($)	P 300.000	P 150.000	P 50.000
	Superficie (ha)	0.500	0,0500	0,1000
Type de sol	Appellation locale	Lagkit itim	Labong itim	Malagkit
	Appellation commune	Argile noire	Limon noir	Argile
	Texture	Argile	Limon	Argile
	Qualité actuelle			
Ressource hydrique	Source principale	Réservoir	Puits	Puits
	Source secondaire	Précipitations	Précipitations	Précipitations
	Disponibilité	Saisonnière	Saisonnière	Saisonnière
	Conservation en réservoir	Non applicable	Non applicable	6
	Qualité actuelle			
Activité	Cultures	Riz (Palay)		Riz
	Légumes		Luffa, concombre, gingembre	
	Arbres	Gliricidia (Kakawate)	Taramin, Ipil-ipil	
	Fourrage	Napier (Napyer)		Napier (Napyer)
	Bétail		Buffles d'eau, porcs, chèvres	
	Volaille		Poulets	
	Plantes aquatiques			
	Animaux aquatiques			Tilapia, limaces dorées

Fig. 2.— Vue en coupe des types de ressources naturelles préparée par l'exploitation

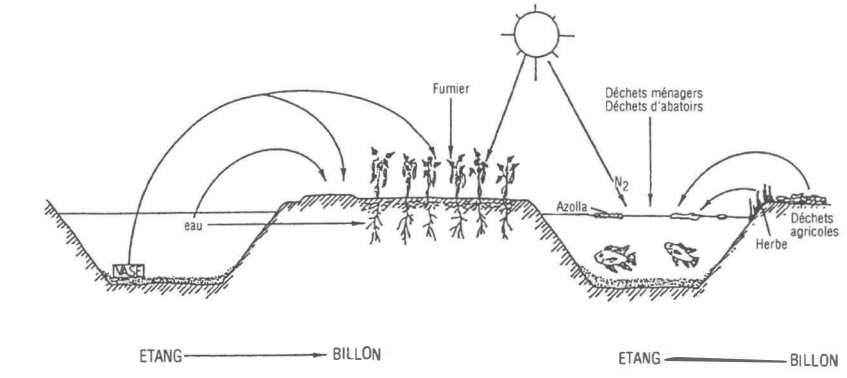
EXPÉRIMENTATION

Les conceptions expérimentales de systèmes intégrés d'exploitation agro-aquacole sont préparées avec les paysans à l'aide de modèles de flux de ressources biologiques. La modélisation des flux de ressources biologiques offre aux exploitants et aux scientifiques un support de réflexion pour la mise au point de techniques de réhabilitation des ressources hydriques et d'intégration de l'aquaculture et d'autres activités dans des systèmes d'exploitation continus. L'exemple de la Figure 4

a.



b.



c.

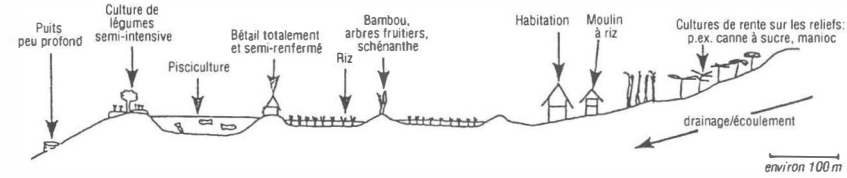


Fig. 3. — Transects utilisés en recherche aquacole.
a. Petite exploitation intégrée dans le centre de la Thaïlande
Source: LITTLE & MUIR 1987.
b. Fonctionnement d'un site agro-piscicole.
Source: BARBIER, KALIMANZIRA & MICHA 1985.
c. Système multi-composant utilisé dans des conditions pluviales dans le nord-est de la Thaïlande
Source: LITTLE & MUIR 1987).

montre des flux existants et des flux expérimentaux associés à l'intégration de l'aquaculture. Le modèle montre également comment un type de ressource naturelle en plaine a été amélioré pour inclure un petit réservoir pour poissons.

Les modèles des flux de bioressources expérimentaux sont préparés dans le cadre d'un atelier de deux à trois jours. Les organisateurs chargés

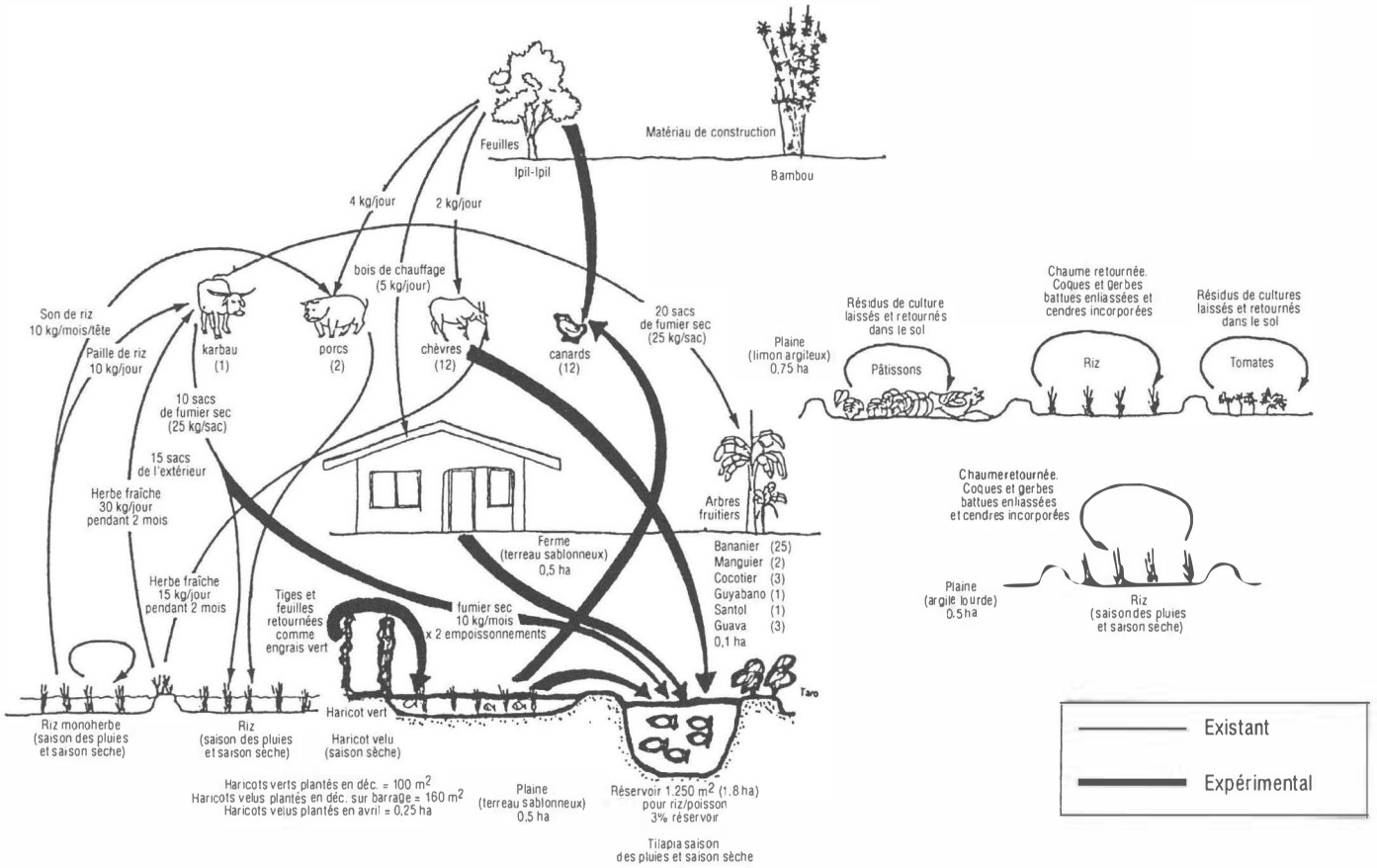
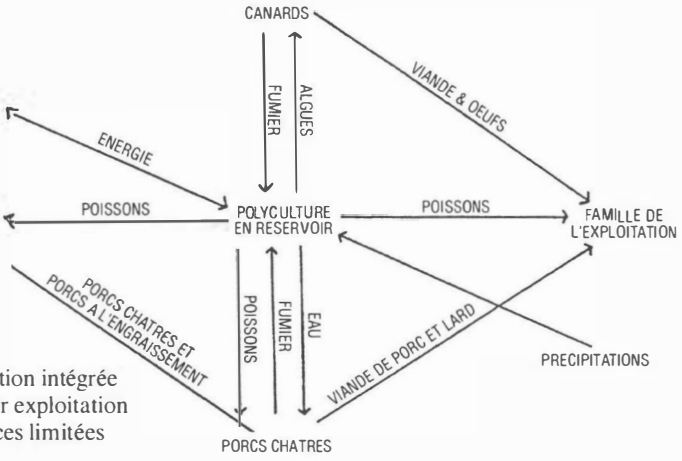


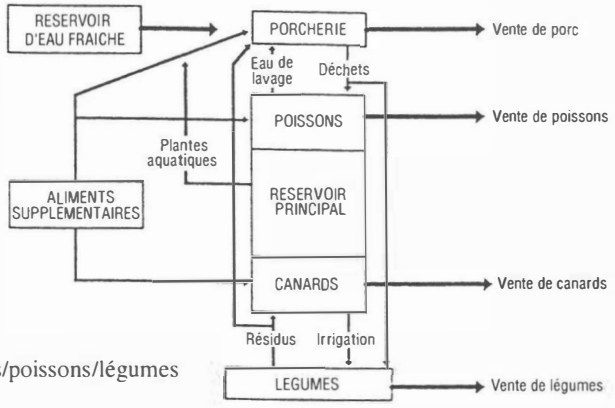
Fig. 4 — Modèle expérimental de flux de ressources biologiques

d'identifier les participants à l'atelier et d'élaborer le programme de ce dernier doivent veiller à atteindre les exploitants-cibles. Il peut souvent être utile de distribuer, lors de ces ateliers, un bref questionnaire axé sur le profil de l'exploitant. Les procédures permettant d'amener les exploitants à tracer les modèles des flux de bioressources sont détaillées par ailleurs par LIGHTFOOT *et al.* (1991a et 1991b). Une fois que les transects des types de ressources naturelles leur ont été expliqués, il est relativement simple, pour les paysans, de préparer des modèles de flux de bioressources de leurs systèmes d'exploitation existants. Ces modèles fournissent aux exploitants et aux scientifiques une base de discussion pour déterminer comment les technologies de réhabilitation des ressources hydriques et d'intégration de l'aquaculture peuvent être adaptées à leurs systèmes. Les débats conduits dans ces ateliers sont étayés par des visites aux exploitations et aux stations de recherche. Ces ateliers aboutissent à quatre résultats: idées pour adoption immédiate, idées pour expérience en milieu réel, idées pour recherche en station, et feed-back pour les décideurs politiques. Les expériences conduites au Ghana et au Malaŵi sont discutées par NOBLE & COSTA-PIERCE (1992), OFORI *et al.* (1993) et LIGHTFOOT & NOBLE (1993).

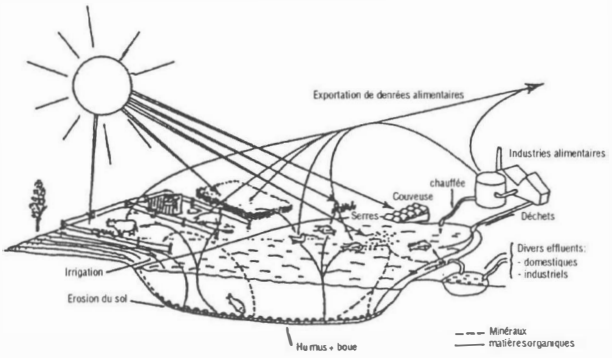
Depuis quelque temps, les modèles de flux de bioressources caractérisent la recherche sur l'aquaculture intégrée (BILLARD 1986, ENGLE 1987, LITTLE & MUIR 1987, DEVENDRA 1993, EDWARDS 1993, RUDDLE *et al.* 1983). On relève des formes simples et complexes de modèles de flux de bioressources. Les modèles simples, comme certains de ceux illustrés à la Figure 5, reproduisent les activités et les flux principaux dans des cases, des champs libres ou sous la forme de dessins. Alors que ces modèles décrivent les systèmes, ils ne contiennent guère d'informations. Les modèles plus complexes contiennent davantage d'informations sur les composants et les flux. Tous ces modèles servent un but non analytique; ils ne contiennent que les flux et les activités directement impliqués dans l'intégration et ils sont largement incompréhensibles pour les paysans. Néanmoins, ces modèles ne s'écartent pas tellement de nos modèles. Il ne faut guère plus de temps pour identifier les types de ressources naturelles, englober toutes les activités et tous les flux de manière à pouvoir dériver de nouveaux paramètres de performance économique et écologique.



Système de production intégrée bétail/poissons pour exploitation familiale à ressources limitées (ENGLE 1987)



Système intégré porcs/poissons/légumes (DEVENDRA 1993)



Interrelation de l'aquaculture avec l'agriculture (BILLIARD 1986)

Fig. 5. — Comparaison de flux simples et complexes des ressources biologiques en aquaculture intégrée.

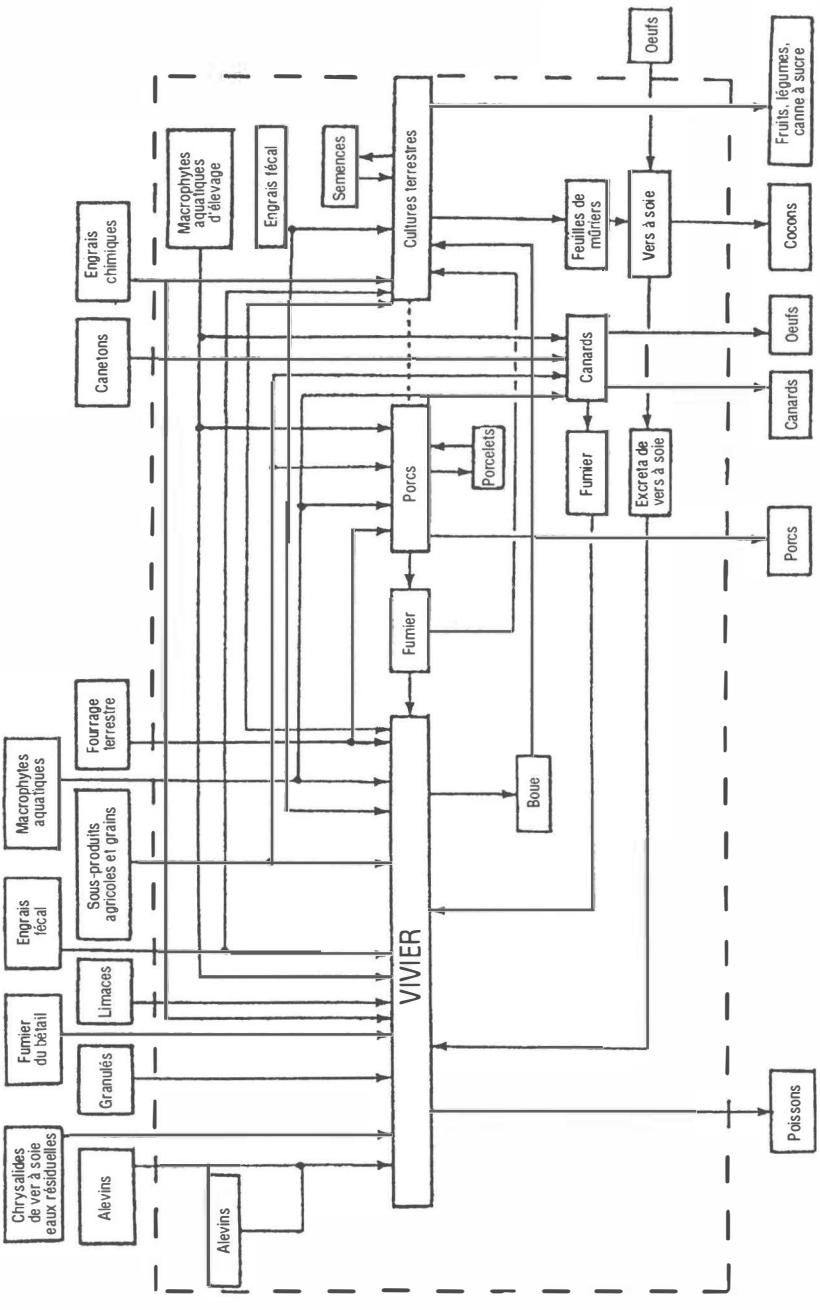


Fig. 5 (suite). — Systèmes intégrés à composants multiples (LITTLE & MUIR 1987)

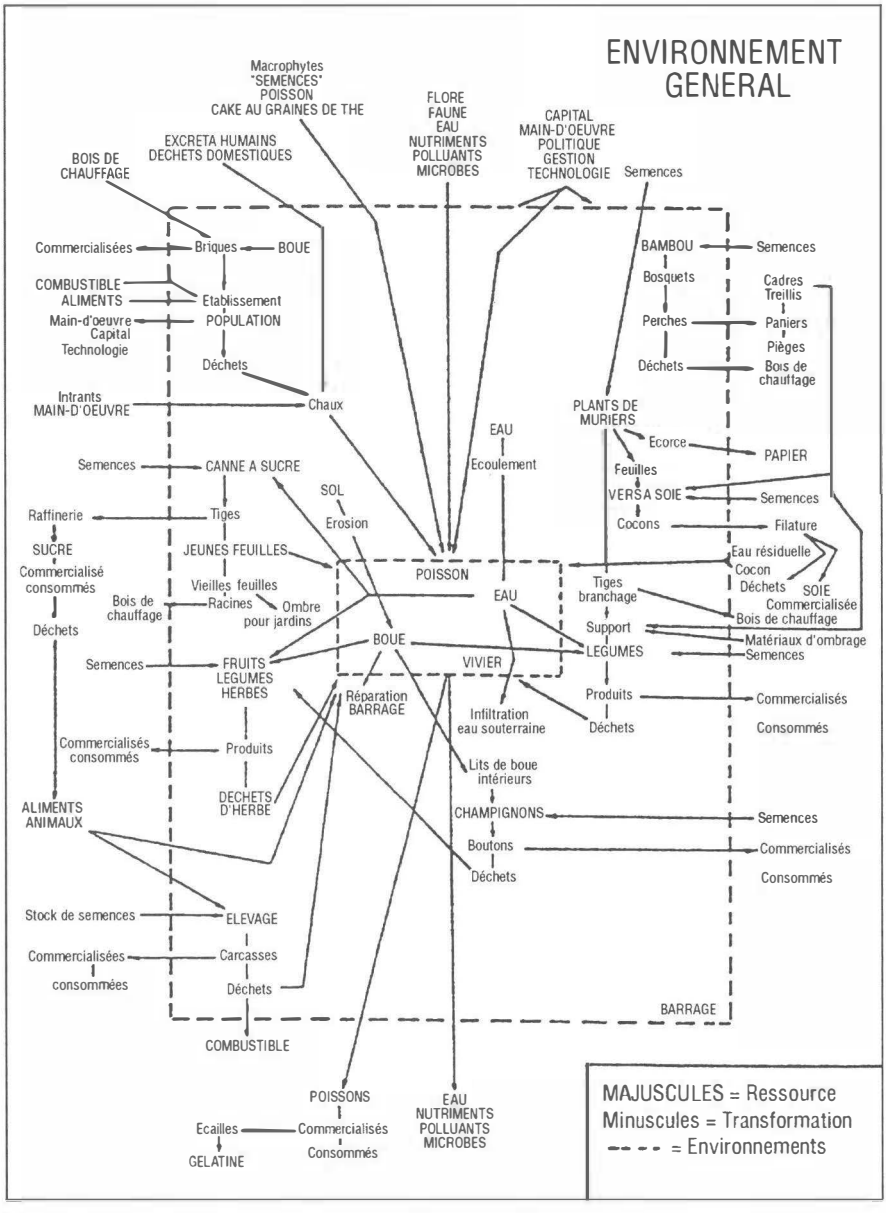


Fig. 5 (suite). — Système de barrage-réservoir de carpes associé à la culture de mûriers dans le delta de la Rivière des Perles (Zhujiang), Chine.
(RUDDLE *et al.* 1983)

CONTRÔLE

Comme les modèles expérimentaux sont mis en oeuvre par des exploitants qui peuvent compter sur un support de recherche et de vulgarisation approprié, la transformation de l'exploitation qui en résulte est contrôlée par les exploitants eux-mêmes. Les données enregistrées ici sont des données de rappel fournies par les exploitants. Le contrôle et l'évaluation participatifs constituent une méthode de collecte de données qualitatives. Ces données doivent donc être utilisées avec prudence. Si nécessaire, les chercheurs pourront compléter ces données au moyen de données quantitatives de leur propre cru. Le processus d'appariement des évaluations qualitatives des exploitants et des évaluations quantitatives des scientifiques fournira, à notre avis, des indications très utiles pour améliorer la gestion des ressources naturelles.

Les paysans quittent l'atelier d'expérimentation avec des plans détaillés des facteurs de production et du support technique pour leurs modèles expérimentaux de flux de ressources biologiques. Ces modèles dessinés sur de grandes feuilles de papier contiennent également un ensemble de données minimum pour chaque activité et chaque flux. Les listes variables de cet ensemble de données minimum sont reprises au tableau 1. Travaillant en groupes ou avec des paysans pris individuellement, l'équipe de recherche effectue deux ou trois visites par saison pour aider les exploitants à placer les données sur le schéma de contrôle. Ces méthodes sont plus amplement détaillées par ailleurs (LIGHTFOOT *et al.* 1993b).

ÉVALUATION

L'évaluation combine les données des profils des exploitants, des transects et du schéma de contrôle. Les données obtenues sont analysées à trois niveaux: pisciculture ou autre activité, type de ressource naturelle et système d'exploitation. Les données issues d'études de cas d'exploitations au Bangladesh, au Ghana, au Malaŵi et aux Philippines sont reprises au tableau 2. Ces études de cas isolées servent uniquement à illustrer l'analyse. Au niveau de l'activité, la production et le rendement piscicoles de même que leur contribution aux revenus et coûts de l'exploitation sont examinés. Le tableau 2 montre que la production et le rendement piscicoles sur une année sont faibles et variables. La contribution de la pisciculture au revenu net ne dépasse jamais 10% et peut être négative. Sa contribution au revenu en espèces est cependant légèrement supérieure. D'autre part, la pisciculture n'augmente pas tellement les coûts totaux.

Tableau 1
Listes des variables d'ensembles de données minimums pour le suivi de l'expérience

FLUX INTERNES	Appellation locale Appellation commune Valeur totale Quantité
INTRANTS ET RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION	
Intrants en espèces	Matériaux extérieurs Main-d'oeuvre louée Loyers, honoraires & prêts
Intrants non payables en espèces	Matériaux extérieurs Main-d'oeuvre louée Loyers, honoraires & prêts Main-d'oeuvre familiale
Productions principales de l'exploitation	Vendues Consommation domestique Stockées/transformées en stocks Autres
Sous-produits de l'exploitation	Vendus Utilisées dans l'exploitation Autre

Tableau 2
Exemples d'analyse du rendement piscicole

Pays	saison	Surface réservoir (m^2)	Product. poissons (kg)	Rendem. piscicole (kg/m^2)	Part en % du:			
					Revenu brut	Coût total	Revenu net	Revenu net en espèces
Bangladesh	DS92-WS93	600	57	0.1	7	1	9	11
Ghana	DS92-WS93	100	60	0.6	1	8	0	2
Malawi	DS92+WS93	500	15	0.03	4	21	1*	13
Philippines	WS92-DS93	300	113	0.4	5	3	7	néant

1* le revenu net de l'ensemble de l'exploitation est négatif.

Les performances économiques des types de ressources naturelles, tant existantes qu' expérimentales, sont illustrées au tableau 3 pour le Bangladesh, le Ghana, le Malawi et les Philippines. Ce tableau montre quels types de ressources naturelles génèrent les revenus les plus importants et quels sont ceux les plus coûteux à exploiter. Les plaines et marécages tendent à afficher les revenus et les coûts les plus élevés. Dans tous les cas, à l'exception du Bangladesh, l'impact le plus frappant de l'expérience d'intégration est l'ajout d'un nouveau type de ressource: l' étang de pisciculture.

Le tableau 3 illustre les performances économiques de l'ensemble du système d'exploitation. L'impact de l'intégration est nettement plus visible ici. Les revenus nets ont augmenté de plus de 50%, sauf au Malaŵi où l'augmentation des revenus a été limitée à 15% en raison d'une dévaluation de 20% assortie d'une période de secheresse. Par une telle année de sécheresse, où la stabilisation des revenus demeure l'objectif premier, ce résultat peut être taxé de très satisfaisant. Dans la zone du projet, les exploitations qui ont intégré des étangs font figure d'oasis comparativement à leurs environs, même au plus fort de la sécheresse, lorsque ces étangs se sont aussi asséchés. L'eau et l'humidité du sol ont largement contribué aux bonnes performances des exploitations dans ces conditions extrêmes. Le fait que l'intégration d'un étang n'augmente guère les coûts totaux constitue un argument supplémentaire en sa faveur. En fait, ces coûts ont même diminué au Bangladesh et au Malaŵi.

Nous élargissons également l'évaluation de l'aquaculture intégrée à l'analyse des indicateurs de viabilité pour l'ensemble du système d'exploitation par le biais de schémas à quatre voies ou diagrammes en losange de la diversité des espèces, du recyclage des bioressources, de la capacité de production du type de ressource naturelle et du rendement économique. La diversité des espèces compte simplement le nombre d'espèces utilisées. Le nombre de flux de bioressources fournit la valeur du recyclage des bioressources. La production de biomasse totale provenant de tous les types de ressources naturelles est utilisée pour estimer leur capacité "de production". La rentabilité économique est estimée à l'aide d'un rapport coût/bénéfice. Des exemples de ces analyses sont repris pour les quatre exploitants soumis à une étude de cas à la figure 6. Dans pratiquement tous les scénarios, l'intégration augmente les indicateurs de viabilité.

Les changements des indicateurs de performances au fil du temps sont peut-être plus importants que les comparaisons pour comprendre la viabilité. Des schémas retraçant l'évolution dans le temps des indicateurs économiques et de viabilité aux Philippines sont illustrés à la figure 7. Alors que les expériences d'intégration ont engendré une progression de ces indicateurs, on constate également qu'ils affichent un comportement plus dynamique.

La procédure d'évaluation n'est pas terminée tant que les résultats ne sont pas rapportés aux exploitants. A cet effet, des tableaux de résultats sont présentés graphiquement sous la forme d'histogrammes, de schémas à quatre voies ou losanges et de graphiques d'évolution dans le

Tableau 3

Exemples d'analyse des performances économiques aux niveaux du type de ressource naturelle et du système d'exploitation

	Existant				Experimental*			
	Revenu brut	Coût Total	Revenu net	Revenu net en espèces	Revenu brut	Coût Total	Revenu net	Revenu net en espèces
	en U.S. $							
BANGLADESH								
Plaines inondées	183	55	128	-44	352	144	208	75
Plaines	431	254	177	-13	142	73	69	-28
Ferme	84	88	-4	-6	358	82	276	248
Étang	69	8	61	38	60	4	56	37
Ensemble de l'expl.	**767**	**405**	**362**	**-25**	**912 (19%)**	**303 (-25%)**	**609 (68%)**	**332 (1428%)**
GHANA								
Plaines	921	27	894	600	1481	63	1418	889
Moyennes terres	566	200	366	403	819	135	684	637.5
Ferme	167	12	155	132	22	47	-25	9
Étang	0	0	0	0	202	36	166	192
Cours d'eau	32	0	32	0	0	0	0	0
Ensemble de l'expl.	**1686**	**239**	**1447**	**1135**	**2524 (50%)**	**281 (18%)**	**2243 (55%)**	**1727,5 52%)**
MALAŴI								
Ferme	142	14	128	78	108	18	90	20
Marécages	271	106	165	112	296	26	270	173
Reliefs	205	96	109	-15	205	97	108	-34
Étang	0	0	0	0	32	38	-6	23
Ensemble de l'expl.	**618**	**216**	**402**	**175**	**641 (4%)**	**179 (-17%)**	**462 (15%)**	**182 (4%)**
PHILIPPINES								
Plaines	1019	488	531	262	1246	527	719	325
Fermes	0	185	-185	0	127	192	-65	78
Prairies	173	0	173	0	164	0	164	0
Étang	0	0	0	0	98	37	61	0
Ensemble de l'expl.	**1192**	**673**	**519**	**262**	**1537 (37%)**	**719 (12%)**	**818 (69%)**	**403 (54%)**

* Les chiffres entre parenthèses font référence aux changements en %: expérimental et existant.

temps. Ces graphiques fournissent un support de discussion aux scientifiques et aux exploitants sur la façon d'améliorer les performances économiques et écologiques du système d'exploitation. Associés à de nouveaux diagrammes des flux de bioressources, ils permettent d'apporter des modifications ou de rectifier le tir afin de parvenir à des systèmes d'aquaculture durables.

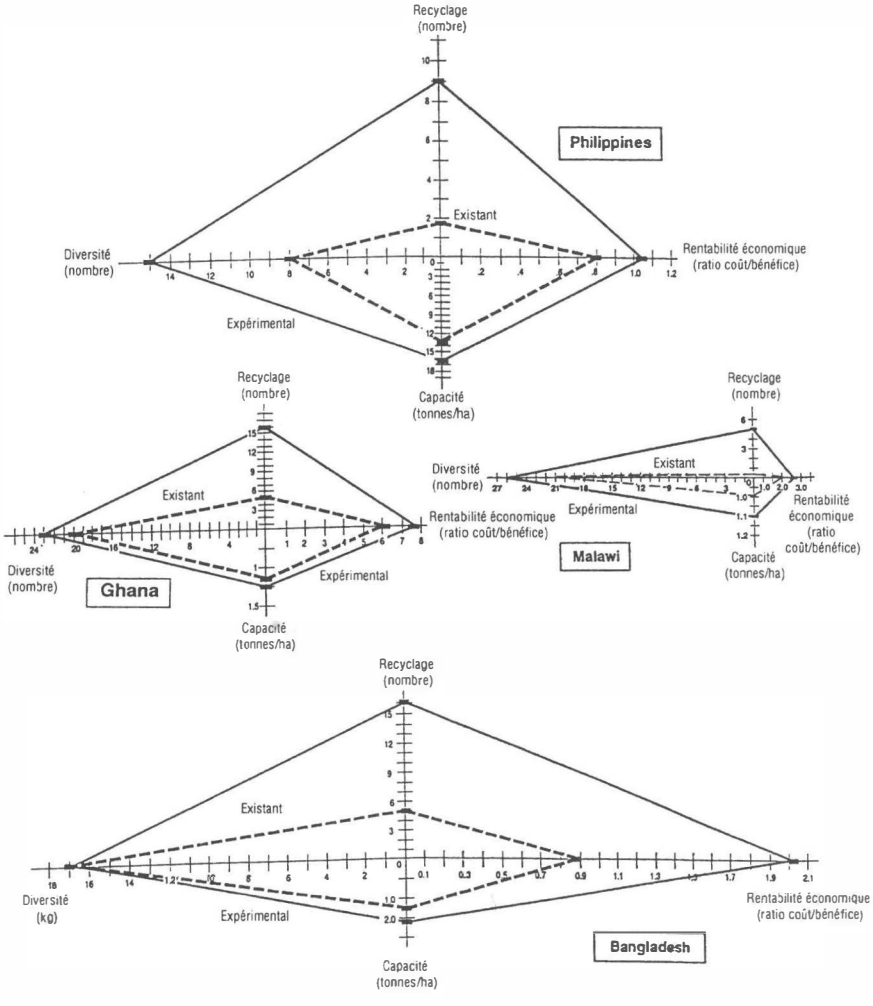


Fig 6. — Schémas en losange des indicateurs de viabilité comparant les systèmes d'exploitation intégrés existants et expérimentaux

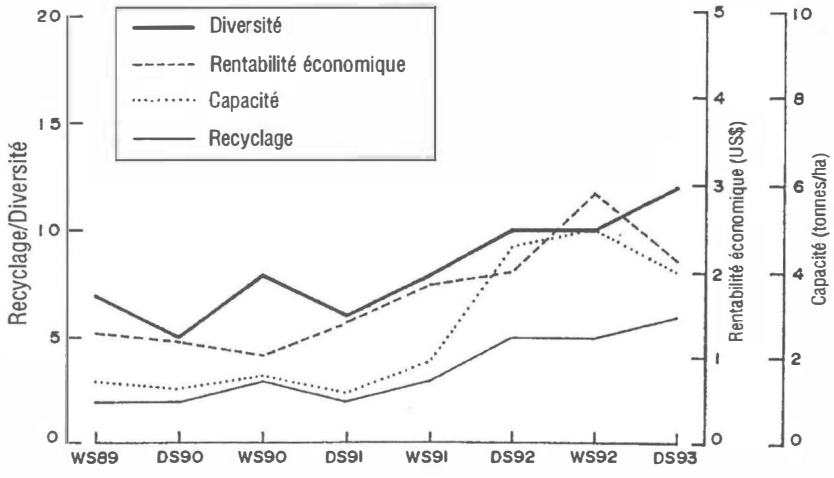


Fig. 7. — Schéma de l'évolution dans le temps des indicateurs de viabilité aux Philippines

Discussion

On pourrait croire, à première vue, que les diagrammes en losange des indicateurs de viabilité n'ont plus aucune commune mesure avec l'analyse classique de l'aquaculture intégrée, mais il n'en est rien. En fait, on a incorporé toutes les activités et tous les flux de bioressources de l'exploitation dans une analyse qui est ventilée par types de ressource naturelle. Ceci fait, la GIR peut fournir un cadre pour réexaminer les travaux antérieurs tout en ne demandant que peu de travaux et de données supplémentaires. Elle peut aider à déterminer l'impact potentiel des essais entrepris dans le contexte des types de ressources naturelles et des systèmes d'exploitation.

De telles analyses peuvent suggérer, comme cela a été le cas dans nos travaux, un impact dépassant le cadre de l' étang. Pullin et Prein ont ainsi fait état de répercussions écologiques en dehors du site ainsi que d'avantages nutritionnels pour les ménages résultant d' une production végétale dérivée de l' étang (PULLIN & PREIN 1994). Au Malawi, le stockage d'eau dans des réservoirs a grandement facilité les objectifs d'augmentation des revenus et de suppression du risque alimentaire. Même lorsque les étangs étaient à sec, les exploitants continuaient à adopter l'aquaculture intégrée (LIGHTFOOT & NOBLE 1993). Si ces

analyses contribuent à élargir nos connaissances des circonstances dans lesquelles l'aquaculture intégrée peut être adoptée, alors nous pouvons affirmer que des progrès auront été réalisés.

Si la GIR garantit la participation de l'exploitant à la conception d'aquacultures intégrées, elle peut faire bien plus encore. Nous avons déjà vu de quelle manière. Pour l'écologue, l'étude de l'impact écologique des systèmes intégrés recouvre de multiples facettes. De même, les travaux menés au Ghana concernant l'impact de l'aquaculture intégrée sur la sécurité alimentaire et la nutrition des ménages révèlent que le spectre de recherche du nutritionniste est très large (RUDDLE, 1993). Quant aux économistes, l'étude de l'impact de l'intégration sur la sécurité des revenus de même que les nombreuses questions en suspens entourant l'évaluation des ressources naturelles et les coûts de faisabilité peuvent remplir leurs agendas de recherche. Les raisons qui incitent les petits exploitants à adopter l'aquaculture s'avèrent de plus en plus complexes à mesure que les sociologues analysent la situation. Comprendre le comportement d'adoption d'un ménage et les aspects d'équité qui entourent l'adoption sont des priorités de la recherche sociologique. Enfin, les expériences de recherche participative avec les exploitants génèrent une demande accrue de nouvelles techniques aquacoles. BRUMMET ET NOBLE (1995) ont démontré comment les expériences avec des réservoirs en station pouvaient être rendues plus utiles pour les réservoirs en milieu réel. NOBLE ET RASHIDI (1992) racontent comment des exploitants ont radicalement changé d'avis à la vue d'expérience d'intégration riz/poisson en station.

Si la GIR doit aider à résoudre de vieux problèmes et à relever de nouveaux défis, elle devra bénéficier des efforts conjugués des exploitants et des chercheurs issus de diverses disciplines. Le défi consiste à trouver parmi les petits exploitants vivant dans des environnements défavorables de nouveaux candidats à l'aquaculture intégrée. La GIR peut-elle aider à jeter un regard nouveau sur d'anciens résultats? Nous sommes certains qu'elle le peut et lançons un appel à la collaboration afin de réhabiliter les ressources naturelles et de rendre les systèmes d'exploitation intégrés viables pour qu'ils soient adoptés par les petits exploitants défavorisés.

REMERCIEMENTS

Cet exposé présente les travaux du Groupe de Gestion Intégrée des Ressources de l'ICLARM. Nous tenons en particulier à rendre hommage aux travaux de M. Prein, au Ghana, R. Noble et R. Brummet, au Malaŵi, M. Ahmed, M.V. Gupta et E. Worby, au Bangladesh ainsi que de P. Dalsgaard, M. Bimbao et T. Lopez aux Philippines. L'ICLARM a reçu pour ces projets le concours de nombreux partenaires d'Instituts nationaux de Recherche et de Vulgarisation et d'ONG et nous tenons à les remercier de leur soutien et de leur engagement, en particulier l'Institut International pour la Réhabilitation Rurale aux Philippines, l'Institut de Recherche sur la Pêche, le Proshika et le BRAC au Bangladesh, l'Institut de Biologie Aquatique et le Mouvement ghanéen pour la Réhabilitation rurale au Ghana et enfin, au Malaŵi, le Ministère de la Pêche et l'Université du Malaŵi.

RÉFÉRENCES

BARBIER, P., KALIMANZIRA,C. & MICHA, J-C. 1985. L'aménagement de zones marécageuses en écosystèmes agro-piscicoles. Le Projet de Kirarambogo au Rwanda (1980-1985). — F.U.C.I.D. Namur, 35pp.

BILLARD, R. 1986. Symbiotic Integration of Aquaculture and Agriculture. — *Fisheries,* **11**(4): 14-19.

BRUMMETT, R. & NOBLE, R.P. 1995. Partenariat de recherche paysan-chercheur et aquaculture intégrée chez les petits exploitants du Malaŵi. — *In:* SYMOENS J.-J. & MICHA J.-C. (éds.) Séminaire "L' aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical" (Bruxelles, 16-19 mai 1994). Centre technique de Coopération agricole et rurale; Académie royale des Sciences d' Outre-Mer, Bruxelles, Ce volume, pp. 479-502.

CHAMBERS, R., PACEY, A. & THRUPP, L.A.. (eds) 1989. Farmer First: Farmer Innovation and Agricultural Research. — IT Publications. London, 218 pp.

CONWAY, G. R. 1985. Agroecosystem Analysis. — *Agricultural Administration,* **20**: 31-55.

CONWAY, G. R. 1987. The Properties of Agroecosystems. — *Agricultural Systems,* **24**: 95-117.

CONWAY, G. R., MCCRACKEN, J. A. & PRETTY, J. N. 1987. Training Notes for Agroecosystem Analysis and Rapid Rural Appraisal. — International Institute for Environment and Development. 2nd edition, 60 pp.

CUC, L.T., GILLOGLY, K. & RAMBO, A. T. (eds.). 1990. Agroecosystems of the Midlands of Northern Vietnam. A Report on a Preliminary Human Ecology Field Study of Three Districts in Vinh Phu Province. Series: Occasional paper (Honolulu, Hawaii, East-West Environment and Policy Institute); **12,** 232 pp.

DEVENDRA, C. 1993. Sustainable animal production from small farm systems in South-East Asia. FAO Animal production and health paper 106. — FAO, Rome, 143 pp.

EDWARDS, P. 1980. A Review of Recycling Organic Wastes in Fish with Emphasis on the Tropics. — *Aquaculture,* **21**: 261-279.

EDWARDS, P., PULLIN, R.S.V. & GARTNER, J.A. 1988. Research and education for the development of integrated crop-livestock-fish farming systems in the tropics. — ICLARM Studies and Reviews 16, ICLARM, Manila, Philippines. 53 pp.

EDWARDS, P. 1993. Environmental Issues in Integrated Agriculture-Aquaculture and Wastewater-Fed Fish Culture Systems. — *In:* PULLIN, R.S.V., ROSENTHAL, H. & MACLEAN, J.L. (eds), Environment and Aquaculture in Developing Countries. ICLARM Conf. Proc. 31, pp. 139-170.

ENGLE, C. R. 1987. Optimal Product Mix for Integrated Livestock-Fish Culture Systems on Limited Resource Farms. — *Journal of the World Aquaculture Society*, **18**(3), 137-147.

ESMAN, M.J. & UPHOFF, N. 1984. Local Organizations: Intermediaries in Rural Development. — Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.

FARRINGTON, J. (ed.) 1988. Experimental Agriculture (Cambridge Univ. Press, Cambridge, England), **24** (Part 3): 269-342.

GUPTA, M.V. 1992. Low-input technologies for rural aquaculture development in Bangladesh. — *In:* Natural Resources Council Aquaculture and Schistosomiasis: Proceedings of a Network Meeting Held in Manila, Philippines. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 26-35.

HARRISON, E. 1994. Digging fish ponds: perspectives on motivation. Paper presented at the ICLARM/GTZ Workshop on 'Aquaculture Policy Options for Integrated Resource Management in SubSaharan Africa, Chancellor College, Zomba, Malawi, 20 pp.

HATCH, U. & ENGLE, C. 1987. Economic Analysis of Aquaculture as a Component of Integrated Agro-Aquaculture Systems: Some Evidence from Panama. — *Journal of Aquaculture in the Tropics*, **2**(2): 93-106.

HAVERKORT, B., VAN DER KAMP, J. & WATERS-BAYER., A. 1991. Joining Farmers' Experiments: Experiences in Participatory Technology Development. — IT Publications. London. 269 pp.

HIRSHMAN, A.O. 1984. Getting Ahead Collectively: Grassroots Experience in Latin America. — Pergamon Press. New York

KHAN, A.M., LAI, C.K., QUADIR, R. & IQBAL ALI, S. 1990. Handbook on Land Use Mapping Resources and Sketch Mapping Techniques for Bangladesh. — Ford Foundation, Dhaka, Bangladesh, 46 pp.

KHON KAEN UNIVERSITY. 1987. Proceedings of the 1985 International Conference on Rapid Rural Appraisal. — Khon Kaen, Thailand. Rural Systems Research and FSR projects.

KORTEN, D.C. & KLAUSS, R. (eds) 1984. People Centered Development: Contributions toward Theory and Planning Frameworks. — Kumarian Press. Connecticut, 333 pp.

LIGHTFOOT, C., AXINN, N., SINGH.,V.P., BOTTRALL, A. & CONWAY, G.. 1989. Training Resource Book for Agro-Ecosystem Mapping. IRRI, Los Baños, Philippines, 40 pp.

LIGHTFOOT, C. 1990. Integration of Aquaculture and Agriculture: A Route to Sustainable Farming Systems. Naga, the ICLARM Quarterly, **13**: 9-12.

LIGHTFOOT, C., FELDMAN, S.& ABEDIN, M.Z. 1991a. Households, Agroecosystems and Rural Resources Management: A Guidebook for Broadening the Concepts of Gender and Farming Systems. — ICLARM Educ. Ser. 12, BARI, Joydebpur, Bangladesh, and ICLARM, Manila, Philippines. 86 pp.

LIGHTFOOT, C., NOBLE, R. P. & MORALES, R. 1991b. Training Resource Book on a Participatory Method for Modelling Bioresource Flows. — ICLARM Educ. Ser. 14. ICLARM, Manila, Philippines, 30 pp.

LIGHTFOOT, C., BIMBAO M.P., DALSGAARD, P.T. & PULLIN, R.S.V. 1993a. Aquaculture and Sustainability through Integrated Resource Management. — *Outlook in Agriculture,* **22** (3): 143-150.

LIGHTFOOT, C., DALSGAARD, P., BIMBAO, M.P. & FERMIN, F. 1993b. Farmer Participatory Procedures for Managing and Monitoring Sustainable Farming Systems. — *Journal of the Asian Farming Systems Association,* **2** (2): 67-87.

LIGHTFOOT, C. & NOBLE,R. 1993. A Participatory Experiment in Sustainable Agriculture. — *Journal for Farming Systems Research and Extension,* **4** (1): 11-34.

LITTLE, D. & MUIR, J. 1987. A Guide to Integrated Warm Water Aquaculture. — Great Britain Institute of Aquaculture, University of Stirling, 238 pp.

MASCARENHAS, J., SHAH,P., JOSEPH, S., JAYAKARAN,R., DEVAVARAM,J. RAMACHANDRAN,V., FERNADEZ, A., CHAMBERS, R.& PRETTY, J. 1991. Participatory Rural Appraisal. — *In:* Proceedings of the Februrary 1991 Banglore PRA trainers workshop. RRA Notes 13. IIED, London, 143 pp.

NOBLE, R.P. & RASHIDI, B. 1990. Aquaculture technology transfer to smallholder farmers in Malawi, Southern Africa. Naga, the ICLARM Quarterly **13**(4): 14-16.

NOBLE, R.P. & COSTA-PIERCE, B. 1992. Aquaculture technology research for smallholder farmers in rural Malawi. — *In:* Natural Resources Council, Aquaculture and Schistosomiasis: Proceedings of a Network Meeting Held in Manila, Philippines. National Academy Press, Washington, D.C., 11-25.

OFORI, J., PREIN, M., FERMIN, F., OWUSU, D. & LIGHTFOOT, C. 1993. Farmers picture new activities: Ghanaian farmers gain insight in resource flows. — *ILEIA Newsletter,* **9**(1): 6-7.

PEARCE, J. & JONES, G.E. (eds) 1981. Agricultural Administration, — **8** (No. 6) Allied Science Publ. Essex. England.

PULLIN, R.S.V. & PREIN, M. 1995. Les étangs à poissons facilitent la gestion des ressources naturelles dans les petites exploitations des pays tropicaux en développement. — *In:* SYMOENS J.-J. & MICHA J.-C. (éds.) Séminaire "L' aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical" (Bruxelles, 16-19 mai 1994). Centre technique de Coopération agricole et rurale; Académie royale des Sciences d' Outre-Mer, Bruxelles, Ce volume, pp. 179-197.

RUDDLE, K., FURTADO, J.I., ZHONG, G.F.& DENG, H.Z. 1983. The mulberry dike-carp pond resource system of the Zhujiang (Pearl River) Delta, People's Republic of China: I. Environmental context and system overview. — *Applied Geography,* **3**: 45-62.

RUDDLE, K.R. 1993. Projections for the Future. Paper presented at the ICLARM-IAB Workshop Research for the Future Development of Aquaculture in Ghana, (Accra, 11-13 March 1993).

RUTHENBERG, H. 1976. Farming Systems in the Tropics. — Oxford University Press, 366 pp.

SAJISE, P. E. & RAMBO, A. T. (eds.). 1985. Agroecosystem Research in Rural Resource Management and Development. — *In:* Selected papers presented at the Second SUAN-EAPI Regional Symposium on Agroecosystem Research (Bagiuo City, Philippines, 18-22 March, 1985). Program on Environmental Science and Management and Southeast Asian Universities Agroecosystem Network, 183 pp.

WORLD BANK. 1994. Post UNCED Strategy for Environmentally Sustainable Development in Sub-Saharan Africa. — World Bank, Washington, D.C., 21 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 179 - 197 (1995)

Original : Anglais

LES ÉTANGS À POISSONS FACILITENT LA GESTION DES RESSOURCES NATURELLES DANS LES PETITES EXPLOITATIONS AGRICOLES DES PAYS TROPICAUX EN DÉVELOPPEMENT *

PAR

Roger S.V. PULLIN & Mark PREIN**

RÉSUMÉ. — Cet exposé redéfinit les objectifs du développement de l'aquaculture dans les pays tropicaux en développement. Le développement de l'aquaculture se justifie communément par la production piscicole en soi, en tant qu'entreprise autonome. Les efforts d'intégration de la pisciculture et de l'élevage de bétail déployés par de petits exploitants disposant de maigres ressources n'ont abouti à aucun résultat concluant parce que les technologies proposées ne tenaient pas compte des besoins et contraintes des principaux bénéficiaires. Le présent exposé propose un autre point de vue considérant l'ensemble du système agricole, c'est-à-dire toutes les ressources naturelles pouvant être gérées par le paysan. L' étang qui, dans la plupart des cas, constitue une nouveauté, peut être intégré dans les activités agricoles existantes, les résidus de l'exploitation pouvant lui servir d'intrants. Une expérience menée récemment indique que dans de tels systèmes d'exploitation, l' étang peut jouer un rôle de soutien d'autres activités, par exemple l' eau pour la culture maraîchère pendant la saison sèche et l' utilisation de la boue de l' étang pour fertiliser les champs pauvres en nutriments et ainsi accroître les rendements des cultures existantes. Les exploitants comprennent l'importance et les avantages d'une meilleure gestion de leurs ressources naturelles. Un étang, même de petite dimension, peut y contribuer.

---

* ICLARM, Contribution n° 1051.

** International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), MCPO Box 2361, 0718 Makati, Metro Manila (Philippines).

Introduction

Les systèmes d'exploitation intégrés comprenant des étangs de pisciculture ont une longue histoire en Chine et datent de la fin du 19ème siècle dans plusieurs pays asiatiques, comme l'Indonésie, la Thaïlande et le Vietnam, ainsi que dans certaines régions de l' Asie du Sud (notamment le Bangladesh et l'Inde). Par ailleurs, même si l'on a l'impression en Occident que de tels systèmes sont largement répandus, ils n'impliquent probablement qu'un très faible pourcentage des petits exploitants de ces pays (EDWARDS *et al.* 1988) et sont pratiquement inexistants dans certains autres pays où l'on pourrait s'attendre à ce qu'ils aient été développés. Citons, par exemple, le Cambodge, le Laos et les Philippines. Certains pays comme la Malaisie, Singapour et certaines régions de la Thaïlande, qui possédaient jadis un secteur agro-piscicole intégré très prospère (largement introduit par des Chinois étrangers) se sont davantage orientés, parallèlement à l'augmentation des richesses, vers une intensification de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture. Enfin, il est possible que l'industrialisation, l'urbanisation et le prix élevé des terrains éliminent les petites exploitations et les étangs, p. ex. dans les Nouveaux territoires de Hong-Kong.

L'Afrique ne possède pas un passé comparable d'agro-pisciculture intégrée et les tentatives de transplantation des systèmes d'exploitation intégrés de type asiatiques ont largement échoué, même si l'on relève quelques exemples d'intégration de rizipisciculture comme à Madagascar (RABELAHATRA 1987, 1991) et au Sénégal (DIALLO 1992) et un intérêt tout neuf pour la riziculture et la pisciculture intégrées ou en alternance dans certains pays d'Afrique du sud (ex. Malaŵi) (NOBLE & COSTA-PIERCE 1992). En Afrique, les étangs ont été développés presque exclusivement comme source de pisciculture. Leurs rendements ont généralement été médiocres (parce que la plupart des fermes étaient pauvres en éléments nutritifs) et plusieurs milliers d' étangs africains ont été laissés à l'abandon (ICLARM-GTZ 1991).

On conclut généralement de cette histoire que:

1. les étangs de pisciculture ne constituent que rarement un investissement rentable, notamment en Afrique. S'ils l'étaient, de nombreux exploitants les auraient adoptés et auraient poursuivi dans cette voie. Le fait qu'ils ne l'aient pas fait suggère certaines difficultés d'établissement et d'exploitation de systèmes intégrés comportant des étangs (trop complexes, trop difficiles à gérer, exigeant trop de ressources,

compétences/ connaissances insuffisantes, etc.) ou une certaine désillusion (résultats imprévisibles liés aux caractéristiques fluctuantes de systèmes complexes et aux incertitudes climatiques, à la maladie, aux marchés, etc.);

2. les petites exploitations, avec ou sans étangs, ne peuvent de toute façon survivre bien longtemps en raison de la progression des développements industriels. L'urbanisation et l'intensification de l'agriculture (et de l'aquaculture) se poursuivront en parallèle, la production alimentaire devenant l'occupation principale de quelques rares gros exploitants plus riches. Il va de soi que l'évolution dans le temps de ce scénario diffère d'un pays à l'autre selon leur niveau de développement, mais certains observateurs estiment qu'il s'applique au monde entier.

Nous contestons ces conclusions. Elles résultent d'évaluations superficielles des fonctions des étangs dans des systèmes d'exploitation intégrés et de la non-reconnaissance des potentialités qu'offrent l'agriculture et l'aquaculture pour la réhabilitation des terrains de culture dégradés et leurs environs. Dans un autre scénario, les petites exploitations avec des étangs pourraient devenir écologiquement et économiquement saines et être vouées à un long avenir.

Les recherches les plus récentes sur les systèmes d'exploitation intégrés tropicaux ne se sont pas penchées sur les fonctions plus larges des systèmes d' étangs agricoles. Par exemple, les premiers travaux de l'ICLARM sur les systèmes intégrés porcs/poissons et volailles/ poissons aux Philippines (HOPKINS & CRUZ 1982) ont généré de hauts rendements piscicoles (environ 10 t/ha/an) uniquement grâce à l'apport de fumier, et ont rassemblé un vaste ensemble de données pour la recherche sur la qualité de l'eau des étangs, mais les travaux ne se rapportaient pas aux conditions d'exploitation réelles aux Philippines et n'ont eu pratiquement aucun impact sur le développement. Les travaux de l'Asian Institute of Technology (AIR), Thaïlande (AIT 1994), du programme d'Aquaculture au service du Développement des Communautés locales (Aquaculture for Local Community Development - ALCOM) de la FAO en Afrique du sud et de l'ICLARM au Bangladesh, au Ghana et au Malaŵi (AHMED 1992, GUPTA 1992, OFORI *et al.* 1993, PREIN *et al.* sous presse) ont adopté des perspectives quelque peu plus larges, s'appliquant à toute l'exploitation, et l'ICLARM utilise à présent les termes de "gestion des ressources naturelles" ou de "gestion intégrée des ressources" (ICLARM

1993). Désireux d'élargir son approche de recherche, l'ICLARM teste actuellement des méthodes de recherche participatives si bien que les chercheurs peuvent voir l'ensemble de l'exploitation, les ressources des exploitants et l' étang dans un contexte plus large, comme point de départ d'une gestion optimisée des ressources, même si la production aquacole n'est que l'un des indicateurs de l'impact.

Cette perspective est illustrée et décrite dans le présent exposé, conjointement avec quelques résultats d'un projet de recherche participative au Ghana, impliquant l'ICLARM, les chercheurs gouvernementaux, une ONG et des exploitants coopérants.

Exemple du Ghana

En 1991, l'ICLARM et l'Institute of Aquatic Biology (IAB), Accra, Ghana, ont entamé des recherches en collaboration afin d'analyser les options viables de développement de l'aquaculture dans les petites exploitations. Dès le départ, un partenariat était prévu entre les chercheurs, une ONG locale et des petits exploitants qui n'avaient jamais pratiqué aucune forme d'aquaculture. L'ONG partenaire, le Ghana Rural Reconstruction Movement (GrRRM), s'appuyait sur 20 années de travail en collaboration avec des exploitants, auprès de qui des technologies ne requérant guère d'intrants externes, telles que sylviculture, culture en allées et horticulture biologique intensive, avaient été introduites avec succès dans une zone de collines dénudées et de sols épuisés avec de courtes périodes de jachère, mais qui ne possédaient aucune expérience de la pisciculture. Les réservoirs destinés aux réserves d'eau et à la culture maraîchère lors de la saison sèche étaient inexistants.

Dans cette perspective, l'approche du projet consistait à impliquer les scientifiques, les vulgarisateurs et, surtout, les exploitants proprement dits pour étudier, discuter et tirer mutuellement profit de leurs expériences. Cette approche comprenait cinq grandes étapes (LIGHTFOOT 1990, LIGHTFOOT *et al.* 1993).

La première étape consistait en une évaluation rapide, au niveau du village, des ressources naturelles, des groupes sociaux et des activités agricoles. Des cartes et vues en coupe (Fig.1) furent produites, représentant les informations rassemblées. Les sites offrant des chances de réussite furent identifiés et convenus via l'organisation de séances de groupes, le traçage de cartes avec les villageois et en se fondant sur les connaissances de l'ICLARM/IAB sur les conditions nécessaires à l'aquaculture en étang



	Relief	Moyennes terres	Route	Villages	Plaine	Cours d'eau	Étang
Type de sol	Gravier Rocaille	Gravier Terreau Terre glaise Argile		Gravier Terreau Terre glaise Argile	Argile Argile sablonneux	Argile Argile sablonneux	Argile Argile sablonneux
Source hydrique	Pluie	Pluie		Pluie	Pluie		Cours d'eau
Cultures	Manioc Maïs	Plantain Manioc Maïs Canne à sucre Igname Taro		Plantain Bananes	Manioc Maïs Igname Taro Plantain Bananes		
Légumes		Tomates		Poivre de Guinée Aubergines Okra	Tomates Poivre de Guinée Paprika Choux Aubergines Okra		Tomates Poivre de Guinée Paprika Choux Aubergines Okra
Arbres	Avocatier Gliricidia Leucaena	Calliandra		Manguier Oranger	Bambou Palmier à huile Raphia Cacaoyer Papayer Avocatier Manguier		
Fourrages	Forêt Herbe Feuilles	Herbe	Herbe				
Animaux		Moutons Chèvres Poulets		Moutons Chèvres Poulets Canards	Moutons Chèvres Poulets Mollusques terrestres Crabes terrestres	Canards Mollusques aquatiques	Canards Tilapia Poissons-chats

Fig. 1.— Transect du village de Mampong-Nkwanta, Eastern Region, Ghana.

(ex. qualité du sol, topographie et disponibilité d'eau). Lors des visites de suivi, les sites furent analysés et évalués avec les exploitants.

Des ateliers furent organisés pour des groupes de 10 à 15 exploitants qui avaient exprimé leur intérêt d'intégrer l'aquaculture dans leurs exploitations et pour lesquels des sites potentiels avaient été identifiés. Les ateliers alliaient à la fois exposés et débats ouverts dans le but de prodiguer des connaissances dans le domaine des technologies aquacoles de base, de la pisciculture de base (conception d'un étang, construction, exploitation, entretien) et de l'intégration (identification des ressources inutilisées ou sous-exploitées des activités agricoles existantes pour alimenter d'autres activités et possibilités de nouvelles activités comme la culture maraîchère irriguée avec l'eau du réservoir pendant la saison sèche). Les différences entre étangs drainables et non drainables furent discutées, en même tant que les options de construction basées sur des technologies simples et la nécessité d'ajouter régulièrement des substances nutritives à l' étang. Les intrants externes tels qu'engrais et aliments étaient généralement inaccessibles. Les discussions se concentraient donc presque exclusivement sur les ressources disponibles dans l'exploitation. Les seuls intrants fournis aux exploitants participant au projet se résumaient à quelques outils pour creuser les étangs (loués aux exploitants les uns après les autres) et aux alevins de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et de *Clarias gariepinus* pour l'empoissonnement initial.

La deuxième étape consistait en une évaluation à l'échelle de l'exploitation/du ménage par le biais d'organigrammes des bioressources (Fig. 2). Les meilleurs résultats ont été obtenus par le biais de séances de groupes permettant aux exploitants de procéder à des échanges d'idées sur les options d'intégration. Les exploitants étaient encouragés à dessiner leurs exploitations dans leur état actuel: le statu quo et, sur une carte séparée, les futures activités possibles et les flux de bioressources. Outre l'ajout d'un étang, la plupart des exploitants ajoutaient la culture maraîchère qu'ils n'avaient jamais pratiquée auparavant en raison de l'absence d'eau. Or, un étang, permet précisément de pratiquer l'horticulture durant la saison sèche. Certains exploitants prévoyaient d'autres activités comme la culture d'orangers, l'exploitation de ruches et l'élevage de nouvelles espèces de bétail. Tous décidèrent d'exploiter davantage les ressources existantes telles que le fumier qui, auparavant, étaient inutilisées. Certains exploitants possédaient des terrains boisés pour le bois de chauffage et des champs de culture en allées pour éviter les périodes de jachère. Ceux-ci étaient situés

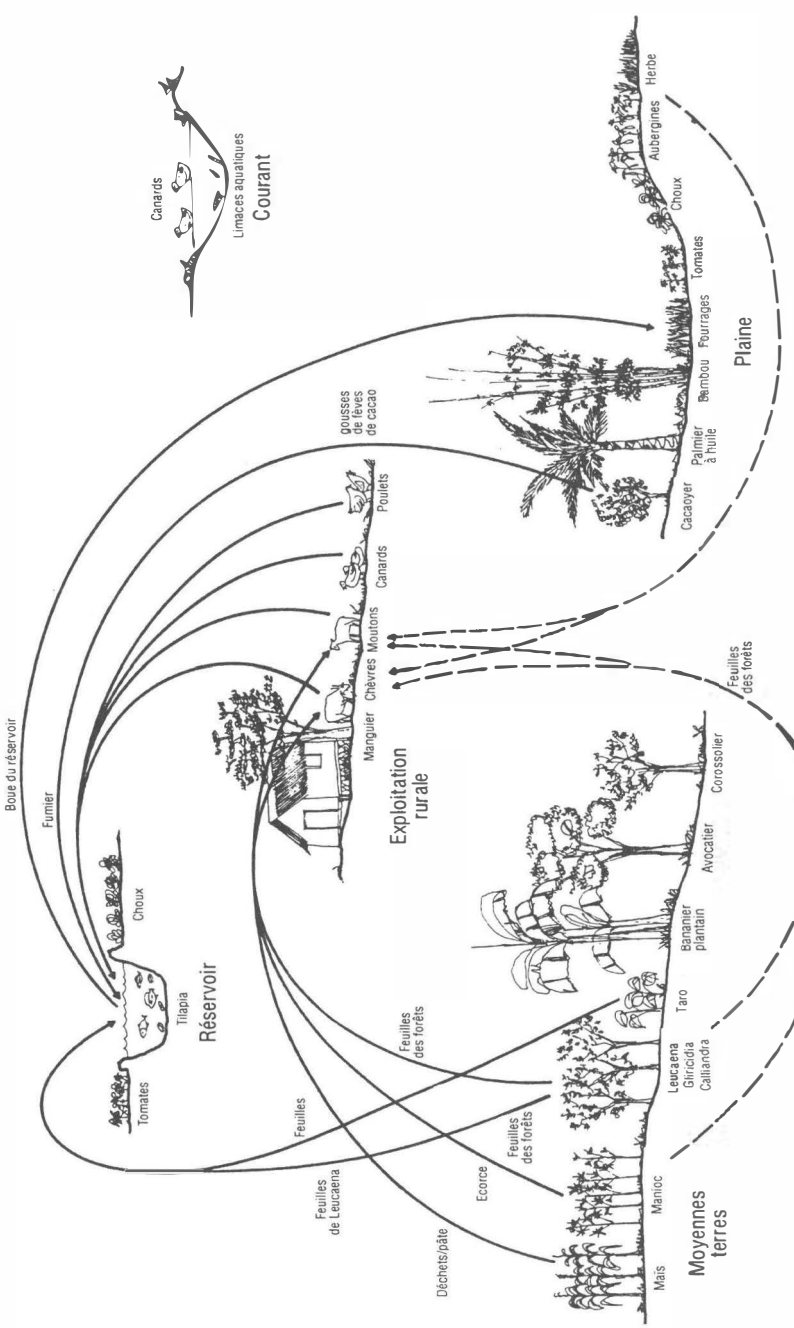


Fig. 2.— Schéma des bioressources de l'exploitation étudiée, avant (traits interrompus) et après (traits pleins) l'intégration, Mampong Valley (Ghana).

dans les moyennes terres, mais suffisamment proches pour pouvoir être reliés aux réservoirs situés dans les plaines. En général, les exploitants n'utilisaient aucun engrais minéral.

De nombreuses discussions entre les exploitants, concernant notamment l'approche des obstacles individuels, étaient l'une des principales composantes de l'ensemble du processus. En l'espace de quelques mois, selon la disponibilité de la main-d'oeuvre, une douzaine de paysans, construisirent des étangs et cultivèrent des légumes sur les digues et lits adjacents. Après le premier cycle de pisciculture (Fig. 2) qui durait de 5 à 10 mois, selon les décisions de fermiers quant au moment de la récolte, environ la moitié des poissons étaient vendus sur le site de l' étang aux voisins curieux d'examiner le produit et de goûter du poisson frais, autrement indisponible dans la région. Le reste était consommé au sein de l'exploitation et parfois distribué. Certains exploitants décidèrent de répandre la boue riche en nutriments de l'étang sur les champs de cultures de base adjacents dans le but de tester si cet apport augmenterait la production.

Les résultats ont montré que les indicateurs économiques (revenu brut, coût total, revenu net et revenu comptant net) augmentaient tous par l'intégration d'un réservoir et de la culture maraîchère, tant pour l'ensemble de l'exploitation que pour les entreprises individuelles (Fig. 3 & 4; PREIN *et al.* 1994a). Les indicateurs écologiques - diversité de l'entreprise, nombre de flux de recyclage à l'exploitation - alliés à la production totale de l'exploitation (capacité, t/ha) et au rendement économique ($ gagné par $ investi) ont également augmenté avec l'intégration (Fig. 5. PREIN *et al.* 1994a).

Par l'ajout de l' étang, sept nouveaux flux recyclaient les nutriments disponibles (six vers l' étang, un au départ de l' étang). L' étang procurait de la boue et de l'eau fertile pour les légumes. Ces transferts de nutriments ne nécessitaient qu'une main-d'oeuvre réduite au sein même de l'exploitation. L' étang faisait office de digesteur pour les matières premières nutritives qui lui étaient ajoutées, permettant à l'exploitant de les récupérer en vue de les réutiliser. Les exploitants décidèrent d'utiliser l'eau verte de l' étang au lieu de l'eau claire coulant juste à côté de l' étang.

L'aquaculture se répand à présent dans la région: dans la plupart des cas, sous la forme d' étangs/parcelles à légumes intégrés dans les exploitations existantes.

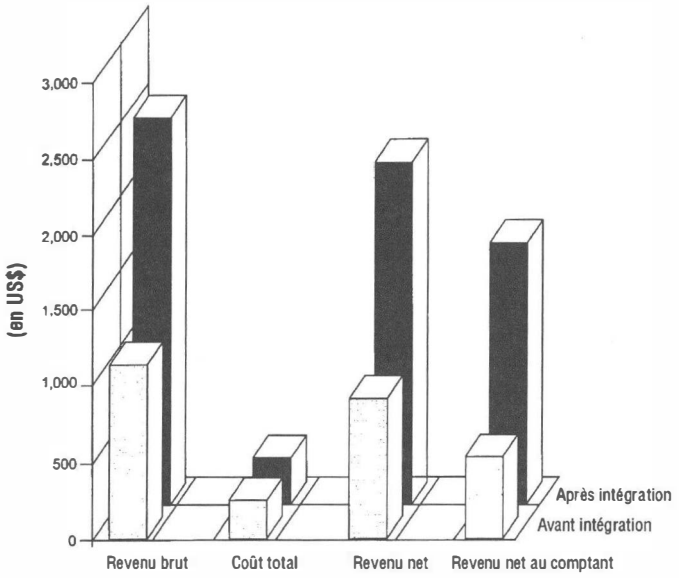


Fig. 3. — Diagrammes à barres de toute l'exploitation soumise à l'étude de cas (toutes ressources confondues), avant et après l'intégration d'un réservoir, Mampong Valley, Eastern Region, Ghana (PREIN *et al.* 1994).

Orientations futures

VERS UNE APPROCHE INTERSECTORIELLE

Les pêcheries et les projets de développement d'aquaculture affichent un taux d'échec important, qui a incité la Banque Mondiale, le PNUD, la CCE, et la FAO à demander, en 1989, une Etude des Besoins de Recherche Internationale sur les Pêches (Study of International Fisheries Research Needs - SIFR) (WORLD BANK, 1992). La SIFR est à présent devenue une 'Stratégie pour la Recherche Internationale sur les Pêches'. Son rapport (WORLD BANK, 1992) attache énormément d'importance aux différences entre l'aquaculture extensive, semi-intensive et intensive, recommande une "approche systémique" du développement de l'aquaculture et souligne que sa viabilité dépend de la qualité de l'environnement. Quoi qu'il en soit, presque tous les commentaires de ce type et presque tous les projets de systèmes d'exploitation intégrés impliquant l'aquaculture restent institutionnalisés sous une bannière sectorielle de pêcherie. Par conséquent, la R&D en matière d'exploitation intégrée impliquant l'aquaculture reste gérée et dominée presque exclusivement par des aquaculteurs pour la plupart

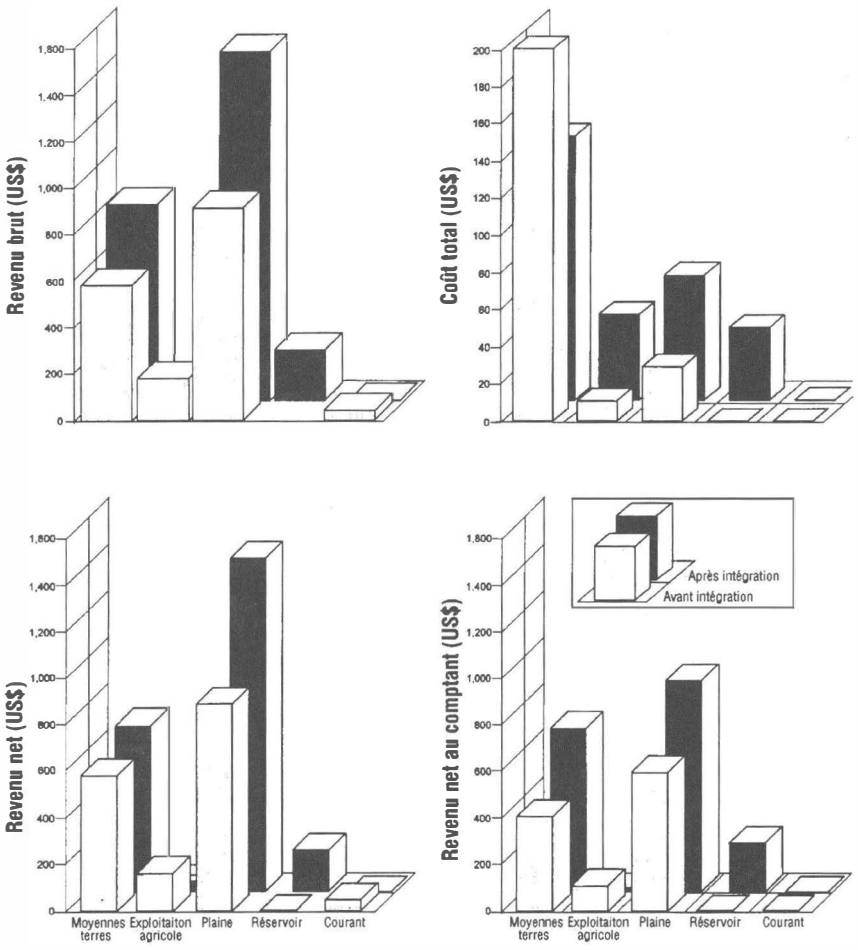


Fig. 4. — Diagrammes à barres de chaque type de ressource naturelle de l'exploitation soumise à l'étude de cas, avant et après l'intégration d'un étang, Mampong Valley, Eastern Region, Ghana (PREIN *et al.* 1994).

desquels la production piscicole à partir d' étangs est la principale, voire l'unique mesure du succès.

Nous soutenons que cet état de choses peut et doit changer en faveur d'une approche intersectorielle de la gestion des ressources naturelles. Ceci nécessiterait toutefois des efforts considérables de recherche intersectorielle en biologie/écologie et en socio-économie.

Le rapport SIFR (WORLD BANK, 1992) cite un rapport antérieur (WORLD BANK, 1991) qui prétend:

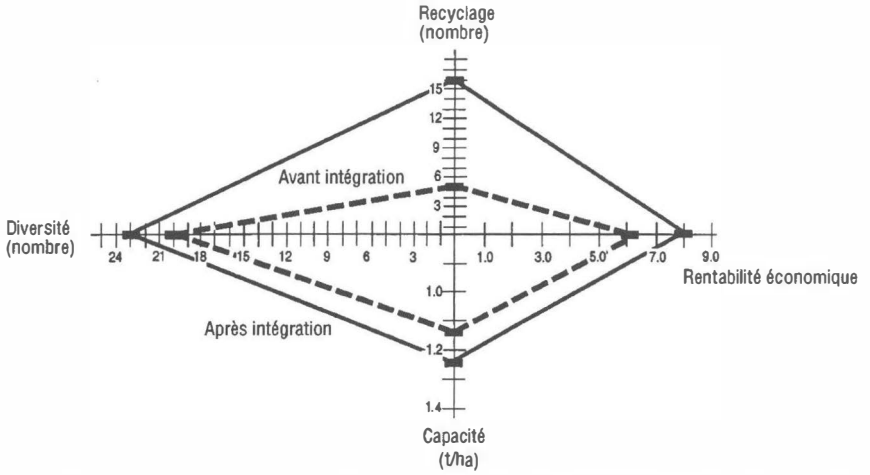


Fig. 5. — Schéma de faisabilité de quatre indicateurs de l'ensemble de l'exploitation soumise à l'étude de cas, avant et après l'intégration d'un étang, Mampong Valley, Eastern Region, Ghana (PREIN *et al.* 1994).

> Les forces économiques dominantes déterminent non seulement les différentes combinaisons d'agriculture, d'élevage et d'aquaculture viables en polyculture, mais influencent également des facteurs tels qu'une alimentation optimale, les charges d'investissement, la taille des unités de production, les taux de récolte et de rotation.

C'est vrai, mais l'on ne connaît pas encore la façon de concevoir des systèmes d'exploitation intégrés fonctionnant de manière biologique, qui soient viables et écologiquement avantageux dans la plupart des pays tropicaux en développement, notamment en Afrique. Il faut trouver de meilleurs systèmes grâce à la recherche biologique, écologique et socio-économique: des systèmes qui seront évalués et qui, finalement, survivront ou disparaîtront selon qu'ils seront capables non seulement de produire du poisson ou de générer d'autres produits, mais aussi de réduire les risques, d'améliorer l'environnement de l'exploitation et la valeur de son site et d'engendrer des avantages écologiques plus larges, plutôt que d'aggraver la dégradation et de provoquer des conflits à propos de l'utilisation des ressources.

LES ÉTANGS DES EXPLOITATIONS, MAÎTRES-ATOUTS

Comment les étangs des exploitations peuvent-ils augmenter la productivité, la rentabilité et la viabilité des systèmes d'exploitation intégrés de taille modeste? Nous pensons que cette question trouvera

réponse si les chercheurs et développeurs adoptent une perspective de gestion des ressources naturelles. Nos hypothèses n'en sont encore qu'au premier stade de développement et doivent encore être testées (Table 1). Cependant, nous estimons que l'affinement de ces hypothèses et leur essai en milieu réel, alliés à une recherche des composants et systèmes en station et à une synthèse des résultats de modélisation écologique et économique pourraient transformer l'approche classique de R&D des systèmes intégrés en une approche environnementale intersectorielle, cadrant mieux avec les perspectives de développement postérieures à l'UNCED/Agenda 21.

Table 1.

Avantages environnementaux hypothétiques des viviers et commentaires y afférents

HYPOTHÈSES	COMMENTAIRES/CONTRE-HYPOTHÈSES
1. Les étangs facilitent la gestion de l'eau et la conservation de l'eau dans les zones de captage	Dans certains marécages, comme les dambos africains, la construction d'étangs peut augmenter la perte d'eau par évaporation; les infiltrations constituent aussi un obstacle aux endroits où le sol est poreux.
2. Les étangs et cours d'eau y associés permettent d'absorber les crues et de réduire l'érosion du sol.	Ceci n'est vrai que là où le reboisement et la réhabilitation d'autres végétations peuvent rétablir des schémas de précipitations et de ruissellement plus fiables et moins violents (cfr. également 3).
3. Les étangs peuvent améliorer la structure et la fertilité du sol en apportant de la boue et de l'eau riches en composants humeux et autres nutriments.	Les systèmes d' étangs associés à la culture de légumes en ont déjà fourni de nombreuses preuves; possibilité d'application à grande échelle; un obstacle occasionnel propre au site pourrait être la structure finement granulée de certaines boues de réservoir, qui risque de boucher la surface du sol et de réduire l'aération.
4. Les étangs contribuent au rétablissement des arbres et autres végétations dans les exploitations agricoles et leurs environs. Ceci ne s'applique vraisemblablement pas aux petits étangs, dont l'influence en termes de support de la végétation ne peut s'étendre très loin de leur périmètre mais l'association de plusieurs étangs pourrait avoir un effet cumulatif plus large.	Les systèmes d' étangs associés à la culture de légumes en ont déjà fourni de nombreuses preuves; possibilité d'application à grande échelle; un obstacle occasionnel propre au site pourrait être la structure finement granulée de certaines boues d'étang, qui risque de boucher la surface du sol et de réduire l'aération.
5. Les étangs contribuent de manière significative à la conservation de la biodiversité aquatique.	Alternativement, les étangs et leurs effluents peuvent favoriser une biodiversité réduite par une eutrophication locale.
6. Les étangs sont des transformateurs efficaces et rentables des ressources organiques disponibles dans les petites exploitations.	Alternativement, les étangs peuvent simplement être une autre option ou un concurrent pour le recyclage des matières organiques.
7. Les étangs sont une installation domestique et communautaire utile - un actif social. Ils offrent également un moyen sûr d'évacuer les déchets excrétoires comme les lagunes d'oxydation.	Les étangs mal gérés ou les étangs à risques spéciaux en raison de l'incidence élevée des maladies humaines d'origine hydrique et des mécanismes de transmission (vecteur/hôte intermédiaire) pourraient poser des problèmes sanitaires (cfr. texte).

Les étangs d'exploitation, notamment ceux des plaines inondées asiatiques, constituent, depuis des siècles, des sources vitales d'eau à des fins multiples et fournissent aussi certaines variétés de poissons sauvages. Par ailleurs, là où les systèmes d'exploitation intégrés avec des étangs ont prospéré, les réservoirs font office de biodigesteurs, d'abreuvoirs, de sources d'irrigation et d'eau pour le ménage, de fertilisants, etc. - et ce, non seulement en Asie, ainsi que le montre l'ancienne citation suivante d'un ouvrage américain sur la conservation du sol (EDMINSTER, 1947).

> Un étang peut être profitable à chaque exploitation agricole et lui offrir non pas un avantage unique, comme la possibilité de pratiquer la pisciculture, mais une multiplicité d'avantages ... Il (un étang) possède tant de valeurs pratiques: source fiable d'eau propre pour les animaux domestiques; source eau pouvant être canalisée à des fins multiples vers les étables ou pour irriguer les jardins ou d'autres cultures spéciales; ... voilà pour le côté utilitaire; ce sont les premières raisons pour lesquelles les peuples construisent des étangs - ou du moins, affirment qu'ils le font. C'est une plus-value dans les livres de comptabilité de l'exploitation. Bien que je ne sous-estime pas un instant l'importance de ces services... certaines valeurs immatérielles, au-delà de l'argent, justifient la popularité des réservoirs; elles expliquent pourquoi de plus en plus de gens veulent en construire. Bref, c'est le mieux-être auquel l' étang contribue, la satisfaction de profiter de sa beauté et de sa vie.

Certaines de ces "valeurs immatérielles" s'appliquent également aux exploitations pauvres en éléments nutritifs des pays tropicaux en développement. A propos des motivations qui poussent les exploitants à creuser des étangs dans une région couverte par le projet ALCOM, dans la Province de Luapula, en Zambie, HARRISON (1994) dit:

> Pour les promoteurs de l'aquaculture, la raison de creuser un étang peut paraître évidente (production de poissons), mais pour les gens qui les creusent, les étangs peuvent être associés à d'autres fonctions.

Parmi celles-ci, elle cite: étangs pour l'alimentation, étangs de rente et étangs représentant un investissement d'avenir. Lors d'un récent atelier sur la politique aquacole (février 1994) au Malaŵi, elle confirmait que les petits exploitants africains de la région couverte par le projet ALCOM construisaient des étangs parce qu'ils les considéraient comme un investissement sûr pour l'avenir et non seulement pour la production immédiate de poissons. Il est possible cependant que certains aient été influencés par leur 'rôle' dans le projet de développement.

De même, dans un récent travail de l'ICLARM au Bangladesh, les nouveaux candidats à l'aquaculture en petits étangs ont souligné le plaisir

d'élever des poissons qu'ils pouvaient regarder, en particulier les tilapias rouges plus visibles. Beaucoup de ces paysans bengalis (environ 60% des zones couvertes par le projet de l'ICLARM) sont des femmes. La gestion des étangs est devenue leur occupation, un peu comme l'était, jadis en Europe, l'élevage de volaille dans les arrière-cours, une activité qui permet cependant aux femmes de rester proches de leur ménage. Les réservoirs peuvent donc être un actif social et transformer le schéma des avoirs des ménages agricoles.

Les maladies d'origine hydrique ne doivent pas être un obstacle. La bilharziose, le paludisme et d'autres maladies véhiculées par l'eau étaient jadis très répandus dans de nombreuses contrées asiatiques où l'exploitation intégrée a prospéré (EDWARDS 1992). Les deux maladies les plus graves véhiculées par l'eau en Afrique subsaharienne, la bilharziose et le paludisme, ne devraient pas, selon l'expérience acquise à ce jour, s'aggraver par la prolifération d' étangs bien construits et bien gérés. Bien sûr, des étangs mal gérés ou laissés à l'abandon peuvent être une source de risques sanitaires. L'OMS (WHO, 1993) cite un exemple de la Nyanza Province, Kenya, où 10 000 viviers avaient été creusés dans le but d'augmenter la production de poissons mais ont au contraire provoqué une prolifération de moustiques malariques et de la bilharziose. Dans la plupart des cas, où les étangs sont bien tenus, les poissons mangent les larves de moustiques et certains autres vecteurs de maladies véhiculées par l' eau tandis que la relative absence de mauvaises herbes peut limiter les populations de mollusques. Cependant, les tentatives de lutte contre les mollusques, hôtes intermédiaires de la bilharziose, ont été décevantes. SLOOTWEG (1994) conclut que les futures recherches sur ce sujet devraient se concentrer sur une approche "intégrée" axée sur un environnement "plus hostile aux mollusques", plutôt que d'espérer trouver des solutions sous l'unique forme de poissons mangeant des mollusques. C'est à ce niveau que les viviers bien gérés peuvent être utiles. Le contrôle et la prévention éventuelle des maladies d'origine hydrique doivent obligatoirement passer par un meilleur système sanitaire, un bon enseignement et des soins de santé optimisés. Parallèlement, la multiplication d' étangs bien gérés peut contribuer au bien-être financier et nutritionnel des producteurs et consommateurs ruraux au lieu d'accroître de manière significative les problèmes et les frais de santé publique.

Les étangs peuvent également être des atouts financiers et environnementaux. La construction d'un nouvel étang dans une petite

exploitation, la réhabilitation d'une source d'eau existante mais sous-exploitée ou l'élargissement des options d'utilisation productive constituent généralement une amélioration pour l'exploitation. De telles initiatives confèrent une plus-value au site, tout comme la plantation de haies ou l'adjonction d'autres biens durables comme des arbres fruitiers. Ceci peut s'appliquer même à des étangs de très petites dimensions, de 50 à 500 m^2, et à des étangs de plus grande taille de 500 à 5000 m^2, qu'ils soient la propriété de ménages isolés ou appartiennent au village ou à une collectivité. Qui plus est, la construction, la réhabilitation ou l'utilisation élargie de nombreux petits étangs dans une région peut grandement contribuer à l'amélioration de la zone de captage en termes de gestion de l'eau, de réduction de l'érosion du sol, d'amélioration de la structure pédologique et de la fertilité de même qu'à la protection et à l'utilisation durable de la biodiversité aquatique (Fig. 6). Dans une annonce publiée à grande échelle en 1994, le World Wildlife Fund for Nature indiquait 'En Indonésie, nous protégeons la forêt tropicale humide avec le poisson." Ceci fait référence à un projet mené à Irian Jaya, portant sur plus de 100 nouveaux viviers. Le lien potentiel entre la gestion de l'eau pour la production piscicole et la santé de l'environnement est évident.

Nous prétendons dès lors que les viviers peuvent constituer un actif social et environnemental important, outre leur rôle dans le domaine de la pisciculture et leur contribution aux autres activités de l'exploitation et aux besoins domestiques. Dans le débat croissant sur la faisabilité et le bien-fondé du développement rural, nous recommandons de concentrer les recherches sur l'essai des hypothèses présentées ici et de fournir des données suffisantes pour créer un modèle solide du rôle des étangs dans la gestion des ressources naturelles.

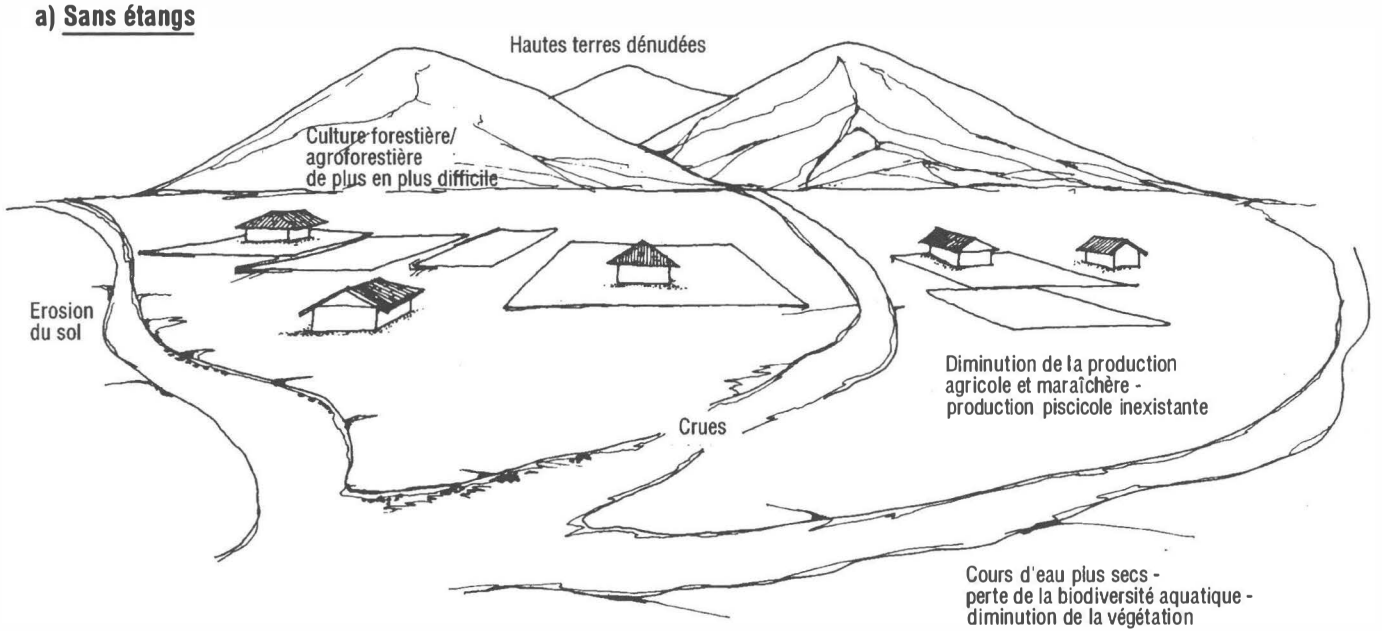


Fig. 6. — Contribution potentielle de nombreux petits étangs à l'amélioration d'un bassin hydrographique en terme de gestion de l'eau, de réduction de l'érosion du sol, d'amélioration de la structure pédologique et de la fertilité, ainsi qu'à la protection et à l'utilisation durable de la biodiversité aquatique.

a) Bassin sans étang.

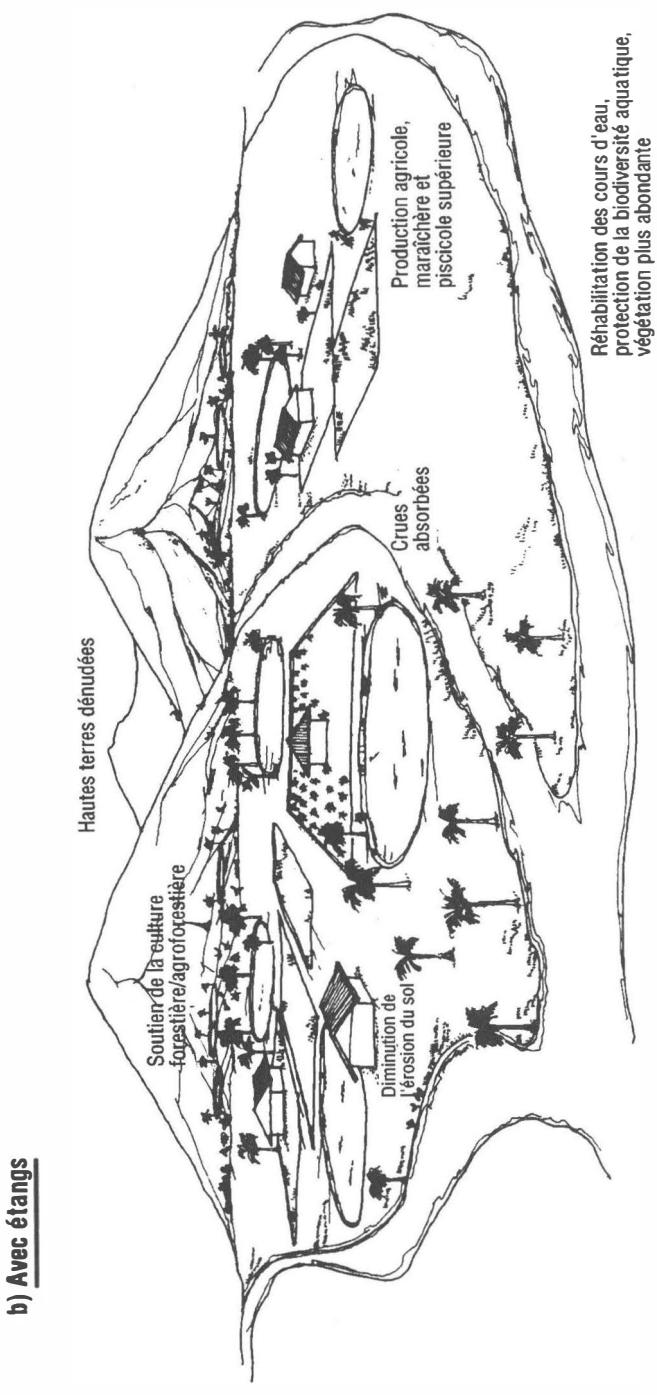


Fig. 6. (suite) — b) Bassin avec de nombreux petits étangs.

RÉFÉRENCES

AHMED, M. 1992. Status and potential of aquaculture in small waterbodies (ponds and ditches) in Bangladesh. — ICLARM Tech. Rep. 37, 36 pp.

AIT. 1994. Partners in development: the promotion of sustainable aquaculture. — Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 98 pp.

DIALLO, A. 1992. Integrated farming: a new approach in the Basse Casamance, Sénégal. — Naga, The ICLARM Quarterly, **15**(3):21-24.

EDMINSTER, F.C. 1947. Fish ponds for the farm.— Charles Scribner's Sons. New York, London, 114 pp.

EDWARDS, P. 1992. Reuse of human wastes in aquaculture: a technical review. — Water and Sanitation Report No. 2, UNDP-World Bank Water and Sanitation Program, The World Bank, Washington D.C., 350 pp.

EDWARDS, P., R.S.V. PULLIN & J.A. GARTNER. 1988. Research and education for the development of integrated crop-livestock-farming systems in the tropics. — ICLARM Studies and Reviews, **16**, 53 pp.

GUPTA, M.V. 1992. Low-input technologies for rural aquaculture development in Bangladesh, p. 26-35. — *In:* Aquaculture and Schistosomiasis. National Research Council. Proceedings of a network meeting held in Manila, Philippines, 6-10 August, 1991. National Academy Press, Washington, D.C., 284 pp.

HARRISON, E. 1994. Digging fish ponds: perspectives on motivation. — Report to the Overseas Development Administration, School of African and Asian Studies, University of Sussex, Falmer, Brighton, U.K., 20 pp.

ICLARM. 1993. From strategy to action. ICLARM's Medium-Term Plan 1994-98. — International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 76 pp.

ICLARM-GTZ. 1991. The context of small-scale integrated agriculture-aquaculture systems in Africa: a case study of Malawi. — ICLARM Stud. Rev., **18**, 302 pp.

LIGHTFOOT, C. 1990. Integration of aquaculture and agriculture: a route to sustainable farming systems. Naga, The ICLARM Quarterly, **13**:9-12.

LIGHTFOOT, C., BIMBAO, M.A.P., DALSGAARD, J.P.T. & PULLIN R.S.V. 1993. Aquaculture and sustainability through integrated resources management. — Outlook on Agriculture, **22**: 143-150.

LIGHTFOOT, C., NOBLE, R., DALSGAARD, J.P.T., BIMBAO, M., LOPEZ, T. & VILLANUEVA, F. 1994. Participatory monitoring and evaluation.— *In:* LIGHTFOOT, C. (ed.) Participatory approach to natural resource management in agriculture. FAO, Rome (en préparation).

NOBLE, R.P. & COSTA-PIERCE, B.A. 1992. Aquaculture technology research for smallholder farmers in rural Malawi, p. 11-25.— *In:* Aquaculture and Schistosomiasis. National Research Council 1992. Proceeding of a network meeting held in Manila, Philippines, 6-10 August, 1991. National Academy Press, Washington, D.C.

OFORI, J.K., PREIN, M., FERMIN, F., OWUSU, D. & LIGHTFOOT, C. 1993. Farmers picture new activities: Ghanean farmers gain insight in resource flows. — *ILEIA Newsletter,* **9**(1): 6-7.

PREIN, M., OFORI, J.K. & LOPEZ, T. 1994a. Chapter 5: Ghana. — *In:* LIGHTFOOT, C. (ed.) Participatory approach to natural resource management in agriculture. FAO, Rome. (sous presse).

PREIN, M., OFORI, J.K. & LIGHTFOOT, C. (Eds). 1994b. Research for the future development of aquaculture in Ghana. ICLARM Conference Proceedings 42. Summary Papers of the ICLARM/IAB Workshop, 11-13 March 1993, Accra, Ghana. (sous presse).

PREIN, M., RUDDLE, K.R., LIGHTFOOT, C. & OFORI, J.K. 1994c. Aquaculture development in Ghana: options for a farmer-focused approach. — ICLARM Technical Report 42. Institute of Aquatic Biology, Accra; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (BMZ/GTZ), Eschborn; and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila. (sous presse).

RABELAHATRA, A. 1987. L'aquaculture à Madagascar. p. 108-113. — *In*: POWLES H. (ed.) Research priorities for African aquaculture. Report of a Workshop held in Dakar, Sénégal, 13-16 October 1986. IDRC-MR149e, Ottawa, 172 pp.

RABELAHATRA, A. 1991. La rizipisciculture en Afrique. — Circulaire sur les Pêches 836. FIRI/C836. FAO, Rome, 64 pp.

RUDDLE, K. 1994. The potential role of integrated agriculture-aquaculture systems in improving the nutritional and economic status of resource-poor farm households in Ghana. — *In:* PREIN, M., OFORI, J.K. & LIGHTFOOT, C. (eds.) Research for the future development of aquaculture in Ghana. ICLARM Conference Proceedings 42. Summary Papers of the ICLARM/IAB Workshop, 11-13 March 1993, Accra, Ghana. (sous presse).

SLOOTWEG, R. 1994. A multidisciplinary approach to schistosomiasis control in northern Cameroon, with special reference to the role of fish in snail control. — Wetlands Group, Leiden University, 247 pp.

WHO. 1993. The control of schistosomiasis. — WHO Technical Report Series 830. World Health Organization, Geneva, 86 pp.

World Bank. 1991. Tropical aquaculture development: research needs. — World Bank Technical Paper 151, Washington, D.C.

World Bank. 1992. A study of international fisheries research. — The World Bank, Washington, D.C., 103 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 199 - 215 (1995)

Original : Anglais

TRANSFERT D'ÉNERGIE ET D'AZOTE DANS LES ÉCOSYSTEMES PISCICOLES INTÉGRÉS

PAR

J. OLÁH & F. PEKÁR*

RÉSUMÉ. — La croissance des poissons élevés dans des étangs associés à l'élevage de bétail dépend, comme dans tout autre système, de la quantité d'azote et de phosphore de même que du volume de carbone organique introduit et produit dans ces étangs. Jusqu'à présent, personne n'a quantifié les ressources énergétiques complètes, dont la production bactérienne, et les taux de transfert d'azote, dans ces écosystèmes. Dans cet exposé, nous présentons brièvement les résultats de nos recherches sur les sources énergétiques, l'efficacité du transfert énergétique, les taux de transfert d'intrant azoté, les taux de transfert d'azote dans le cycle des étangs et les taux de transfert de production azotée dans les effluents domestiques, les écosystèmes des étangs associés à l'élevage de porcs, poulets, moutons, canards et oies. Les analyses et les expériences présentées ont clairement démontré qu'environ 5 g de C organique de fumier m^{-2} d^{-1} peuvent être transformés si la densité d' empoissonnement est suffisamment importante pour provoquer un brassage au niveau de l'interface sédiments-eau. L'équi-partition du métabolisme énergétique caractérise les étangs fertilisés: la quantité de carbone organique introduit, produit par les algues et par les bactéries, est pratiquement similaire, de l'ordre de 3-5 g C m^{-2} d^{-1}. L'efficacité du transfert énergétique, soit le pourcentage d'énergie totale provenant du fumier, des algues et bactéries transformée en production de biomasse piscicole, varie de 1 à 9 pour cent, mais 3% est une moyenne bien établie. Les valeurs extrêmes ne sont relevées que dans des systèmes intégrés spécialisés. En additionnant les résultats des taux de transfert d'azote individuels quantifiés en détails et en soustrayant la

* Institut de Recherches piscicoles, P.O. Box 47, H-5541 Scarzas (Hongrie).

production totale de l'intrant total, nous avons calculé la capacité de rétention d'azote de l' étang à poissons traditionnel sans intégration et celle des systèmes intégrés avec des porcs, canards et oies: 159, 302, 225 et 118 kg N ha $^{-1}$ an^{-1}. Nous avons pu en tirer une conclusion théorique, quantitativement établie, selon laquelle ces écosystèmes produisant de l'énergie et ralentissant le transfert d'azote peuvent être appliqués à une plus grande échelle pour comprimer la spirale azotée étendue et améliorer le flux d'azote des sites. Cette fonction offre des perspectives pour ce type d'aquaculture recyclant les nutriments, tant dans le contexte d' une agriculture alternative qui gagne en importance dans les pays industrialisés que comme mécanisme bon marché de production de protéines dans les pays en développement.

Introduction

La croissance de la population des poissons dans les étangs intégrés par fumure, à l'instar de tout autre écosystème, dépend de la disponibilité des molécules d'azote et de phosphore ainsi que de la quantité de carbone organique introduit et produit dans ces mêmes bassins. L'énergie biologique liée au carbone active et transporte, par le biais du réseau trophique, les molécules constituantes des nutriments dans le corps des poissons. Ce mécanisme de rentabilisation piscicole requiert cependant un environnement non toxique et propice à la vie. Les exploitants construisent des étangs, y intègrent des tubes en plastique, mettent le matériel en service, pompent l'eau, transportent les poissons et les ingrédients afin de maintenir des conditions favorables à la croissance. Les coûts énergétiques de cette gestion, c'est-à-dire l'énergie industrielle consommée pour produire une tonne de poissons, sont extrêmement élevés dans les infrastructures industrielles de recyclage: 367 GJ équivalant à 8,5 tonnes de pétrole brut. Ces mêmes coûts dans le cas des étangs piscicoles intégrés ne sont que de 10 GJ (OLÁH ET SINHA 1986). Dans ces écosystèmes énergétiquement rentables, la quantité d'énergie biologique produite est supérieure à la quantité d'énergie industrielle consommée pour les besoins de la gestion.

La production d'énergie et la "spiralisation" des molécules azotées constituantes ne sont que très peu étudiées en aquaculture. Il existe bon nombre de modèles conceptuels, de diagrammes, de schémas fonctionnels, mais cadres et flèches demeurent inutilisés. Nous avons sérieusement besoin de quantification. Les exploitants requièrent des chiffres concrets, leur permettant de calculer sur les doigts de la main les entrées-sorties d'énergie et d'azote dans leur propre monnaie. Dans le présent document, nous avons recueilli nos propres données pour quantifier les rendements du

transfert énergétique et les taux de transfert de l'azote pour les bassins intégrés. Pourquoi nos propres données et pourquoi l'azote exclusivement? Premièrement parce qu' il n'existe pas d'autres données disponibles et, deuxièmement, parce que nous n'avons découvert aucun signe de limitation par le phosphore disponible dans les systèmes intégrés de Hongrie enrichis par du fumier de porc, de poulet, de mouton, de canard, d'oie ou d'eaux usées domestiques. Nous ne nous attendons pas davantage à une limitation par le phosphore brut en région tropicale à faible teneur azotée.

Ressources énergétiques

Dans tous les écosystèmes intégrant pisciculture et élevage, le fumier représente le seul intrant permettant de réaliser le métabolisme énergétique. Une partie des particules du fumier est assimilée directement par les poissons ou indirectement par le biais des invertébrés. La majeure partie du fumier est intégrée dans la protéine bactérienne qui, à son tour, fournit les nutriments aux poissons, directement ou indirectement par le biais des invertébrés. Grâce à une méthode perfectionnée, utilisant la thymidine tritiée, nous avons quantifié ce processus d'assimilation, à savoir la production d'énergie bactérienne. Ce mécanisme de production énergétique n'a, à ce jour, fait l'objet d'aucune quantification dans ce type d'écosystème. Outre la biosynthèse des protéines, ces bactéries remplissent une autre fonction de taille. Elles respirent 30 à 70 pour cent du fumier assimilé et libèrent une quantité équivalente de molécules de phosphore et d'azote inorganiques d' origine biologique. Ce processus de minéralisation permet la production énergétique d'algues autotrophes sans devoir recourir aux engrais chimiques, et réduit les coûts énergétiques industriels de la culture.

Pendant 15 ans, nous avons procédé à une quantification synchrone de la production bactérienne planctonique et benthique, ainsi que de la production primaire algale dans les systèmes piscicoles intégrés enrichis par les eaux usées domestiques et le fumier des porcs, poulets, moutons, canards et oies (Tableau 1). Les détails relatifs aux expériences, aux paramètres de gestion et aux techniques de culture ont été déjà publiés (OLÁH *et al.* 1986, SHARMA & OLÁH 1986, OLÁH 1990, OLÁH & PEKÁR 1991a, 1991b, PEKÁR & OLÁH 1991, PEKÁR *et al.* 1993).

Le fumier utilisé constitue le principal paramètre d' intervention dans les écosystèmes intégrant pisciculture et élevage. Nous sommes à présent pratiquement en mesure de fournir une réponse à la première

Tableau 1

Charge en carbone organique, production d'algues autotrophes et de bactéries hétérotrophes dans les écosystèmes piscicoles intégrés (valeurs extrêmes, moyenne ± D.S., n)

	Eaux usées domestiques	Fumier de porcs	Fumier de poulets	Fumier de moutons	Fumier de canards	Fumier d'oies
Charge en carbone organique	0.6-3.1	2.3-4.8	0.7-5.2	3.1	0.45-0.99	2.8-3.6
Production primaire brute	3.9+2.75 n=6	0.55-11.6 4.68±1.93 n=95	0.4-14.2 5.22±2.93 n=296	0.89-7.36 2.87±1.46 n=48	0.037-3.18 0.97±0.84 n=50	6.5±3.7 n=25
Production bactérienne planctonique	2.48±2.75 n=6	0.85-8.35 2.91±1.97 n=28	0.08-1.29 0.40±0.25 n=83	0.11-2.16 0.58±0.41 n=77	0.069-0.59 0.27±0.11 n=51	2.46 n=3
Production bactérienne benthique		0.17-1.05 0.58±0.34 n=6	0.78-2.53 1.46±0.68 n=6	0.04-7.99 3.64±2.34 n=19	0.01-4.11 0.28±0.85 n=23	2.90 n=3
Production bactérienne totale		1.28-7.07 3.82±2.26 n=6	1.10-2.72 1.82±0.64 n=6	0.34-8.67 4.44±2.50 n=19	0.18-4.29 0.59±0.97 n=17	5.36 n=3

question que l'on se pose, à savoir la quantité de fumier que ces bassins peuvent traiter et convertir en croissance piscicole. Au cours des deux dernières décennies, un grand nombre d'expériences menées en étangs ont tenté de déterminer la dose optimale. Des rapports ont clairement établi que des quantités d'environ 5 g C m^{-2} d^{-1} peuvent être traitées si la densité d'empoissonnement est suffisamment élevée pour assurer un brassage adéquat de l'interface sédiment-eau (SCHROEDER & HEPHER 1979, OLAH 1986, PEKÁR & OLÁH 1990). Ces expériences ont montré les limites et les possibilités de l'aquaculture recourant aux déchets organiques. Nous avons appris que les grandes exploitations commerciales, utilisant bien moins de 1 g C m^{-2} d^{-1}, sont encore loin d' exploiter au mieux ces ressources naturelles. De tels étangs opèrent bien en dessous de leur capacité. Au fil des ans, nous sommes arrivés à la même conclusion (Tableau 1). Dans les bassins expérimentaux alimentés par les eaux usées et les fumiers de porcs, poulets, moutons et oies, les charges de carbone organique ont atteint le niveau de cette dose optimale et ont enregistré une bonne croissance piscicole. Dans les exploitations commerciales intégrant pisciculture et élevage de canards, le nombre de canards n'est que de l'ordre de 400-700 ha^{-1}. Dans le cadre de l'expérience, nous avons doublé cette densité de peuplement à 1000-1200 ha^{-1} sans rencontrer aucun problème environnemental et tout en conservant un taux de fumure de quelque 0,5 g C m^{-2} d^{-1}.

La quantité journalière de carbone organique produit à partir des algues a atteint, voire dépassé, la quantité de fumier introduite chaque jour, à l'exception des étangs fertilisés par le fumier de canard. Dans ces bassins, l'activité de brassage de l'interface sédiment-eau par les populations de poissons et de canards a entraîné une augmentation des sédiments solides en suspension, une diminution de la pénétration de la lumière et une réduction sensible de la photosynthèse des algues (Tableau 1). La production totale de protéines bactériennes était similaire à la charge de carbone organique du fumier. Elle était faible dans les systèmes intégrant pisciculture et élevage de canards en raison du faible taux de fumure. La production bactérienne planctonique était six fois plus importante que la production bactérienne benthique dans les systèmes pisciculture-élevage de porcs recourant à de l'engrais liquide. Dans le cas d' effluents domestiques liquides, nous avons mesuré dans la colonne d'eau une production bactérienne identique à celle notée pour les étangs enrichis par du fumier liquide d'origine porcine. Les étangs enrichis par du fumier de poules et de moutons ont montré une répartition spatiale

inverse. La production bactérienne y était jusqu'à quatre à six fois supérieure dans le sédiment. Ces fumiers contenaient moins d'eau, de plus grosses particules, et se sont sédimentés plus rapidement jusqu' au fond. Dans le cas des fumiers de canards et d'oies de teneur en eau et de taille de particule intermédiaires, les productions bactériennes planctonique et benthique étaient similaires. Il semble que la texture du fumier et sa teneur en eau déterminent la répartition spatiale de sa transformation bactérienne. Les fumiers à dissolution aisée et à suspension plus longue dans la colonne d'eau fournissent un substrat au bactérioplancton, tandis que les fumiers s'enfonçant rapidement subissent une transformation bactérienne au niveau de l'interface sédiment-eau.

Si l'on compare les trois principales sources d'énergie dans les différents écosystèmes intégrés d'exploitation piscicole, on peut conclure que la quantité de carbone organique introduite chaque jour, la production bactérienne et la production carbonée des algues sont pratiquement identiques. Cette répartition égale du métabolisme énergétique dans les écosystèmes pisciculture-élevage analysés indique une conversion bactérienne très efficace. Plus de 60 pour cent du carbone organique assimilé par voie bactérienne doivent être intégrés dans la biomasse des bactéries, les 40% restants étant uniquement respirés. Cette efficacité est relativement élevée si l'on compare ces données aux valeurs d'assimilation de 10-20 pour cent estimées pour les écosystèmes fluviaux (OLÁH & PEKÁR 1993). Ce phénomène s'explique par la différence de nature entre les écosystèmes des étangs à fumure et des bassins fluviaux. Les cours d'eau sont généralement hétérotrophes et allotrophes et la majeure partie des molécules organiques nutritives aisément disponibles est utilisée au cours des processus de transport dans les bassins versants et seuls les fragments squelettiques les plus résistants atteignent le cours d'eau. Les étangs à fumure sont autotrophes et allotrophes, ce qui implique que la majeure partie des molécules organiques sont intactes, voire prédigérées.

Efficacité du transfert énergétique

Il ressort clairement de ce qui précède que le premier critère de succès de la technologie piscicole consiste à fournir le plus possible de carbone organique par l'introduction de fumier, ainsi que par le biais de la production bactérienne et de la production algale, sans entraîner de déficience nuisible en oxygène, ni de formation associée d'ammoniaque.

Le deuxième critère, tout aussi important, porte sur la façon dont ces ressources énergétiques sont transférées aux poissons par le biais du réseau trophique, sur l'efficacité du transfert, sur le pourcentage d'énergie disponible intégré à la biomasse de poissons. Le succès final dépendra de ces différents processus. Dans les étangs intégrés enrichis par les eaux usées et les fumiers de porcs, de poules, de moutons, de canards et d'oies, nous avons calculé l'efficacité du transfert énergétique en divisant la production piscicole nette par la production algocole primaire, par la production algale primaire associée à la production bactérienne planctonique ainsi que par la production algocole primaire plus la somme de la production bactérienne benthique et planctonique (Tableau 2). La charge de carbone organique, c'est-à-dire le fumier introduit, n'a pas été prise en compte pour le calcul de l'efficacité car sa majeure partie est transférée aux poissons par le biais de la production bactérienne. Nous avons vu combien la production bactérienne dépend de la quantité de fumier introduite.

Par une compilation détaillée sur l'efficacité de conversion dans des écosystèmes piscicoles représentant les conditions les plus variées, du lac tempéré ou tropical au bassin enrichi par des compléments alimentaires, nous avons trouvé des valeurs de 0,1 à près de 10 pour cent. La valeur la plus faible a été enregistrée dans les lacs tropicaux et la valeur la plus élevée dans les bassins enrichis de compléments (Oláh *et al.* 1986). Malheureusement, comme tout autre calcul effectué à cette époque, la production bactérienne n'a pas été incluse dans les valeurs d'efficacité du transfert. Aucune donnée sur cette ressource énergétique n'était alors disponible. Dans le cadre des expériences actuelles, les valeurs de l'efficacité du transfert de la production algale à la production piscicole se situent dans la plage de 2-13 pour cent, comme l'avait déjà indiqué notre rapport précédent portant sur 102 écosystèmes piscicoles. Etant donné que nous avons réussi à quantifier la production bactérienne, nous avons créé un contexte plus fiable pour calculer les valeurs de l'efficacité du transfert. Les valeurs corrigées pour la production bactérienne étaient d'environ 1 pour cent dans les systèmes pisciculture-élevage porcin, de 3 pour cent dans les systèmes pisciculture-poulets et pisciculture-élevage ovin, et de près de 9 pour cent dans les systèmes pisciculture-élevage de canards. Le faible taux de conversion dans les systèmes pisciculture-élevage porcin, en particulier lors de la prise en compte des trois sources énergétiques (production primaire, production bactérienne planctonique et production bactérienne benthique), peut être doublé si l'on effectue le

Tableau 2

Rendement de la production piscicole et du transfert énergétique en bassins fertilisés (plage, moyenne ± S.D., n)

	Eaux usées	Fumier de porcs	Fumier de poulets	Fumier de moutons	Fumier de canards	Fumier d'oies
		0.09-0.30	0.04-0.55	0.04-0.26	0.10-0.17	0.12-0.15
Production piscicole nette	0.11±0.01	0.16±0.05	0.18±0.10	0.16±0.06	0.13±0.03	0.13
g C m^{-2} $jour^{-1}$	n=6	n=14	n=56	n=28	n=5	n=2
Production piscicole x 100		1.70-7.50	1.54-18.8	1.78-13.0	11.0-18.5	
——————————%	-	3.64±1.77	6.42±3.87	5.71±2.67	13.5±3.03	2
Production primaire		n=8	n=78	n=48	n=5	n=2
Production piscicole x 100		1.05-2.67	1.37-14.8	1.78-10.0	8.73-13.70	
——————————%	1.84±0.46	1.84±0.55	5.92±3.30	4.37±1.69	10.7±2.12	1.5
Prod. prim. + bact. planctonique	n=6	n=6	n=52	n=47	n=5	n=2
Production piscicole x 100		0.94-1.03	2.04-4.92	0.43-8.99	4.36-11.7	
——————————%		0.99±0.04	3.00±1.18	2.69±2.11	8.80±2.95	1.14
Prod. prim. + bact. totale		n=6	n=5	n=19	n=5	n=2

calcul sur la base des moyennes des valeurs de production (Tableau 1). Dans le cadre de la méthode utilisée, nous avons calculé les valeurs de rendement sur la base des valeurs nettes de production piscicole et des valeurs de production associées pour chaque bassin, et non sur la base des valeurs moyennes. Une production piscicole faible peut être accompagnée d'une production bactérienne benthique plus élevée et d'une production bactérienne planctonique plus faible. L'efficacité extrêmement élevée de la conversion de quelque 9 bassins piscicoles associés à l'élevage de canards résulte probablement de la densité d'empoissonnement très élevée, soit 20-56 milliers de poissons ha^{-1}. Le rendement élevé peut être attribué à la biomanipulation. La pression de broutage de cette masse de poissons raccourcit les chaînes alimentaires, convertissant l'énergie algale et bactérienne directement au profit des poissons sans interaction significative des invertébrés (OLÁH *et al.* 1990).

Quantification de l'azote

L'aspect quantitatif du flux, du bilan, du budget, du cycle, de la spiralisation et du métabolisme de l'azote n'est que très rarement analysé dans les écosystèmes piscicoles intégrés. Cette séquence d'approches de quantification symbolise la faculté résolutoire de l'étude. Dans les études du flux de l'azote, seul l'azote libéré le long des gradients écologiques est quantifié, c'est-à-dire la quantité d'azote quittant l' étang ou tout autre écosystème par drainage, percolation, volatilisation, dénitrification, récolte et éclosion d'insectes. Les études relatives au métabolisme de l'azote sont les plus complexes: les compartiments, taux de transfert et processus énergétiques correspondants doivent être quantifiés. En règle générale, les travaux de quantification relatifs à la fixation de l'azote, l'ammonisation, la régénération de l'ammoniaque, la fixation de l'ammoniaque, la fixation d' acides aminés, la nitrification, la fixation de nitrates, la respiration de nitrates et la dénitrification, se limitent aux eaux naturelles et sont réalisés dans le cadre de projets de recherche environnementale. Le seul laboratoire actif dans les études concernant l'azote et effectuant aujourd'hui encore des mesures simultanées de près de la totalité des taux de transfert et des compartiments de l'azote, a été mis sur pied au sein de notre institut, en Hongrie. Nous résumons ci-après brièvement les résultats que nous avons dégagés sur les taux de transfert, les budgets et la rétention de l'azote dans quatre type d'écosystèmes appropriés. Des centaines de mesures sur des taux de

transfert particuliers ont été synthétisées en un seul graphique en vue de quantifier le taux de transfert unitaire d'un compartiment à l'autre par souci de simplification de la présentation et, partant, de la compréhension et de l'utilisation des résultats. Des données plus détaillées peuvent être obtenues dans les dix-huit thèses rédigées par nos étudiants de doctorat et dans les articles publiés pour la plupart dans notre périodique *Aquacultura Hungarica* entre 1978 et 1990. Pour ceux qui s'intéressent à la méthodologie, nous avons publié un "cook-book" spécial pour la mesure des compartiments et des taux de transfert d'azote, tout en apportant une description détaillée sur la verrerie, la préparation des réactifs, les équipements, le mode opératoire et les calculs (OLÁH & JANURIK 1985).

Taux de transfert des intrants azotés

Le premier écosystème piscicole, étudié en détail, est un grand étang à but commercial, couvert de macrophytes, situé à Hortobágy, pratiquant la pisciculture isolée (OLÁH & SZABO 1986); le deuxième est un système piscicole intégrant l'élevage porcin, le troisième un système piscicole intégrant l'élevage de canards (OLÁH & PEKÁR 1991a, 1991b) et le quatrième un écosystème associant pisciculture et élevage d'oies couvert de *Typha* (tableau 3).

Parmi les voies de pénétration de l'azote, la quantité d'azote introduit par l'eau de remplissage est extrêmement élevée dans l'écosystème poisson-oie. Cet écosystème se présente concrètement sous la forme d' un étang avec écoulement, aménagé par le barrage d' un cours d' eau agricole, drainant des champs de blé et de maïs fertilisés de façon intense. La charge d'azote apportée par le cours d' eau est de 93 kg ha^{-1} an^{-1} et les nappes phréatiques enrichies en nitrates contribuent à raison de 199 kg ha^{-1} an^{-1} d'azote avec un flux basal intensif. L'apport en azote par les précipitations et l' empoissonnement est pratiquement similaire dans tous les bassins. Le fumier constitue la source la plus importante d'apport en azote, mais, dans le cas de la pisciculture traditionnelle, il s'agit d'engrais chimiques et de compléments alimentaires. La fixation biologique de l'azote se situe dans la plage de 12-73 kg ha^{-1} an^{-1}, la valeur la plus faible s'appliquant aux systèmes pisciculture-élevage porcin, et la plus élevée aux systèmes pisciculture-élevage de canards où le rapport azote et phosphore du fumier est le plus faible. L'apport total en azote est très élevé dans l'ensemble de ces écosystèmes à production intensive. Cette capacité de transformation de l'azote semble très prometteuse pour la gestion de l' azote des écosystèmes.

Tableau 3
Cheminement de l'azote dans les écosystèmes piscicoles intégrés, kg N ha^{-1} an^{-1}

Acheminement de l'azote	Poisson seul (OLÁH & SZABÓ, 1986)	Poisson + porc (OLÁH & PEKÁR, 1991a, b)	Poisson + canard (OLÁH & PEKÁR, 1991a, b)	Poisson + oie (OLÁH *et al.*, 1990)
Intrant				
Afflux d'eau	20	60	60	295
Précipitation	15	15	15	17
Empoissonnement	4	8	7	5
Aliments et fumier	102+100*	384	210	102
Fixation biologique	68	12	73	37
Total	309	479	365	456
Transformation				
Fixation par le phytoplancton	486	1032	840	1015
Fixation par les macrophytes	77	0	0	132
Ammonification	613**	329	226	-
Libération d'ammoniaque par les invertébrés	-	774	630	-
Libération d'ammoniaque par les poissons	-	193	163	-
Nitrification	90	1003	782	-
Respiration du nitrate		475	387	-
Extrant				
Décharge d'eau	30	40	40	81
Récolte piscicole	20	65	41	38+55***
Dénitrification	100	72	59	164
Total	150	177	140	338
Intrant - extrant = rétention	159	302	225	118

* Fumure inorganique
** L'ammonification n'a pas été subdivisée; inclut la libération d'ammoniaque par les poissons et les invertébrés
*** Azote retiré avec la récolte des oies

Taux de transfert de l'azote dans le cycle de l' étang

Dans les écosystèmes intégrant pisciculture et élevage, le cycle de l'azote s' effectue d' abord sur la charge de l'azote libéré directement par les animaux vivant à proximité des étangs ou introduit indirectement sous forme de fumier récolté si les animaux vivent à distance des bassins. Notre écosystème poisson-oie assure une intégration directe et indirecte. Dans ce type de bassin, on utilise directement le fumier des oies et les nitrates des nappes phréatiques qui constitue le produit final oxydé de l' élevage terrestre. L'azote organique particulaire ou dissous des protéines et peptides du fumier est fragmenté en petites molécules

d'acides aminés libres dissous sous l'action d'enzymes extracellulaires de bactéries et assimilés par ces dernières. Une partie des acides aminés assimilés est aspirée et libérée sous forme de NH_4-N. Six acides aminés marqués au ^{14}C ont été utilisés pour déterminer les taux de fixation de chaque acide aminé, ou un hydrolysat de protéines d'algues marqué, pour évaluer le taux de fixation total des acides aminés. Le taux moyen mesuré de la respiration des acides aminés, c'est-à-dire l'ammonisation bactérienne de 329 kg ha^{-1} an^{-1} dans les systèmes pisciculture-élevage porcin et 226 kg ha^{-1} an^{-1} dans les systèmes pisciculture-élevage de canards, considérée jadis comme la voie prédominante de production d'ammoniaque dans les étangs, ne représente qu'une petite partie de la régénération totale de l'ammoniaque; 774 + 193 kg ha^{-1} an^{-1} dans les systèmes pisciculture-élevage porcin et 630 + 163 kg ha^{-1} an^{-1} dans les systèmes pisciculture-élevage de canards étaient régénérés par les rejets d'ammoniaque des invertébrés et des poissons. Il s'agit d'un aspect quantitatif important du cycle de l'azote quantifié ici. Une voie remarquable de nitrification convertissant l'ammoniaque nocif en nitrate a été quantifiée à 1 tonne ha^{-1} an^{-1} tout en produisant une quantité équivalente de carbone organique bactérien, 125 kg C ha^{-1} an^{-1} pour la chaîne alimentaire. Au cours de ce processus, 3,4 tonnes d'oxygène ont été combinées aux molécules de nitrate et stockées pour couvrir les déficits d'accepteur d'électrons dans ces écosystèmes fortement chargés.

L'ammoniaque, produit final de la respiration des amino-acides ou ammonisation, et les nitrates, forme oxydée produite exclusivement au cours du processus de nitrification, représentent les principales molécules d'azote inorganique utilisées pour la production protéinique autochtone grâce à l' énergie et au pouvoir réducteur des hydrates de carbone générés par photosynthèse dans les étangs. Les taux de fixation de l'ammoniaque et du nitrate à la fois par le phytoplancton et les macrophytes, ont été mesurés à l'aide de la cinétique de fixation de Michaelis-Menten. Il y a eu fixation préférentielle de l'ammoniaque dans les systèmes pisciculture-élevage porcin et pisciculture-élevage de canards. La fixation totale de l'azote inorganique par le phytoplancton a été de 486 kg ha^{-1} an^{-1} dans les bassins piscicoles traditionnels, de 1032 dans les systèmes poissons-porcs, de 840 dans les systèmes poissons-canards et de 1015 dans les systèmes poissons-oies. Comparés à la fixation par le phytoplancton, les taux de fixation par les macrophytes étaient nettement inférieurs: 77 kg ha^{-1} an^{-1} dans les bassins traditionnels couverts de *Potamogeton pectinatus* et 132 dans les systèmes poissons-oies couverts de *Typha*. Sur la base du calcul

du bilan, nitrification moins absorption des nitrates et dénitrification, nous avons évalué une voie de transfert de l'azote découverte récemment mais encore fort négligée, à savoir la respiration du nitrate. Ce processus réduit le nitrate en ammoniaque, utilisant la totalité de la teneur en oxygène du nitrate et libérant 3 électrons supplémentaires dans cet environnement déficient en accepteur d'électrons. Ce processus qui épargne l'oxygène fonctionne dans les couches sédimentaires les plus réduites et contribue de façon sensible à la capacité de transformation de la matière organique de ces systèmes intégrés. Près de la moitié de la production de nitrate est convertie en ammoniaque, 475 kg ha^{-1} an^{-1} dans les systèmes poissons-porcs et 387 dans les systèmes poissons-canards.

Taux de transfert des sorties d' azote

Le dernier taux de transfert de l'azote mesuré au cours de ces essais fait office de processus de sortie. Dans le cadre de la nitrification, le nitrate produit est respiré et converti en azote gazeux par des bactéries de dénitrification et il quitte ensuite les étangs. Ce processus de sortie est limité par l'apport en électrons ou en carbone organique ainsi que par la disponibilité des nitrates. Dans ces écosystèmes enrichis en matière organique, la disponibilité des nitrates semble limiter la dénitrification. C'est la raison pour laquelle nous avons mesuré le plus haut taux d'élimination du nitrate dans les systèmes associant pisciculture et élevage d'oies avec un apport très élevé en nitrate de la nappe phréatique: 164 kg ha^{-1} an^{-1}. La quantité d'azote éliminée par la récolte animale a été calculée pour les poissons uniquement, à l'exception des systèmes poissons-oies où cette élimination a également été calculée pour les oies. Ces oies se nourrissaient des réserves de *Typha,* éliminant ainsi l'azote du bassin par leur activité de broutage.

La sortie d' azote par l'eau de drainage était inférieure à l'apport d'azote par l'eau de remplissage, excepté dans le cas de l'étang traditionnel. La différence entre l'entrée et la sortie liées à l'eau était très marquée dans le cas des systèmes élevage d'oies-bassins couverts de *Typha:* plus de 200 kg ha^{-1} an^{-1} ont été éliminés de l'eau affluente. Si l'on soustrait le total de la sortie d'azote du total de l'entrée, la différence représente la valeur de rétention de l'azote par l' étang: 159, 302, 225 et 118 kg ha^{-1} an^{-1}. Cette fonction de rétention des nutriments de la pisciculture n'a pas encore fait l'objet d'une étude quantitative dans un contexte environnemental.

Fonction au niveau du flux azoté de l'écosystème

A l'instar de tout autre nutriment dans la biosphère, les molécules d'azote coulent le long des gradients de gravité, des collines vers la mer, soit en surface, soit sous celle-ci. Les barrages de surface fluviaux et géomorphiques et les barrières de texture du sous-sol font office de structures physiques retardatrices, ralentissant ce transport descendant. La biosphère agit comme agent retardateur puissant et efficace. Les bactéries, les plantes et les animaux, constituants vivants de l'écosystème, prélèvent les nutriments de l'eau, du sol et de l'air et les réinjectent vers le haut de la chaîne alimentaire pour les recycler, complétant ainsi le cycle bien connu de l'azote. Au cours de ce cycle, cependant, un déplacement physique descendant fini se produit, étirant le cycle sous forme de spirale continue. Un cycle biologique fermé existe rarement dans les écosystèmes. La gravité le modifie par un déplacement physique des molécules nutritives le long des gradients. En conséquence, c'est la spiralisation, et non le cycle, qui opère le flux de nutriments dans un environnement. L'étirement de la spirale accélère, sa compression ralentit le transport des nutriments le long du gradient. Les barrages, la texture et la biosphère représentent ces agents de compression ou de retardement nutritif. Sans eux, les plantes et les animaux devraient aller chercher les sels jusqu'à la côte. Les déboisements, l'assèchement des zones humides, la canalisation des cours d' eau et l'agriculture industrialisée ont sérieusement réduit ces pouvoirs. Seules la restauration des forêts, des zones humides, des cours d'eau et une agriculture plus fermée peuvent rétablir l'équilibre. Dans ce contexte, les écosystèmes piscicoles intégrés peuvent être introduits à plus grande échelle afin de réduire l'étirement de la spirale d'azote et d'améliorer le flux d'azote déformé dans l'écosystème. Tout d'abord, en recyclant le fumier de l'élevage industrialisé qui, sinon, charge les cours d'eau canalisés et les nappes phréatiques fortement polluées, deuxièmement, par leur forte capacité de rétention de l'azote capté au niveau des sédiments au cours de la période de croissance. Nous n'avons ni mesuré ni estimé la quantité d'azote dénitrifié, volatilisé ou perdu par suintement après la période de croissance lorsque les sédiments ont été mis à sec et exposés au soleil et au vent. Il ne fait aucun doute qu'il y a des pertes significatives d'azote tout au long de la saison de 4-5 mois. Pour résoudre ce problème, nous avons analysé le budget d'azote, s' étendant sur vingt ans, de notre exploitation commerciale de poissons-canards-luzerne-riz de quelque

300 ha. Sur vingt ans, la moyenne de l'accumulation annuelle n'étant que de 93 kg ha^{-1} (Tableau 4) par rapport aux valeurs ci-dessus correspondant à l'accumulation dans les étangs expérimentaux au cours de la période de croissance. Ceci indique que la percolation, la dénitrification et la volatilisation sont quantitativement importantes en période sèche et souligne l'intérêt technologique de ce paramètre de gestion.

Tableau 4

Budget de l'azote pour 20 ans (1970-1990) pour l'exploitation commerciale poissons+canards-luzerne-riz de Horvathpuszta de 300 ha environ (tonnes 20 an^{-1}). Teneurs azotées moyennes utilisées pour l'analyse. Fumier: 0,5; aliments pour poissons: 1,6, aliments pour canards: 1,9, luzerne: 2,7, poissons: 2,5, riz: 2,4, canards: 2,7 %

Intrants		Extrants	
Fumure inorganique	212	Rendement luzerne	46
Aliments pour canards	156	Rendement piscicole	86
Aliments pour poissons	17	Rendement rizicole	64
Fumier	14	Rendement canards	84
Sédimentation atmosphérique	90	Eau de drainage	170
Eau de remplissage	255	Dénitrification	236
Fixation de l'azote par la luzerne	210	Production totale, exploitation $^{-1}$	686
Fixation de l'azote par le bassin	292	Production totale, ha^{-1} an^{-1}	0.114
Total intrants, exploitation^{-1}	1246	Total intrants-extrants, expl.$^{-1}$	560
Total intrants, ha^{-1} an^{-1}	0.207	Total intrants-extrants, ha^{-1} an^{-1}	0.093

Le modèle de budgétisation de l'azote de cette exploitation commerciale a été vérifié à l'aide de mesures de l'azote sédimentaire. Heureusement, la teneur azotée totale dans les sédiments de cette exploitation avait été étudiée il y a 20 ans. A l'époque, les mesures traduisaient une moyenne de 1,62 mg N g^{-1} poids sec (FABRY 1975). Nous avons réexaminé la teneur en azote sédimentaire des mêmes 19 étangs. La moyenne après 20 années est montée à 5,10 mg N g^{-1} poids sec dans les sédiments. Le taux annuel d'accumulation de l'azote calculé à partir de ces valeurs mesurées a été de 174 µg N g^{-1} poids sec dans les sédiments. Ce taux d'accumulation correspond effectivement aux valeurs d'accumulation budgétisées, calculées pour l'exploitation. Cette analyse souligne la nature de la transformation des nutriments et de l'accumulation dans les écosystèmes associant pisciculture et élevage d'animaux. Cet aspect apporte de nouvelles perspectives pour ce type de recyclage nutritif de l'aquaculture, compte tenu également de la percée de l'agriculture alternative par rapport aux paysages agricoles industrialisés dans les pays en voie de développement.

RÉFÉRENCES

FABRY, Gy. 1975. Sediment chemistry of Szarvas fish ponds with aquacultural relation. — MEM Press, Budapest, 92 pp.

OLÁH, J. 1986. Carp production in manured pond. — *In:* BILLARD, R. & MARCEL, J. (eds.) Aquaculture of Cyprinids. INRA, Paris, pp. 295-303.

OLÁH, J. 1990. Wastewater-Fed Fishculture in Hungary. — *In:* EDWARDS, P. & PULLIN, R.S.V. (eds.) Wastewater-fed aquaculture, Proceedings of the International Seminar on Wastewater Reclamation and Reuse for Aquaculture (Calcutta, India, 6-9 December 1988). Environmental Sanitation Information Center, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, pp. 79-89.

OLÁH, J. & JANURIK, E. 1985. Methods to measure nitrogen cycling in shallow waters. — MEM Press, Budapest, 226 pp.

OLÁH, J. & SINHA V.R.P. 1986. Energy cost in carp farming systems. — *Aquacultura Hungarica* (Szarvas), **5**: 219-226.

OLÁH, J., SINHA V.R.P., AYYAPPAN, S., PURUSHOTHAMAN, C.S.& RADHEYSHYAM, S. 1986. Primary Production and Fish Yields in Fish Ponds under Different Management Practices. — *Aquaculture,* **58:** 111-122.

OLÁH, J. & SZABÓ, P. 1986. Nitrogen cycle in a macrophyte covered fish pond. — *Aquacultura Hungarica* (Szarvas), **5**: 165-177.

OLÁH, J., AYYAPPAN, S. & PURUSHOTAMAN, C.S. 1990. Processing and utilization of fermented waterhyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. in carp culture. — *Aquacultura Hungarica* (Szarvas), **6**: pp. 219-234.

OLÁH, J., VÖRÖS, G., KÖRMENDI, S. & PEKÁR, F. 1990. Groundwater nitrate biomanipulation in *Typha*-covered ponds with goose-cum-fish culture. — *In:* Proceeding of FAO-EIFAC Symposium on Production Enhancement in Still-Water Pond Culture (Prague, 15-18 May, 1990), pp. 107-113 .

OLÁH, J. & PEKÁR, F. 1991a. Wastewater-fed fish culture in Hungary. — *In:* ETHIER, C. & GUTERSTAM, B., Ecological Engineering for wastewater treatment. Proceedings of the International Conference (Stensund Folk College, Sweden, 24-28 March, 1991), pp. 125-133.

OLÁH, J. & PEKÁR, F. 1991b. Nitrogen metabolism in fish-cum-livestock ecosystems. — *In:* Workshop FAO/IPT "Integrated Livestock-Fish Production Systems" (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). — Institute for Advanced Studies, University of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 57-63.

OLÁH, J. & PEKÁR, F. 1993. Carbon, bacterial and community metabolism in the braiding Danube segment after the Devin Gate. — *In:* The Ecological basis for River Management. An International Symposium on River Management (Leicester, 22-26 March, 1993).

PEKÁR, F. & OLÁH, J. 1990. Organic fertilization. — *In:* Proceedings of FAO-EIFAC Symposium on Production Enhancement in Still-Water Pond Culture (Prague, 15-18 May 1990), pp. 116-122.

PEKÁR, F. & OLÁH, J. 1991. Carbon pathways, bioenergetic efficiencies and energy cost in fish-cum-livestock ecosystems. — *In:* Workshop FAO /IPT "Integrated Livestock-Fish Production Systems" (Kuala Lumpur, 16-20 December 1991). Institute for Advanced Studies, University of Malaya, Kuala Lumpur, pp. 78-84.

PEKÁR, F., KISS,L., SZABÓ, P. & OLÁH, J. 1993. Pond processing of high organic load in a fish-cum-duck culture system in Hungary. — *In:* World Aquaculture '93. World Conference and Exhibition (Torremolinos, Spain, 26-28 May 1993).

SCHROEDER, G.L. & HEPHER, B. 1979. Use of agricultural and urban wastes in fish culture. — *In:* PILLAY, T.V.R. & DILL, W.A. (eds.) Advances in aquaculture. Fishing News Books Ltd., Farnham, England, pp. 487-489.

SHARMA, B.K. & OLÁH, J. 1986. Integrated fish-pig farming in India and Hungary. — *Aquaculture,* **54:** 135-139.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 217 - 262 (1995)

Original : Anglais

APERÇU DE L' IMPACT POTENTIEL DE LA PISCICULTURE SUR LA LUTTE ANTIPARASITAIRE ET LA GESTION DES SUBSTANCES NUTRITIVES DANS LES RIZIÈRES

PAR

Arsenia G. CAGAUAN*

RÉSUMÉ. — La pisciculture en rizières est un système d'exploitation populaire dans de nombreuses régions rizicoles des tropiques. Le poisson élevé dans les rizières constitue une source peu coûteuse de protéines animales tout en fournissant une source de revenu complémentaire. Les rapports démontrent que la pisciculture en rizière contribue à augmenter les rendements de riz de l'ordre de 4,6 à 28,6% dans des pays comme la Chine, l'Inde, l'Indonésie, les Philippines et la Thaïlande. Ces augmentations s'expliquent par le rôle de la pisciculture et les mécanismes possibles de l'impact des poissons dans la lutte contre les parasites et les maladies et dans la gestion des substances nutritives. Le poisson, en tant qu'agent de lutte biologique contre les mauvaises herbes, les insectes, les escargots et certaines maladies du riz, offre une solution alternative attractive et sûre aux méthodes chimiques. Les espèces de poisson et les habitudes alimentaires, la biomasse et la densité d'origine, de même que le système de culture (monoculture ou polyculture), sont autant de facteurs essentiels à prendre en considération pour l'utilisation du poisson en tant qu'agent de biocontrôle. Le rôle de la profondeur de l'eau dans la lutte contre les mauvaises herbes doit être étudié conjointement avec l'impact des poissons. Certains groupes d'insectes sont largement maîtrisés par le poisson. Les espèces et les quantités d'insectes mangées par les poissons sont étroitement liées à leur cycle de vie et seuls les insectes qui vivent à la base des plantes ou tombent dans l'eau peuvent être mangés par les poissons. Des chercheurs chinois indiquent

* Freshwater Aquaculture Center, Central Luzon State University, Munoz, Nueva Ecija 3120 (Philippines).

que l'introduction de poissons dans les rizières réduit de 12 à 75% le nombre d'insectes représentant une menace pour le riz. Les poissons jouent un rôle dans la gestion des substances nutritives par leur apports (excreta) et par la conservation de l'azote dans le système. Le brassage du fond par les poissons peut entraîner une oxygénation de la surface du sédiment, libérer les nutriments fixés et augmenter la porosité du sédiment. Un fond poreux facilite le transport des nutriments vers la rhizosphère et ces nutriments peuvent ainsi être absorbés par les racines des plants de riz. La pisciculture associée à la riziculture stimule l'activité des micro-organismes, augmente la disponibilité des matières organiques et libère les nutriments qui profiteront à la croissance du riz. Les recherches axées sur le rôle du poisson dans la lutte contre les parasites et la gestion des nutriments sont peu nombreuses et leurs résultats n'ont guère été appliqués. Le présent exposé présente et examine les informations obtenues à ce sujet. Des voies de recherches futures sont proposées. L'opportunité d'investigations futures par ce biais s'inscrit dans le contexte d'un système d'exploitation convivial explorant le rôle de la pisciculture dans la lutte antiparasitaire et la gestion des nutriments dans les rizières.

Introduction

La pisciculture pratiquée dans les rizières constitue un système d'exploitation populaire, reconnu comme source peu coûteuse de protéines animales et de revenus complémentaires pour les paysans des régions rizicoles des tropiques. La plupart des efforts de recherche axés sur les systèmes agro-piscicoles intégrés se concentrent sur le rôle des rizières dans l'élevage de poissons et la rentabilité du système d'exploitation. Les travaux de recherche conduits par le passé se sont largement concentrés sur le concept de "l'intégration de la pisciculture et de la riziculture comme ressource alimentaire et source de revenu", au sujet duquel on peut trouver quantité d'informations dans PULLIN & SHEHADEH (1980) et DELA CRUZ *et al.* (1992).

On dispose d'une profusion d'informations sur le riz et son écosystème non associé à l'élevage de poissons. Les documents de WATANABE (1985), Roger & KURIHARA (1988) et ROGER (1989) contiennent d'excellentes informations sur la biologie des rizières humides tropicales sans poissons. Dans le présent exposé, je ne traiterai que des rizières associées à la pisciculture. Nombre d'exposés ont déjà été consacrés aux effets des pesticides sur les poissons et aux possibilités d'adaptation du poisson aux pratiques de gestion rizicole. Les pesticides sont considérés comme un obstacle à la pisciculture dans les rizières (KOESOEMADINATA 1980, CAGAUAN & ARCE 1992, CAGAUAN 1993a). Les moyens de lutte biologique font actuellement l'objet d'investigations en

raison de la prise de conscience accrue des inconvénients environnementaux des intrants chimiques pour le riz et du risque qu'ils engendrent pour la santé de l'homme. La promotion de la pisciculture en rizières ouvre de nouveaux domaines d'intérêt dans la gestion naturelle de l'environnement rizicole. Il n'existe, à l'heure actuelle, que très peu de documents consacrés à l'impact environnemental de la pisciculture en rizières. Les documents disponibles traitent de la lutte contre les mauvaises herbes, parasites et maladies, de l'impact des poissons sur la fertilité du sol, de l'effet des poissons sur les maladies véhiculées par un vecteur associé au riz, tandis que d'autres sont consacrés à des études sur l'établissement d'un modèle écologique et aux schémas comportementaux des poissons dans l'écosystème d'une rizière (Figure 1).

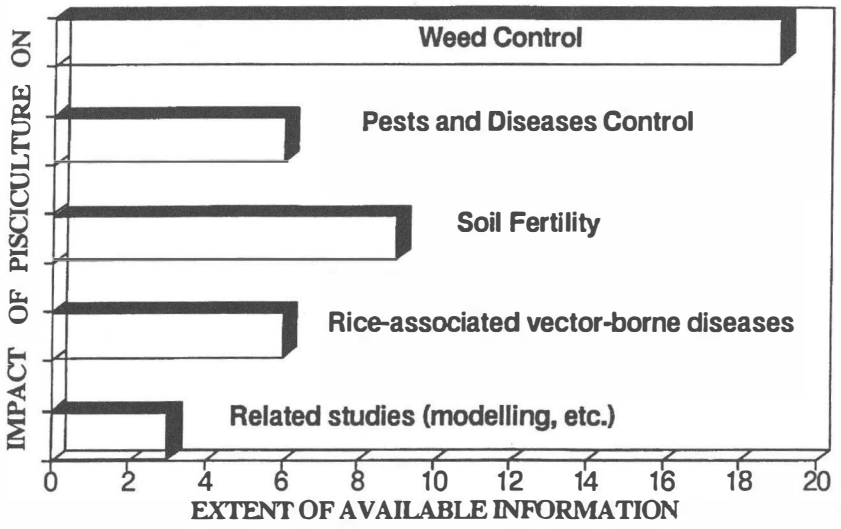


Fig. 1 — Impacts de la pisciculture en rizière et étendue de l'information disponible.

La gestion de l'écosystème du riz, dans le cadre de la lutte contre les maladies véhiculées par un vecteur, par la promotion de l'aquaculture, en faisant notamment appel à des poissons fournissant des protéines et se nourrissant de larves et de mauvaises herbes, offre des possibilités. (VERHOF 1994, ROGER & BHUIYAN 1990, MEIJEN 1940, ROGER & KURIHARA 1990, WENG & DSHU s.d., NIE *et al.* 1992). Les préoccupations majeures de la rizipisciculture intégrée concerneraient l'impact exercé par les poissons sur la lutte contre les mauvaises herbes, les parasites et maladies et sur la fertilité du sol. Ces trois rôles du poisson

pourraient fournir une explication aux augmentations rapportées des rendements rizicoles de l'ordre de 4,6 à 28,6% dans des pays comme la Chine, l'Inde, l'Indonésie, les Philippines et la Thaïlande (LIGHTFOOT *et al.* 1992), mais on ne dispose encore, à cet égard, d'aucun résultat de recherche clair et définitif (LIGHTFOOT *et al.* 1992). Le présent article expose et analyse les informations disponibles sur le rôle potentiel des poissons dans la lutte contre les "pestes" (insectes, mauvaises herbes) et les maladies, leurs avantages de même que leur impact sur la fertilité du sol pour la gestion des éléments nutritifs dans les rizières. Il suggère par ailleurs des voies possibles d'investigations futures.

La pisciculture en rizière pour la lutte contre les mauvaises herbes

La sensibilisation croissante enregistrée ces dernières années aux effets néfastes qu'exercent les pesticides sur l'environnement et la santé de l'homme a débouché sur l'application de méthodes de lutte biologique contre les parasites et les maladies dans les rizières. Dans la perspective de l'application de telles méthodes dans les lacs, réservoirs, fleuves et canaux d'irrigation, des études ont été conduites, ces dernières années, afin de déterminer la possibilité d'utiliser les poissons comme moyen de lutte de biologique contre les mauvaises herbes dans les rizières. Les poissons peuvent être considérés comme un "instrument" peu coûteux de lutte contre les herbes aquatiques et offrent une option alternative sûre aux méthodes chimiques dommageables pour l'environnement.

Les poissons interviennent de deux manières dans la lutte contre les mauvaises herbes, en fonction, principalement, de leurs habitudes alimentaires. Les espèces de poissons herbivores comme la carpe rousse (*Ctenopharyngodon idella*), le tilapia de Zill (*Tilapia zillii*), le barbeau argenté (*Puntius gonionotus*) et le *Tilapia rendalii* luttent directement contre les mauvaises herbes. Les poissons se nourrissant sur le fond agissent indirectement sur les mauvaises herbes en déracinant les végétaux submergés ou émergents. En outre, les perturbations qu'occasionnent, de cette façon, des poissons comme la carpe commune (*Cyprinus carpio*) causent une turbidité qui pourrait limiter la pénétration de la lumière et, partant, réduire l'activité photosynthétique. La décomposition des mauvaises herbes déracinées peut également être une source d'éléments nutritifs pour la production de phytoplancton. Les fleurs d'eau algales ombragent les mauvaises herbes.

Lutte contre les mauvaises herbes par diverses espèces de poissons

Le tableau 1 présente quelques espèces de poissons pouvant être utilisées pour la lutte contre les mauvaises herbes dans les rizières, et mentionne leurs habitudes alimentaires et d'autres caractéristiques biologiques. Certaines de ces espèces ont été évaluées en vue de la lutte contre les mauvaises herbes dans les rizières, tandis que d'autres sont, d'ores et déjà, élevées en rizières et représentent, en raison de leurs habitudes alimentaires, un potentiel de lutte contre les mauvaises herbes. L'espèce de poisson la plus couramment employée pour la lutte contre les mauvaises herbes est la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*) tant dans le cadre de systèmes de rizipisciculture simultanée ou en rotation, en monoculture qu'en polyculture. De nombreux articles citent également la carpe commune omnivore (*Cyprinus carpio*) comme moyen de lutte contre les mauvaises herbes. D'après les rapports, les poissons herbivores comme le tilapia de Zill (*Tilapia zillii*) et le barbeau argenté (*Puntius gonionotus*) sont moins fréquemment utilisés en rizipisciculture, alors qu'ils présenteraient un énorme potentiel en termes de lutte contre les mauvaises herbes si le problème de la disponibilité d'alevins était traité. Le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), le gourami à peau de serpent (*Trichogaster pectoralis*), la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*), la carpe à grosse tête (*Aristichthys nobilis*) et la loche cyprinide (*Misgurnus angullicaudatus*) sont d'autres espèces non herbivores envisagées comme complémentaires des espèces herbivores dans les systèmes de polyculture (CAGAUAN 1991).

Ces 20 dernières années, les études consacrées à la carpe herbivore se sont largement penchées sur le potentiel que recèle cette espèce pour la lutte contre les mauvaises herbes dans les lacs (VAN ZON 1980) comme solution alternative attractive aux méthodes manuelles, mécaniques et chimiques classiques.

La carpe herbivore est originaire du fleuve Amour, qui s'étend de la Russie à la Manchourie, et est communément élevée, dans d'autres régions, en monoculture ou en polyculture avec d'autres espèces comme la carpe commune et des planctonophages (carpe argentée et carpe à grosse tête) dans des rizières en jachère après la récolte du riz (BATENKO & SOROKHINA 1969, CHIZHOV & ANOSHIN 1969, CHIZHOV & DEMYANENKO 1972). Ce poisson doit être élevé en eaux profondes afin d'en garantir un bon taux de survie. Les essais *in situ* à grande échelle ont démontré que 75 à 85 % des carpes herbivores périssaient dans les

Tableau 1

Espèces de poissons pour la lutte biologique contre les mauvaises herbes des rizières (et leurs caractéristiques biologiques)

Fish species (Scientific name and origin)	Feeding habit	Action on weeds	Reproduction
A. Evaluated for rice-fish culture			
1. Grass carp *Ctenopharyngodon idella* Amur river	Plankton and invertebrate feeder; at approx. 30 mm long; becomes herbivorous at 150 mm	Directly consume aquatic weeds	Does not spawn in confined waters; naturally spawn in rivers of China; artificial propagation by hypophyzation
2. Common carp *(Cyprinus carpio)* China	Benthic omnivore	Benthic feeding dislodges weeds and and create turbidity that prevents light penetration for the growth of weeds	Spawns in confined waters
3. Zill's tilapia (*Tilapia zillii*) Africa	Herbivorous	Directly consume aquatic weeds	Spawns naturally. fecundity generally high about 7000 and about 6 spawnings per year (Balarin and Hatton 1979)
4. Nile tilapia *(Oreochromis niloticus)* Arfrica	Omnivore	Bioperturbation from its feeding activity disturbs weed growth; may consume weeds directly	Precocious spawning in natural waters
B. Other Species			
1. Silver barb (*Puntius gonionutus*) Indonesia, Thailand, Malaysia	Column and surface feeder	Directly consume various aquatic on various aquatic vegetation	Spawn in rivers ponds during the rainy season hypophyzation employed for artificial spawning
2. *Tilapia rendalli* Africa	Herbivorous	Directly consume aquatic weeds	Spawns naturally
3. Cyprinid loach *(Misgurnus anguillicaudatus)* Japan	Benthic	Benthic feeding its burrowing habit disturb weed growth	Spawns naturally in cold water; fecundity very high
4. Snakeskinned gourami (*Trichogaster pectoralis*) Indonesia, Thailand, Malaysia	Omnivore	Consume and dislodge weeds	Spawns in captivity
5. Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) China	Phytoplankton feeder	Bioperturbation	Do not spawn in captivity Hypophysation employed
6. Bighead carp (*Aristichthys nobilis*) India	Zooplankton feeder	Bioperturbation	Do not spawn in captivity Hyphophysation employed

eaux trop peu profondes des champs en jachère présentant une profondeur de moins de 35 cm d'eau, contre 3-5 % dans des profondeurs de 50 cm (CHIZHOV & ANOSHIN 1969). Les plantes aquatiques de prédilection de la carpe herbivore sont les jeunes pousses succulentes comme la lentille d'eau (espèces *Lemna, Spirodela*), *Wolffia, Azolla,* le potamot luisant (espèce *Potamogeton*), *Hydrilla verticillata, Najas, Chara, Muriophyllum* et *Eleocharis* (ROTTMAN 1977). En revanche, la carpe herbivore apprécie moins les plantes aquatiques fibreuses et ligneuses comme la jacinthe d'eau (*Eichhornia* sp.), *Pistia* sp. et *Sagittaria* spp.

La carpe commune (*Cyprinus carpio*) est l'une des espèces les plus utiles pour la lutte contre les mauvaises herbes dans les rizières (CAGAUAN 1991). En se nourrissant sur le fond, elle cause des dommages aux racines des mauvaises herbes et génère un état de turbidité, qui réduit la pénétration de la lumière et, par conséquent, affecte la croissance des plantes submergées. Dans un rapport consacré à la rizipisciculture en Russie, ONDERIKOVA (1957) indique que l'examen du contenu stomacal de la carpe commune a révélé la présence de semences d'*Echinochloa crus-galli*. La carpe commune peut être élevée en monoculture avec du riz ou en polyculture avec d'autres poissons dans les deux types de système rizipiscicole. Elevée en rizière, elle requiert des eaux moins profondes que la carpe herbivore, en raison de la différence de taille.

Le barbeau argenté (*Puntius gonionotus*) lutte contre les mauvaises herbes des rizières en s'en alimentant directement (PIEPHO 1987), ce qui est également vrai pour le tilapia de Zill (*Tilapia zillii*). La loche cyprinide (*Misgurnus anguillicaudatus*) est une espèce benthique qui, en fouissant le fond, perturbe la croissance des mauvaises herbes et peut en provoquer le déracinement.

Aux Philippines, le poisson le plus couramment élevé en rizipisciculture est le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), principalement en raison de la disponibilité immédiate d'alevins. Le tilapia du Nil est un planctonophage connu pour absorber d'énormes quantités d'algues bleues (cyanobactéries) et vertes. CAGAUAN (1989) a observé la présence de fragments de mauvaises herbes dans le tractus digestif du tilapia du Nil et de la carpe commune, mais il ne semble pas que les mauvaises herbes soient leur principale nourriture (PIEPHO 1987). Par conséquent, ces deux espèces n'exercent qu'un impact essentiellement indirect sur les mauvaises herbes.

Facteurs liés aux poissons et lutte contre les mauvaises herbes

Parmi les facteurs à prendre en considération lors de la sélection de poissons pour la lutte contre les mauvaises herbes, citons leurs habitudes alimentaires, la biomasse initiale requise, la densité de poissons et le système de culture à utiliser. Le tableau 2 présente une synthèse des résultats expérimentaux de l'évaluation de poissons comme moyens de lutte biologique contre les mauvaises herbes en rizières. Les poissons qui broutent directement les herbes luttent plus efficacement contre les mauvaises herbes que les espèces non herbivores, cependant que la taille du poisson et la réduction de l'abondance des mauvaises herbes ont un rapport direct. CAGAUAN (1989) a démontré que dans la rizipisciculture simultanée, l'utilisation de 10 000 unités/ha de petites carpes communes (16,5 g) et de tilapias de Zill (10 g) dans les cultures de paddy réduisait davantage que les grosses carpes communes (32 g) et les tilapias de Zill de 25,5 g la prolifération de *Monochoria vaginalis*. La réduction des mauvaises herbes était respectivement de 72-74 % et de 46 %. Une expérience conduite par FAGI *et al.* (1992) avec 2600 carpes communes/ha de 16,5 g. lors de l'empoissonnement a débouché sur une réduction de 30% des mauvaises herbes au 45ème jour. TSUCHIYA (1979) a observé que l'empoissonnement des rizières à raison de 1000 à 6000 carpes communes de 30 g par hectare entraînait tout d'abord la suppression des mauvaises herbes flottantes, puis des espèces submergées. Les résultats concernant la relation entre la densité de poissons et la réduction des mauvaises herbes sont variables, ce qui est probablement dû aux différentes espèces de mauvaises herbes présentes dans les rizières et aux espèces de poissons utilisées.

Des expériences *in situ* démontrent que la polyculture réduit davantage la prolifération des mauvaises herbes que la monoculture. SATARI (1962) a fait état d'une réduction de 40-47 % des mauvaises herbes dans les rizières associées à une polyculture de carpes communes et de tilapias du Nil et de 30 % avec des carpes communes en monoculture.

Les expériences conduites au Freshwater Aquaculture Center (FAC), Central Luzon State University (CLSU), aux Philippines, ont montré que 5 ou 6 espèces de mauvaises herbes étaient répertoriées dans les cultures sans poissons contre 2 à 3 espèces seulement dans les cultures associées à la pisciculture (CAGAUAN *et al.* 1993b; tableau 3). Il est possible que la diminution du nombre d'espèces de mauvaises herbes, avec prédominance de graminées, en présence de poissons soit liée à l'effet sélectif des poissons (figure 2). Le tilapia du Nil et la carpe

Tableau 2

Etudes de l'effet de la pisciculture, de l'espèce, de la taille et de la densité de poissons sur la lutte contre les mauvaises herbes dans un système de rizipisciculture simultanée et alternante

Fish species/ Type of rice-fish culture	Fish size (g)	Fish density (no./ha)	WEEDS Controlled	Reduction (%)	Not controlled	Other information	Source
A. MONOCULTURE							
1. Common carp *(Cyprinus carpio)*							
SIMULTANEOUS	16.50	10000	*Monocharia vaginalis*	46	grasses, sedges	Ave. water depth (cm)= 4 cm; fish stocking = 11 DAT	Cagauan, 1989
	31.93	10000	*Monocharia vaginalis*	72 - 74	grasses, sedges	Ave, water depth (cm)= 4.6 cm; fish stocking = 11 DAT	Cagauan, 1989
	(N.A.)	(N.A.)	Emergent weeds mostly Cyperaceae and Poaceae	30	free-floating weeds e.g *Azolla pinnata, Eichornia crassipes, Salvinia natans*	Data from first weeding	Satari, 1982
	(N.A.)	(N.A.)	Grasses and sedges	26 - 29	(N.A.)	Data from first weeding	Satari, 1982
	16.5	2600	All weeds particularly *Fimbristylis miliaceae, Cyperus iria, Leptochloa chinensis, Echinochloa colona, Ludwigia octovalvis,* disappeared in 45 DAT	30	(N.A.)	Fish stocked at 7 DAT	Fagi et al 1989
	30	1000 - 5000	Floating weeds disappeared after 1 1/2 months followed by submerged weeds	100	(N.A.)	(N.A.)	Tsuchiya 1979

Source: CAGAUAN (1991).

Tableau 2
(suite)

Fish species/ Type of rice-fish culture	Fish size (g)	Fish density (no./ha)	WEEDS Controlled	Reduction (%)	Not controlled	Other information	Source
A. MONOCULTURE							
1. Common carp *(Cyprinus carpio)*							
ROTATIONAL	1-yr old	(N.A.)	(N.A.)	(N.A.)	(N.A.)	Consumed 30 - 87 % of weed seeds on the soil surface and increased rice production by 0.3 - 0.6 t/ha	Chizhov and Dem'yanenko 1972
2. Zill's tilapia *(Tilapia zillii)*							
SIMULTANEOUS	10.39	10000	*Monocharia vaginalis*, Sedges	1.81 - 26.65	Grasses	Ave. water depth (cm)= 6.9 cm; fish stocking = 11 DAT	Cagauan, 1989
	25.52	10000	*Monocharia vaginalis*, Sedges	1.89 - 37.22	Grasses	Ave. water depth (cm)= 6.2 cm; fish stocking = 11 DAT	Cagauan, 1989
3. Nile tilapia *(Oreochromis niloticus)*							
ROTATIONAL	(N.A.)	5000 - 10000	(N.A.)	(N.A.)	*Hydrilla verticillata*	(N.A.)	Cruz, 1980
	90	200 - 300	*Phragmites communis*, *Scirpus sp.*	(N.A.)	(N.A.)	(N.A.)	Chizhov and Anoshin 1969

Source: CAGAUAN (1991).

Tableau 2
(suite)

Fish species/ Type of rice-fish culture	Fish size (g)	Fish density (no./ha)	WEEDS Controlled	WEEDS Reduction (%)	Not controlled	Other information	Source
A. MONOCULTURE							
4. Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)	yearling		(N.A.)	(N.A)	*Phragmites communis, Scirpus sp.*	(N.A.)	Yudin, 1968
ROTATIONAL							
	125	4000	*Typha latifolia,*	(N.A)	(N.A)	(N.A)	Tsuchiya, 1979
	67	30000	*Isachne globosa, Phragmites communis*	(N.A)	(N.A)	(N.A)	Tsuchiya, 1979
B. POLYCULTURE							
SIMULTANEOUS							
1. Common carp (*Cyprinus carpio*) Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)	(N.A.)	(N.A)	All weeds	40 - 47	(N.A)	(N.A.)	Satari, 1982
2. Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) Common carp (*Cyprinus carpio*) Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)	(N.A)	(N.A)	All weeds	97.5	(N.A)	In rice-Azolla-fish system. Fresh weed weight (g/m2) in rice alone= 450; rice-Azolla= 63; rice-Azolla-fish = 11.3	Liu, 1987

Source: CAGAUAN (1991).

Tableau 2
(suite)

Fish species/ Type of rice-fish culture	Fish size (g)	Fish density (no./ha)	W E E D S Controlled	Reduction (%)	Not controlled	Other information	Source
B. POLYCULTURE ROTATIONAL							
3. Grass carp *(Ctenopharyngodon idella)* Common carp *(Cyprinus carpio)*	Both fish 2-yr old	23 kg/ha	*Echinochloa spp., algae, Potamogeton spp., Scirpus spp.*	(N.A.)	(N.A.)	Water depth (cm) = 25 - 40	Yudin 1968
4. Grass carp *(Ctenopharyngodon idella)* Common carp *(Cyprinus carpio)* Silver carp *(Hypophthalmichthys molitrix)* Bighead carp *(Aristichthys molitrix)*	(N.A.)	(N.A.)	All weeds	85	(N.A.)	2 years rice followed by 1 year crop of fish	Botenko and Sorokhina 1969
5. The same fish from number 4	(N.A.)	(N.A.)	All weeds	96	(N.A.)	Fish rearing for 2 yrs.	Botenko and Sorokhina 1969

Source: CAGAUAN (1991).

Tableau 2
(fin)

Fish species/ Type of rice-fish culture	Fish size (g)	Fish density (no./ha)	WEED S Controlled	Reduction (%)	Not controlled	Other information	Source
B. POLYCULTURE							
6. Grass carp *(Ctenopharyngodon idella)* Common carp *(Cyprinus carpio)* Silver carp *(Hypophthalmichthys molitrix)*	3-yr old 3-yr old 1-yr old	50 - 80 15 - 20	All weeds C.carp consumed 30 - 87% % of weed seeds soil surface; grass carp completely controlled all weeds primarily *Echinochloa spp., Scirpus spp., Juncus spp. Najas spp., Utricularia spp., Chara spp.*; silver carp controlled weeds	100	(N.A.)	(N.A.)	Chizhov and Dem'yanenko 1972

N.A. = No available information

Source: CAGAUAN (1991).

Tableau 3

Composition et diversité des espèces de mauvaises herbes dans les rizières de plaine irriguées avec et sans poissons et pesticides dans un seul essai (saison sèche, 1992)

Family / Genera/species	Treatment / Plot	I (-Pesticide-Fish)					II (+Pesticide-Fish)					III (-Pesticide+Fish)					IV (+Pesticide+Fish)				
		331	312	317	332	305	329	316	309	326	306	327	310	315	322	307	325	318	311	328	308
A. POACEAE																					
1. Digitaria spp.											x										
2. Echinochloa glabrescens		x		x								x									
3. E. crus-galli					x		x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. E. colona		x	x	x		x															
5. Echinochloa spp.			x																		
6. Panicum distachyon																					
7. Paspalum spp.					x	x									x						x
8. Panicum spp.			x									x	x					x			
9. Ischaemum rugosum		x				x					x										
B. CYPERACEAE																					
1. Cyperus difformis					x	x	x		x		x										
2. C. imbricatus											x										
3. C.iria		x	x	x		x	x		x		x										
4. F. miliaceae		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			x				x		
D. PONTEDERIACEAE																					
1. Monochoria vaginalis					x	x	x		x		x								x		
E. SPHENOCLEACEAE																					
1. Sphenoclea zeylanica				x		x	x		x			x		x					x	x	
F. ONAGRACEAE																					
1. L. octovalvis				x		x					x								x		
2. L. perennis												x									
G. CONVULVOLACEAE																					
1. Ipomea aquatica										x											
No. of species that occurred		5	5	6	5	9	6	2	6	2	9	5	2	2	3	1	1	2	5	2	2

Source: CAGAUAN (1993 b).

commune en polyculture n'ont pas réussi à déraciner les herbes; peut-être ces espèces ne sont-elles pas friandes de graminées dont les tissus sont moins succulents que ceux des cypéracées. Dans notre expérience, la réduction des cypéracées s'élevait à 98,8 %.

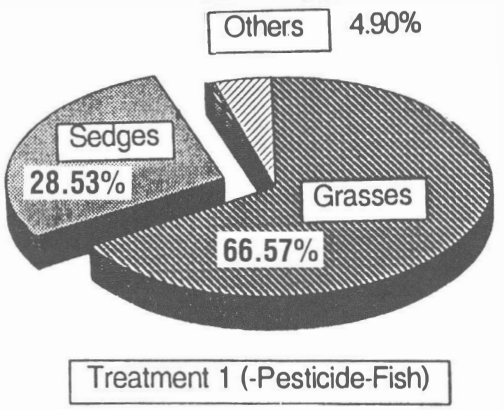
Nos expériences ont également démontré que la biomasse totale de mauvaises herbes fraîches (kg/ha) était inférieure dans les parcelles empoissonnées que dans celles traitées avec des pesticides (figure 3).

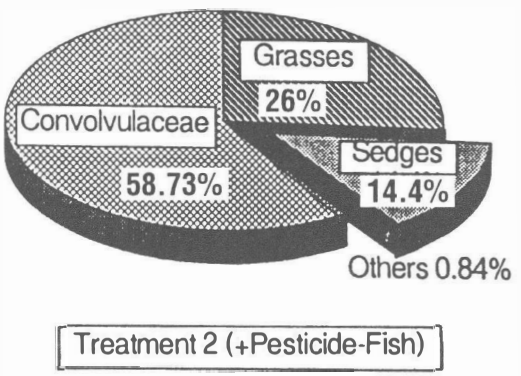
Les poissons ont réduit la biomasse totale de 67,10 % contre 18,25 % dans les parcelles traitées à l'herbicide (CAGAUAN *et al.* 1993b). L'analyse de variance a démontré que seuls les poissons contribuaient de manière significative à la réduction de la biomasse totale de mauvaises herbes ($P<0,05$) et non les herbicides ($P>0,05$). L'absence d'effet significatif des herbicides sur la diminution de la biomasse des mauvaises herbes s'explique peut-être par le fait qu'au moment de l'application (4-5 jours après la transplantation du riz), les mauvaises herbes n'étaient pas encore apparentes. Il est possible que l'herbicide ait déjà perdu de son efficacité lors de l'apparition des mauvaises herbes, moment à partir duquel les poissons ont été actifs pendant une période d'un mois.

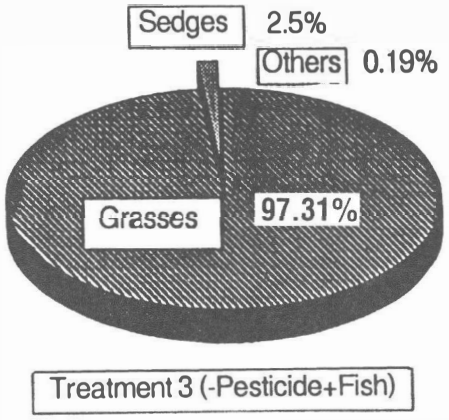
Les résultats d'une simple analyse de corrélation et de régression ont montré que la profondeur de l'eau n'a joué aucun rôle dans les variations de la biomasse totale des mauvaises herbes ni de la biomasse de groupes distincts de mauvaises herbes (CAGAUAN *et al.* 1993b). Les auteurs ont fait état d'une profondeur d'eau moyenne journalière, mesurée le matin et l'après-midi durant les 45 premiers jours (période précédant l'échantillonnage de mauvaises herbes) de 6,5 à 11,81 cm. La corrélation entre la biomasse totale de mauvaises herbes et la densité et la taille des poissons était négative ($r=0,50$). Les densités et les poids initiaux moyens des poissons étaient de 7300-8533 tilapias du Nil/ha (poids moyen = 6,30 g) et de 1140-16 700 carpes communes/ha (poids moyen = 3,19-3,93 g).

Dans huit comtés de Guangxi, en Chine, la prolifération moyenne de mauvaises herbes dans les rizières associées à la pisciculture était de 0,19 kg/m^2, soit une proportion nettement inférieure au 0,53 kg/m^2 relevé dans les rizières sans poissons ($P<0,01$) (WU NENG *et al.* 1987), ce qui correspond à une diminution de 64 % (tableau 4).

La lutte contre les mauvaises herbes dans les rizières inondées devrait avoir lieu durant les premières phases de la croissance, soit 20 à 30 jours après la transplantation (days after transplanting, DAT), parce que c'est à ce stade que la concurrence est la plus sérieuse (SINGH *et al.*







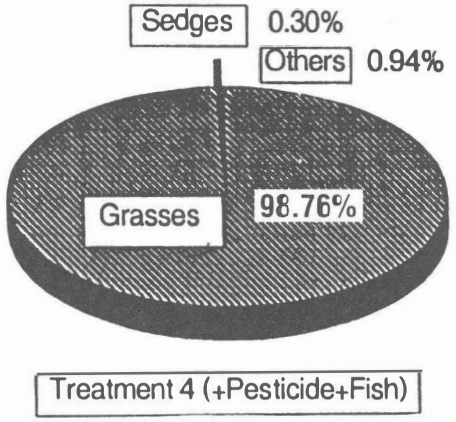


Fig. 2. — Répartition exprimée en pourcentage de différents groupes de mauvaises herbes dans le cadre de traitements avec et sans herbicides et poissons dans des rizières de plaines irriguées durant la saison sèche de 1992
(Source: CAGAUAN *et al.*).

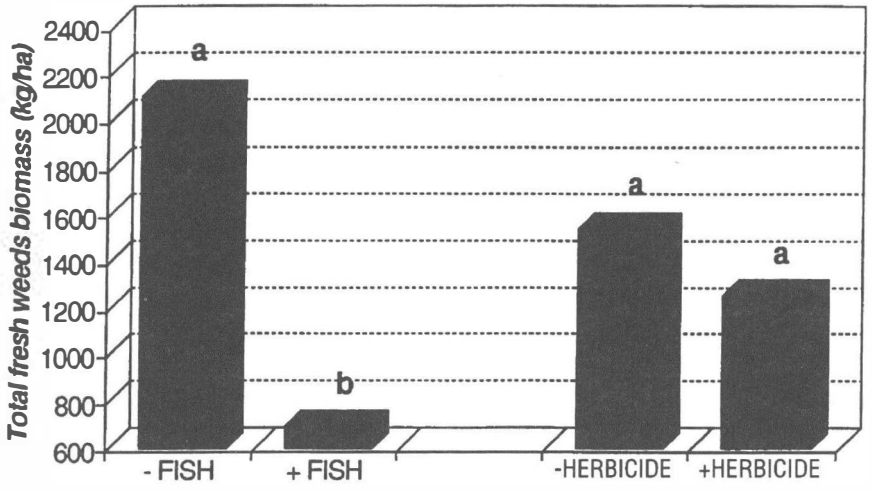


Fig. 3 — Biomasse fraîche totale (kg/ha) dans des traitements sans (-) et avec (+) poissons et herbicides durant la saison sèche de 1992 (Les lettres au-dessus de l'histogramme indiquent l'intérêt statistique. Des lettres similaires sont sans importance à un niveau de 5 %) (Source: CAGAUAN *et al.* 1993).

Tableau 4

Effet de l'empoissonnement de rizières sur les mauvaises herbes (kg/m²) dans les différents comtés de Guangxi, Chine

Counties	Weeds (kg/m2)	
	Ricefield with fish	Ricefield without fish
Guixian	0.36	0.60
Yulin (1)	0.25	0.85
Yulin (2)	0.35	0.75
Luchun	0.25	0.47
Pubei	0.08	0.25
Qinzhou (1)	0.10	0.30
Qinzhou (2)	0.13	0.28
Linshan	0.00	0.75
Mean	0.19 **	0.53

** Highiy significant at 1 % level of significance.

Source: Bureau of Agricultural Animal Husbandry and Fishery of Guangxi, décembre 1986, selon WU NENG *et al.* (1987).

1980). Il importe que la biomasse initiale des poissons soit suffisamment importante durant cette période pour pouvoir exercer un impact significatif sur les mauvaises herbes pendant au moins un mois, période durant laquelle la concurrence des mauvaises herbes est la plus intense.

Selon SATARI (1962), environ 73 % de la biomasse totale des mauvaises herbes est produite durant la période allant de la transplantation jusqu'au premier désherbage. Il semble que la croissance des mauvaises herbes après le premier désherbage ait diminué davantage sous l'effet d'un ombrage accru causé par les plants de riz qu'en raison de la présence de poissons (SATARI 1962) (tableau 5).

Tableau 5

Effet de l'empoissonnement de rizières suivant des méthodes diverses après transplantation du riz sur la biomasse de mauvaises herbes (t/ha)

Treatment	Weeding		
	First	Second	Total
C. carpio (5 days after transplanting (DAT) to first weeding)	1.7	0.6	2.3
C. carpio +Nile tilapia (5 DAT to first weeding	1.7	0.6	2.3
C. carpio (5 DAT to second weeding)	1.8	0.4	2.3
C. carpio+Nile tilapia (5 DAT to second weeding	1.7	0.2	1.9
C. carpio (5 DAT to 1 month after second weeding)	1.5	0.5	2.0
C. carpio+Nile tilapia (5 DAT to 1 month after second weeding)	1.5	0.2	1.7
No fish	2.4	0.9	3.3
Least significant difference (LSD at 5%)	0.6	0.4	0.9

Source: SATARI (1962).

Le rôle de la profondeur de l'eau dans la lutte contre les mauvaises herbes

La profondeur de l'eau joue un rôle important dans la croissance des mauvaises herbes dans les rizières. Nombre de mauvaises herbes ne germent pas dans les champs inondés (WRIGLEY 1969). Les populations de mauvaises herbes, en particulier des espèces émergentes, diminuent lorsqu'augmente la profondeur de l'eau. La réaction des espèces à

feuilles larges, face à l'augmentation de la profondeur de l'eau, est moins marquée et varie selon les espèces (DE DATTA 1981, KOHLE *et al.* 1983). Le tableau 6 résume des effets observés de la profondeur de l'eau sur la croissance des mauvaises herbes.

Tableau 6

Effet de la profondeur de l'eau sur la croissance des mauvaises herbes

Prof. l'eau (cm)	Effet	Source
5	Diminution des herbes.	DE DATTA 1981
	Suppression totale de *Marsilea crenata.*	KOHLE *et al.* 1983
		PIEPHO & ALKAMPER 1991
15	Laîches absentes	DE DATTA 1981
		KOHLE *et al.* 1983
15	*Echinochloa crus-galli*	ARAL 1963 as cited by MOODY 1992
15-20	Efficace dans la lutte contre un bon nombre de mauvaises herbes.	GARCIA 1931 as cited by MOODY 1992
15	Lutte contre toutes les espèces de mauvaises herbes.	PIEPHO & ALKAMPER 1991
>10	Elimination presque totale des laîches.	PIEPHO & ALKAMPER 1991
>7	Favorable au développement de laîches.	PIEPHO & ALKAMPER 1991
5-7	Forte réduction des espèces latifoliées.	PIEPHO & ALKAMPER 1991
9-11	Augmentation marquée du développement des espèces à feuilles larges.	PIEPHO & ALKAMPER 1991
>10	Favorable au développement de *Monochoria vaginalis*	PIEPHO & ALKAMPER 1991

PIEPHO & ALKAMPER (1991) ont observé que dans les rizières sans poissons, le nombre de mauvaises herbes augmentait parallèlement à la diminution de la profondeur de l'eau. La présence de *Cyprinus carpio, Oreochromis niloticus* et *Puntius gonionotus* dans les rizières irriguées entraîne une réduction du nombre de cypéracées et de mauvaises herbes latifoliées à de faibles niveaux d'eau de l'ordre de 5 cm (PIEPHO & ALKAMPER 1991). Pour la rizipisciculture, la profondeur d'eau de la rizière devrait être de 2-5 cm pendant les deux premières semaines suivant la transplantation, et être progressivement portée à 15-20 cm (HORA & PILLAY 1962). La profondeur d'eau requise dépend de la taille et du type de poisson élevé, mais elle doit être d'au moins 10 cm pendant une partie de la période de culture (KHOO & TAN 1980). Une hauteur d'eau supérieure à 15 cm risque de retarder la maturation du riz (GARCIA 1931, cité par MOODY 1992) et entraîner une diminution des rendements rizicoles (HENGEL 1987, cité par BINDRABAN 1990).

Intégration d'*Azolla* et de poisson dans la lutte contre les mauvaises herbes

Les propriétés fixatrices d'azote des espèces *Azolla* suggèrent leur utilité, non seulement en agriculture, comme engrais biologique, mais aussi en aquaculture, comme aliments pour poissons et sources de substrats organiques riches en azote dans des systèmes agro-aquacoles intégrés tels que la rizipisciculture (CAGAUAN & PULLIN 1992). *Azolla* peut être davantage qu'un engrais vert car il peut diminuer les pertes d'engrais azoté dues à la volatilisation de l'ammoniaque en réduisant le pH de l'eau, supprimer les mauvaises herbes, être une source de K, servir d'aliment pour les animaux et être un producteur primaire dans un système de culture riz-poisson-*Azolla*-poisson (IRRI 1987). LIU (1987) a indiqué que le poids frais des mauvaises herbes était de 450 g/m2 dans la monoculture de riz, de 63 g/m2 dans un système intégré riz-*Azolla* et de 11,3 g/m2 dans un système intégré riz-*Azolla*-poisson. Dans un système intégré riz-*Azolla*-poisson, on notait une réduction correspondante des mauvaises herbes de 97% comparativement au riz seul et de 86% comparativement au système riz-*Azolla*. Les poissons utilisés étaient des carpes herbivores, des carpes communes et des tilapias du Nil dans un système de polyculture simultanée. *Azolla* doit impérativement être continuellement disponible en quantités suffisantes dans la rizière, pour servir de nourriture aux poissons et en même temps former un tapis supprimant les mauvaises herbes.

Le rôle des poissons dans la lutte contre les parasites et les maladies du riz

Le tableau 7 présente une synthèse des effets observés des poissons dans la lutte contre les parasites et les maladies dans les rizières. Parmi les insectes combattus par les poissons, citons les cicadelles des plants, les cicadelles des feuilles, les chenilles mineuses et les insectes plieurs de feuilles. En Chine, XU YUCHANG & GUO YIXAN, cités par LIGHTFOOT *et al.* (1992), ont observé une réduction de l'incidence des cicadelles des feuilles et du "striped disease" du riz dans des expériences comparatives de monoculture du riz et de rizipisciculture. En présence de carpes communes (*Cyprinus carpio*) de 6,6 cm, il y avait 50 % de cicadelles en moins que dans les rizières sans poissons à la fin de la phase de tallage (JI & YU 1987, cités par XIAO 1992). La présence de carpes communes réduisait également les chenilles mineuses et les insectes plieurs de feuilles au quatrième stade larvaire.

Tableau 7

Quelques résultats d'expériences concernant les effets des poissons sur les parasites et les maladies dans les rizières.

Pest	Extent of Control	Fish/Size	Source
INSECT			
Planthoppers	50% less in ricefields with fish compared to ricefields without fish at the end of tillering stage	Common carp (*Cyprinus carpio*) 6.6 cm	Ji and Yu 1987 as as cited in Xiao 1992
Stemborers	Rate of dead hearts in ricefields without fish = 0.29% while 0% in the ricefields with fish	Common carp (*Cyprinus carpio*) 6.6 cm	Ji and Yu 1987 as in Xiao 1992
Leaffolders	More than half the (fourth number of pests were counted generation) in control compared to the ricefields with fish. The rate of rolled leaves in rice monoculture= 4.4% while the rice-fish culture was 1.59%.	Common carp (*Cyprinus carpio*) 6.6 cm	Ji and Yu 1987 as in Xiao 1992
DISEASE			
Sheath blight	Early and late rice in the ricefields with fish infected with sheath blight disease were 24.5 - 29.8% and 6.5-42.7%, respectively, than in ricefields without fish.	Grass carp, Nile tilapia Common carp	Xiao 1992

Les espèces et les quantités de parasites ingérées par les poissons sont étroitement liées à leur cycle biologique (XIAO 1992). Seuls les parasites qui se logent à la base des plants ou tombent dans l'eau peuvent être mangés par les poissons; ils proviennent de trois sources:

1. des parasites adultes et larvaires dont le cycle de vie entier se déroule dans l'eau;
2. des parasites qui se logent à la base des plants (les cicadelles des plants et des feuilles se nichent généralement sur les sections médianes et inférieures des plants de riz pour sucer la sève du plant pendant la journée et grimpent vers la section supérieure de la feuille pour se nourrir la nuit et/ou très tôt le matin);

3. des parasites qui tombent dans l'eau durant la migration, p.ex. cicadelles des plants, cicadelles des feuilles et "army worms".

Les larves d'insectes (après 3 mues) tendent à s'enrouler et à faire le mort si elles tombent dans l'eau. Lorsque les chenilles mineuses migrent d'un plant à l'autre et tombent dans l'eau, elles sont avalées par les poissons qui contribuent, de la sorte, à la lutte contre ces parasites. XIAO (1992) a rapporté que les carpes herbivores de plus de 6,6 cm consommaient le plus grand nombre de cicadelles des feuilles de riz.

Le rôle des poissons dans la lutte contre les parasites du riz a été démontré par LI KANGMIN (1986, 1988) (tableau 8). Les données indiquent une réduction de 12 à 75 % des parasites dans un système intégré riz-poisson. Les poissons comme la carpe commune se nourrissent régulièrement d'importantes quantités d'insectes du riz, tels que *Nephotettix* spp., *Schoenobius incertellus* et *Chilo simplex* (IDRC, 1981 in SPILLER 1985). Au nord-est de la Thaïlande, MACKAY *et al.* (1986) ont observé à Sakon Nakhon une substantielle réduction de l'incidence globale des parasites et des maladies du riz en présence de poissons (tableau 9, figure 4). CHAPMAN *et al.* (1986) ont également noté que l'intégration de poissons dans la riziculture pouvait réduire les parasites mais les preuves concernant les maladies fongiques sont contradictoires.

Tableau 8

Impact des poissons sur les parasites du riz dans un système de rizipisciculture en Chine

	Rice Stemborer				Rice leaf roller		Plant Hopper	Leaf Hopper	Frequency of insecticide application
	2nd generation		3rd generation		Rolled leaves per 100 stands	White leaves (l)	(kg/ha)	(kg/ha)	
	Egg masses per ha	White heads (l)	Egg masses per ha.	White heads (l)					
Rice + Fish	75	0.1	300	25	12	2	180	120	1
Rice + Fish	150	0.3	900	0.35	44	1.2	300	300	1
Rice only	300	0.5	1200	0.5	50	1.6	400	400	3

Source: LI KANGMIN (1986).

En Inde, SINHABABU & MAJUMDAR (1981) ont mené une expérience afin d'évaluer le comportement alimentaire de la carpe commune (188 mm de long; 100 g) face à un grave parasite du riz, la cicadelle brune du plant (*Nilaparvata lugens*). Les carpes communes pouvaient se nourrir d'un nombre connu de cicadelles brunes dans des plants de riz en pots maintenus dans 20 cm d'eau pour simuler en laboratoire l'écosystème du riz. Ils ont enregistré le nombre de cicadelles consommées, calculé le pourcentage de

Tableau 9

Incidence des parasites et des maladies dans les rizières, Sakon Nakhon, N-E de la Thaïlande, avec et sans poissons

Pests and Diseases including Scientific Names	With cultured fish	Without cultured fish
	(Numbers represent mean farm per season)	
PESTS		
Leaf folder (Cnaphalocrosis medinalis)	20.6	28.6
Leaf roller (Cnaphalocrocis medinalis)*	9.2	19.4
Whorl maggot (Hydrellia spp.)	16.2	0.6
Stem borer (Chilo suppressalis)	3.0	1.2
Gall midge (Orseolia oryzae)	20.6	20.4
DISEASES		
Narrow brown leaf spot (Cercospora orizae)	91.2	210.4
Sheath blight (Rhizoctonia solani)	33.8	102.4
Bacterial leaf blight (Xanthomonas campestris)	30.8	74.6

* Although the leaf roller and leaf folder cause different symptoms in affected plants, they are probably the same species.

Source: MACKAY *et al.* (1986).

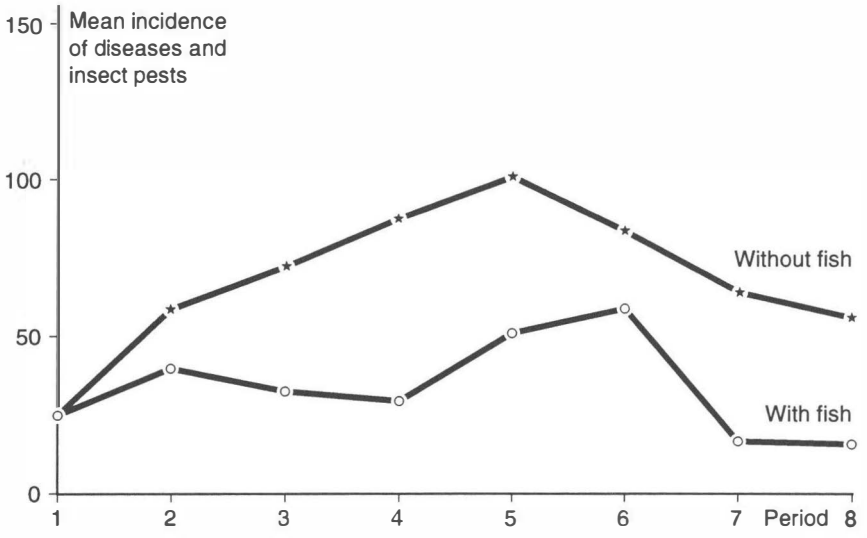


Fig. 4. — Incidence des parasites et maladies du riz dans le temps dans des rizières, avec et sans poissons, au nord-est de la Thaïlande (Source: MACKAY *et al.*).

cicadelles absorbées et l'examen du contenu du tractus digestif et des poissons morts a été fait 3 heures après le début du nourrissage. Les observations du comportement alimentaire, du contenu des intestins et de la quantité de cicadelles absorbées, de même que les essais histochimiques et biochimiques de l'activité protéolytique des intestins indiquent que les poissons peuvent se nourrir de cicadelles brunes dans des conditions naturelles. Lorsque les aliments de prédilection des poissons ne sont disponibles qu'en quantités limitées, les poissons peuvent se satisfaire de ce qu'ils trouvent; la plus grande prudence est donc de mise dans l'interprétation des résultats d'expériences de nourrissage en milieu confiné.

Une autre maladie du riz pouvant être combattue par les poissons est le "sheath blight". XIAO (1992) a fait état des mécanismes possibles par lesquels la carpe herbivore inhibe la maladie. Le poisson mange les sclérotes du charbon de l'enveloppe et les digère après 24 heures. La carpe herbivore mange également les hyphes germant sur les sclérotes. L'auteur ajoute également que les excréments des poissons n'empêchaient pas la germination des sclérotes, mais que les sclérotes traités avec des excréments de poissons développaient des hyphes plus lentement que les sclérotes normaux. La lutte contre le "sheath blight" par le poisson n'est possible que lorsque cette maladie se propage à la surface de l'eau. Lorsque la maladie se propage verticalement sur les plants de riz, l'intervention des poissons est inefficace (XIAO 992). Des pratiques culturales inadéquates comme l'utilisation d'engrais dans des proportions incorrectes ou une gestion médiocre des eaux, peuvent provoquer des déséquilibres dans la croissance du riz, le rendant très vulnérable aux parasites et aux maladies (XIAO 1992). L'auteur explique également que l'occurrence du "sheath blight" du riz est liée à l'humidité du champ et aux proportions d'engrais NPK appliquées, notamment un excès d'azote.

XIAO (1992) indique également que la carpe herbivore de plus de 6,6 cm de long consomme le plus grand nombre de cicadelles des feuilles. Selon le même auteur, la réaction négative de la reproduction et de la migration de populations d'insectes en fonction de la densité va à l'encontre de l'action prédatrice continue exercée par les poissons sur les insectes. L'auteur explique que lorsque le nombre de parasites est important, le nombre de leurs ennemis naturels augmente également. Il ajoute que les mécanismes naturels d'équilibre et d'adaptation des populations peuvent diminuer l'impact des poissons sur les parasites. Lorsque la capacité d'absorption des parasites par les poissons ne suffit pas

pour rompre les mécanismes d'adaptation des populations de parasites, l'absorption d'une importante partie de la population de parasites ne peut exercer d'influence significative sur la croissance et le déclin de cette population. Par conséquent, le rôle des poissons dans la lutte contre les parasites doit être évalué avec prudence et ne peut être surestimé.

Le rôle des poissons dans la gestion des éléments nutritifs des rizières

L'environnement rizicole est influencé par les eaux d' inondation, ce qui permet de distinguer cinq environnements majeurs dans l'écosystème d'une rizière: eaux d' inondation, sol superficiel oxydé, plant de riz, rhizosphère et sous-sol (ROGER 1989). Les eaux d' inondation constituent un environnement photique aérobie où les producteurs chimio- et photosynthétiques (bactéries, algues et mauvaises herbes aquatiques), les consommateurs primaires (herbivores) et les consommateurs secondaires (insectes et poissons carnivores) fournissent des matières organiques au sol et recyclent les éléments nutritifs. Du fait des échanges continus entre l'eau et l'horizon oxydé du sol, les deux environnements sont dans un continuum (WATANABE & FURUSAKA 1980).

La composition chimique des eaux d' inondation dépend de celle des eaux d'irrigation et du sol (ROGER 1989). L'auteur explique que la composition varie largement durant le cycle de culture et au sein d'une même parcelle selon:

1. l'application d'engrais;
2. les perturbations mécaniques du sol, causant une dispersion des particules du sol dans l'eau;
3. la nature et la biomasse des communautés aquatiques;
4. la dilution par les précipitations et l'eau d'irrigation;
5. l'absorption au niveau du sol superficiel;
6. la croissance du riz.

La pisciculture dans les rizières pourrait influencer la composition en nutriments des eaux d' inondation et de l'horizon oxydé du sol comme suit:

1. engrais supplémentaires provenant des excréments de poissons et des poissons morts ;
2. perturbation par les poissons de l'interface sol-eau causant une dispersion des particules du sol dans l'eau et entraînant une libération des éléments nutritifs du sol vers l'eau;

3. les perturbations de la portion superficielle du sol par les poissons rendent le sol poreux et, partant, facilitent l'absorption des éléments nutritifs par les racines des plants de riz; de ce fait, l'absorption d'éléments nutritifs par le riz s'en trouve accrue en présence de poissons;
4. les poissons broutant la biomasse aquatique photosynthétique et d'autres composants de l'écosystème favorisent le recyclage des éléments nutritifs.

Le rôle des poissons dans le cycle de l'azote des rizières marécageuses

La figure 5 fournit une représentation schématique du rôle des poissons dans le cycle de l'azote des rizières marécageuses. Les excréments des poissons et les poissons morts contribuent au pool de matières organiques du système. La mesure dans laquelle des quantités de matières organiques sont susceptibles d'influencer le rassemblement de matières organiques de cette manière dépendrait de la biomasse de poissons. La minéralisation de l'apport en matières organiques des poissons entraîne la production de N au sein du système.

Se fondant sur des données relatives à trois cultures en station de recherche, un modèle d'azote permanent pour les rizières de plaine irriguées a été élaboré à l'aide de l'ECOPATH pour différencier et évaluer les flux d'azote dans les écosystèmes riz et riz-poisson, ainsi que les impacts et les interactions de leurs différents composants, en particulier le riz et le poisson (CAGAUAN *et al.* 1993c). Les résultats montrent que l'azote est produit et transféré aux détritus en plus grandes quantités dans l'écosystème riz-poissons que dans le système ne comportant que du riz (tableau 10). Le débit total supérieur dans le système riz-poisson indique la présence d'un plus grand nombre de consommateurs et de voies de flux. Ceci implique que les systèmes intégrant des poissons présentent une plus grande capacité de production et de capture d'azote que les systèmes sans poissons (CAGAUAN *et al.* 1993c). Les perturbations provoquées par les poissons pourraient entraîner une amélioration de l'utilisation de l'azote au sein de l'écosystème, ce qui implique une efficacité supérieure du transfert de l'azote à tous les niveaux trophiques des systèmes comportant des poissons (CAGAUAN *et al.* 1993c).

L'augmentation d'amrnoniaque dans les rizières marécageuses est influencée par le pH et la température. Plus le pH de l'eau d'inondation est élevé, plus la perte potentielle d'azote due à la volatilisation de

Tableau 10
Synthèse des statistiques pour les modèles d'azote en rizières de plaine irriguées avec et sans poissons

Unit	Rice	Rice-Fish
Total production (kg N/ha/crop)	465.60	476.80
Total flow to detritus (kg N/ha/crop)	447.10	456.80
Total throughput (kg N/ha/crop)	1122.22	1183.60
Throughput cycled (kg N/ha/crop (includes detritus)	334.40	346.30
Cycling index (%)	59.60	58.50
Mean path length	11.45	12.11

Source: CAGAUAN, DELA CRUZ & LIGHTFOOT (1993 c)

l'ammoniaque est importante (DE DATTA *et al.* 1983). A mesure que le pH augmente, la quantité de NH_3 augmente et celle de NH_4^+ diminue. Jusqu'à un pH de 8 environ, la concentration d'ammoniaque est décuplée par unité d'accroissement du pH (ROGER *et al.* 1987). Le cycle diurne de pH de l'eau d'inondation résulte principalement de l'épuisement du CO_2 dans l'eau par la biomasse aquatique photosynthétique durant la journée et sa régénération par respiration durant la nuit (BOULDIN *et al.* 1984, CRASWELL *et al.* 1981, FILLERY *et al.* 1984, MIKKELSEN *et al.* 1978, tous cités dans ROGER *et al.* 1987). Les pertes estimées via la volatilisation d'ammoniaque vont de 2 à 60 % de l'azote appliqué (FILLERY *et al.* 1984). La situation la plus défavorable correspond au début de la culture, lorsque le feuillage clairsemé du riz permet une forte activité de photosynthèse par une population restreinte de biomasse aquatique photosynthétique qui augmente considérablement le pH sans limiter les pertes par immobilisation de l'azote (ROGER & KURIHARA 1988).

Les poissons peuvent contribuer à la conservation de l'azote dans les rizières marécageuses en broutant la biomasse aquatique photosynthétique et en créant un état de turbidité qui réduit l'augmentation de pH propice à la volatilisation de l'ammoniaque. Les poissons qui s'alimentent en surface, comme le tilapia du Nil microphytophage (*Oreochromis niloticus*), pourraient éventuellement réduire la production

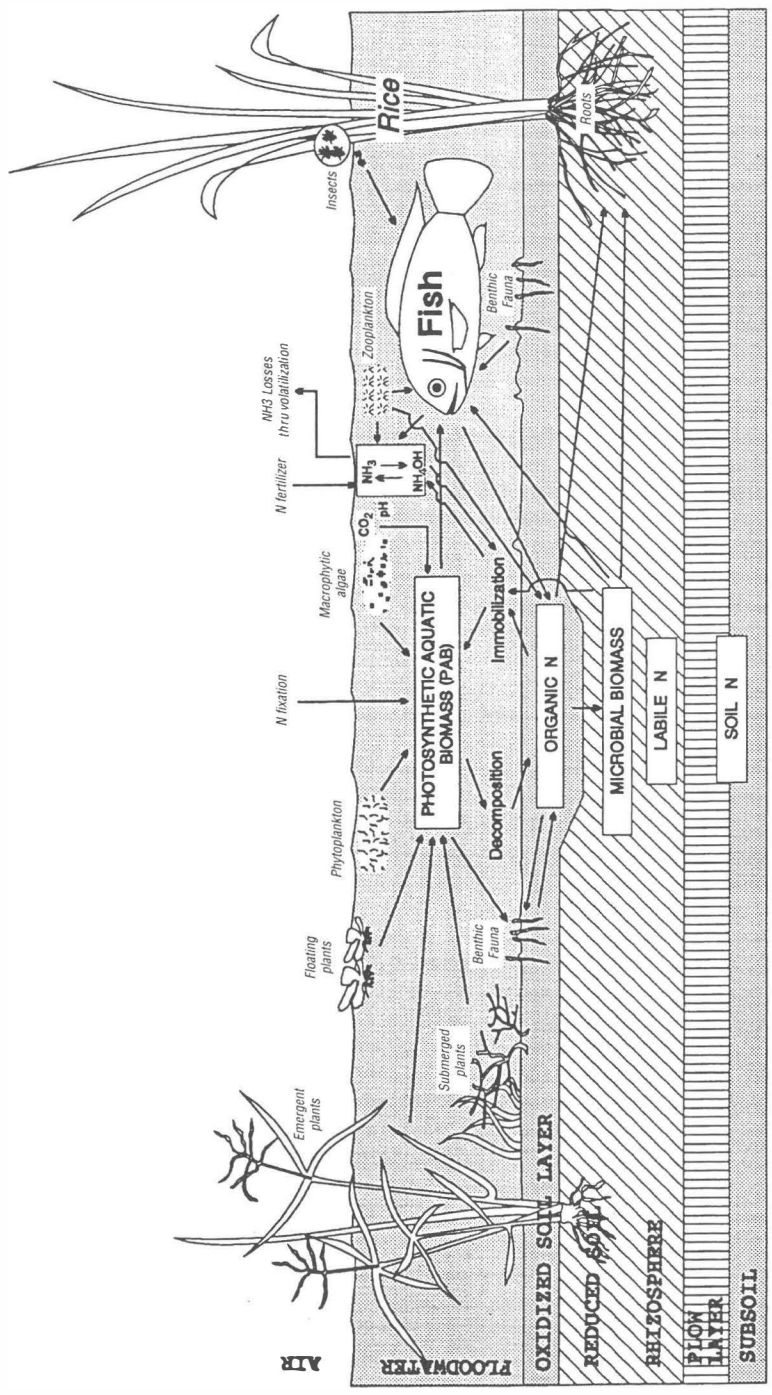


Fig. 5. — Représentation schématique du rôle des poissons dans le recyclage d'azote dans les rizières marécageuses

de biomasse aquatique photosynthétique, mais les vitesses de production sont plus élevées que la réduction due aux poissons. Cependant, le tilapia du Nil phytoplanctonophage pourrait être sélectif. Il semblerait que les algues bleues présentent une meilleure valeur alimentaire parce qu'elles sont plus facilement digérées par le tilapia du Nil (COLMAN & EDWARDS 1987). Le tilapia du Nil est capable de lyser les algues bleues (MORIARTY 1973). L'impact du broutage d'un seul groupe de phytoplancton comme les algues bleues pourrait entraîner la prolifération d'un autre groupe comme les algues vertes et les eugléniens.

En se nourrissant sur le fond, certains poissons comme la carpe commune (*Cyprinus carpio*) créent des conditions de turbidité qui réduisent la pénétration de la lumière et, partant, limitent le taux de photosynthèse. Ceci pourrait peut-être réduire l'augmentation de pH propice à la volatilisation de l'ammoniaque.

Les expériences menées au FAC, CLSU, Philippines, démontrent que les parcelles empoissonnées présentent un pH matinal nettement inférieur (de 0,27 à 0,57 unité) à celui des parcelles sans poissons ($P< 0,01$) (CAGAUAN *et al.* 1993b). Cette condition est cependant attribuée à des concentrations inférieures en O_2 le matin, liées à la respiration de la faune aquatique durant la nuit. Comme les pressions partielles du CO_2 et de l'O_2 sont inversement proportionnelles, la concentration d'O_2 et le pH présentent une corrélation positive (ROGER & BHUIYAN 1990). La diminution du pH dans les parcelles empoissonnées n'est pas significative par rapport au niveau de pH contribuant à la perte d'azote via la volatilisation d'ammoniaque, étant donné que le pH augmente l'après-midi (CAGAUAN *et al.* 1993b). Des valeurs de pH supérieures à 9 ont été observées l'après-midi, alors que l'activité de photosynthèse est la plus élevée, dans des rizières avec et sans poissons durant les 45 premiers jours (CAGAUAN *et al.* 1993b).

L'augmentation du pH dans l'eau d'inondation propice à la perte d'azote due à la volatilisation de l'ammoniaque est liée à la biomasse aquatique photosynthétique qui se produit généralement au premier stade de la culture du riz. CAGAUAN *et al.* (1993b) ont indiqué que les productivités brutes de plancton variaient de 3 à 3,35 g C/m²/jour dans les étangs refuges et de 0,27 à 0,34 g C/m²/jour dans les rizières. La productivité aquatique en rizière est limitée par le développement de l'épais feuillage du riz qui limite la quantité de lumière qui filtre, à travers les plants, pour atteindre l'eau et entraîne une diminution de la production photosynthétique. Sous le riz transplanté, la lumière est

réduite de 50 % au bout de 15 jours, de 85 % après 30 jours et de 95 % après 60 jours (KURASAWA 1956) et les modifications de luminosité qui en résultent affectent la croissance d'organismes photodépendants (ROGER & BHUIYAN 1990). Dans le cadre de l'expérience conduite au FAC, CLSU, Philippines, des productivités de photosynthèse supérieures ont été observées en présence de poissons et en cas d'application de pesticides (CAGAUAN *et al.* 1993b). Ceci témoigne de l'effet stimulateur des poissons et des pesticides. Il est possible que le déplacement des poissons ait contribué au recyclage et à la distribution des éléments nutritifs dans l'écosystème, entraînant une productivité photosynthétique plus élevée. L'effet stimulateur des pesticides sur la production photosynthétique aquatique est dû à l'inhibition des invertébrés qui se nourrissent d'algues, favorisant, par conséquent, les organismes photodépendants (ROGER & KULASOORIYA 1980). L'effet stimulateur des pesticides sur la productivité photosynthétique constitue en quelque sorte une relation prédateur-proie. L'insecticide carbofurane inhibe les invertébrés qui s'alimentent d'algues, favorisant donc le développement d'algues bleues et la fixation d'azote biologique (TIROL *et al.* 1981).

PANDA *et al.* (1987) ont démontré l'effet d'enrichissement des éléments nutritifs qu'exerce la perturbation de l'interface sol-eau par les poissons. Ces chercheurs ont indiqué que la concentration d'azote et son absorption par le riz augmentaient de manière significative, respectivement de 5 % et 10 % ($P<0,05$), en présence de poissons.

Le rôle des poissons dans le cycle du phosphore des rizières marécageuses (Figure 6)

Le phosphore est souvent un élément nutritif limitatif pour la productivité primaire parce qu'il se fixe aisément dans le sol. Le transfert de P du sol vers l'eau d' inondation implique trois mécanismes: 1) les perturbations mécaniques du sol; 2) la diffusion au départ du sol; et 3) l'activité du plancton et de la faune (WATANABE & ROGER 1985).

La fouille du sol par les poissons peut entraîner une oxygénation de l'horizon superficiel du sol, une libération des éléments nutritifs dans l'eau d' inondation et une augmentation de la porosité du sol. Lorsque le sol est fouillé, la phase solide et la solution pédologique se mélangent avec l'eau sous-jacente et le P se libère du sol . Selon WATANABE & ROGER (1985), le mécanisme de diffusion de P du sol vers l'eau provient d'études conduites dans des lacs et estuaires. L'orthophosphate peut être fixé par adsorption

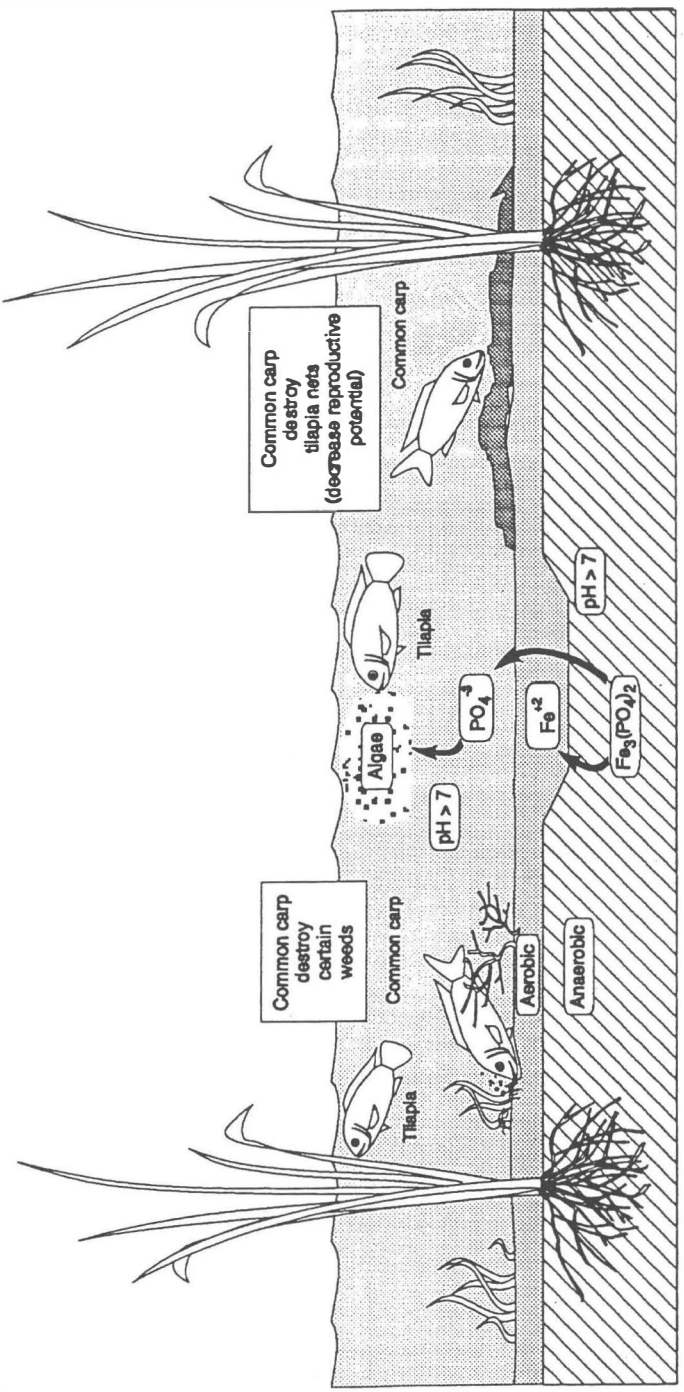


Fig. 6. — Représentation schématique du rôle des poissons dans le pompage de phosphore en rizières (Adaptation de DELA CRUZ *et al.* 1991)

dans les sédiments ou en être libéré par désorption, selon la quantité relative de P en solution, ou absorbé dans la phase solide (WATANABE & ROGER (1985). Le taux d'élimination de P interstitiel des couches superficielles sédimentaires dépend, selon WILLIAMS & MAYER (1982):

1. de la mesure dans laquelle le sédiment fait office de piège ou de tampon;
2. la porosité de la boue;
3. la circulation d'eau sur la surface de boue.

Tant que la concentration d'O_2 de la surface du sédiment maintient un potentiel redox $E_7 > 0,2$ mV, la libération d'éléments nutritifs des sédiments est nulle (MORTIMER 1971). Il a également été suggéré que la couche oxydée fait obstacle à l'échange de P en raison de la présence de Fe^{3+} (WATANABE & ROGER 1985). Cependant, dans les rizières, cette couche est souvent mince et non consolidée et présente une teneur élevée en eau.

Le phosphore peut également migrer du sol vers l'eau sus-jacente par un transport actif assuré par des organismes vivants comme les poissons benthiques, de petits crustacés comme les ostracodes, les tubificides et le phytoplancton. Le mouvement vertical du phytoplancton, en relation avec les cycles nycthéméraux, permet aux algues benthiques d'absorber les éléments nutritifs du sol, dont certains sont libérés lorsqu'elles flottent durant la journée (WATANABE & ROGER 1985).

Plusieurs expériences ont démontré l'effet stimulateur des poissons sur les cycles du phosphore. Dans des conditions contrôlées (réservoir en ciment), la concentration et l'absorption de P étaient nettement plus élevées dans un système de rizipisciculture ($P>0,05$) que dans une monoculture de riz, mais insignifiantes dans des conditions non contrôlées (réservoir en terre) (PANDA *et al.* 1987). L'absorption de Fe par le riz était deux fois plus élevée dans un système riz-poisson simultané qu'en présence de riz seul. FAGI *et al.* (1992) ont indiqué qu'à niveau d'application égal de trisuperphosphate (100 kg/ha), le rendement de riz dans un système intégré riz-poisson était supérieur de 1,3 t/ha à celui d'une riziculture ordinaire sans poisson. Le phosphore est l'un des éléments nutritifs qui, selon SATARI (1962), est présent en plus grandes quantités dans les systèmes de rizipisciculture intégrés.

La porosité de la boue, l'un des principaux facteurs d'échange d'éléments nutritifs entre le sol et l'eau, est influencée par l'activité des poissons et par la faune benthique, comme les oligochètes. Les

oligochètes, comme les turbificides, offrent des avantages à l'écosystème du riz, tels que l'aération du sol et le brassage résultant de leurs activités (WATANABE & ROGER 1985), l'élimination des mauvaises herbes parce qu'ils enterrent les semences des mauvaises herbes et en troublent la germination précoce (KIKUCHI & KURIHARA 1977) et la nitrification par la modification des conditions d'oxydo-réduction dans le sol submergé (FERNANDO 1992). L'abondance de la faune benthique est affectée par le broutage des poissons et CAGAUAN *et al.* (1993) ont indiqué que les poissons réduisaient les quantités d'oligochètes de 80 % dans les rizières, ce qui diminue la porosité du sol. Il a été observé que le sol des parcelles sans poissons était plus poreux en raison de la présence d'oligochètes non perturbés occupant la surface. Il a également été observé que les parcelles traitées avec des pesticides présentaient une quantité d'oligochètes de 64 % inférieure à celle des parcelles non traitées. L'effet défavorable des pesticides sur les organismes du sol superficiel semble avoir réduit l'augmentation de la porosité du sol de 5,9 %.

Le tableau 11 présente les effets des pesticides et des poissons sur certains indicateurs biologiques et sur les rendements, de même que l'importance (p) des différences observées dans des expériences de culture intégrée riz-poisson conduites à la FAC, CLSU (ROGER *et al.* 1993). Les auteurs indiquent que l'effet le plus constant de l'application de pesticides consistait en une réduction significative des oligochètes aquatiques. Les pesticides n'ont pas eu d'effet majeur sur les populations d'algues bleues fixant le N_2 ni sur les rendements de riz et de poissons analysés sur 12 parcelles. Cependant, l'analyse des données de projets expérimentaux plus vastes (24 parcelles et 8 exploitations pour la culture riz-poisson) indique un effet positif significatif de l'application de pesticides sur le rendement rizicole et un effet négatif sur le rendement de poissons. L'analyse de variance indique que les effets des poissons sont plus souvent significatifs que ceux des applications de pesticides ($P<0,05$) dans 16 cas sur 63. L'empoissonnement augmente considérablement la teneur en azote et la biomasse microbienne de l'horizon superficiel du sol et diminue sa densité.

Le Jiangsu Soil Research Institute indique que l'horizon superficiel du sol sous pisciculture, a des teneurs supérieures en matières organiques, en azote et en phosphore (tableau 12) (LI KANGMIN 1986). YANG *et al.* (1991) rapportent également qu'un système d'exploitation riz-*Azolla*-poisson présente, selon les observations, une teneur accrue en matières organiques et une quantité totale d'azote disponible supérieure (tableau 13). Une autre

Tableau 11

Effets de l'application de pesticides sur certains indicateurs biologiques et sur les rendements, et importance (p) de la différence observée dans des expériences de culture intégrée riz-poisson

Variable		1st Crop (Wet season) PESTICIDE -	+	p	FISH**	2nd Crop (Dry Season) PESTICIDE -	+	p	FISH
Dissolved Oxygen (ppm)	2nd	7.400	13.400	0.01		13.800	14.900	0.47	
(mean 0-23 DT)	mean	7.000	8.700	0.02		9.600	9.500	0.88	
Dissolved Oxygen (ppm)	2nd	0.750	0.700	0.60		0.650	0.650	0.86	
(average crop cycle)	mean	0.703	0.743	0.34		0.724	0.718	0.80	-
Bulk density of surface	2nd	0.126	1.130	0.34		0.131	0.135	0.80	
soil (g/cm3)	mean	0.122	0.124	0.84		0.122	0.130	0.45	+
N content of surface	2nd	0.024	0.033	0.23		0.014	0.018	0.25	+
soil (%)	mean	0.022	0.030	0.03		0.010	0.015	0.06	+
N change in surface***	2nd	5.040	5.480	0.40	+	5.390	3.830	0.38	
soil (%)	mean	4.170	4.670	0.55		3.510	3.460	0.89	
Available N in surface	2nd	7.480	7.540	0.80		6.050	5.000	0.04	
soil (kg/ha)	mean	5.840	5.810	0.80		4.810	4.880	0.84	
Flush-N in surface	2nd	11.400	9.700	0.46	+	11.400	11.600	0.93	
soil (ppm NH4-N dry soil)	mean	8.040	8.360	0.71		9.000	9.360	0.64	+
Flush-N in surface	2nd	16.400	13.000	0.10	+	14.730	15.110	0.32	
soil (kg/ha)	mean	11.220	12.190	0.20		12.720	13.150	0.70	
N2-fixing cyanobacteria	2nd	9.000	6.400	0.30		3.200	4.300	0.21	
(CFU/cm2 x 10-4)	mean	6.700	5.400	0.40		2.300	3.400	0.61	
Oligochaetes (no./m2)	2nd	3068	81	0.01	-	4538	1147	0.01	
	mean	1130	118	0.01		2390	689	0.81	
Fish yield**** (kg/ha)		199	179	0.36		233	202	0.63	
Rice yield**** (t/ha)		3.82	4.16	0.18		4.12	4.88	0.10	

Notes: *Each value is the average of measurements in four replicated plots performed at three regular intervals after treatments were applied. Sureface soil refer to the 0-2 cm layer. Soil N, bulk density, available-N (ppm NH4-N and kg/ha), and flush-N (ppm NH4-N and kg/ha) were also measured in lower soil (2-10 cm) but showed no effect of pesticide treatment.
** Only significant effects are indicated: +positive, -negative effect at $p<0.05$.
*** Difference in N content between the upper (0-2 cm) and deeper (2-10 cm) soil layer.
**** The analysis of the data in the larger experimental designs of 24 plots and 8 rice-fish managements indicated significant positive effects of pesticide application on rice yield and negative effects on fish yield.

Source: ROGER *et al.* (1993).

expérience menée en Chine (WU NENG *et al.* 1987) démontre que les teneurs en N, P et K du sol et de l'eau d'une rizière, y compris le feuillage des plants de riz, enregistrées à différentes périodes après la transplantation du riz, étaient plus élevées dans les rizières associées à la pisciculture que dans celles sans poissons (tableau 14).

Tableau 12
Etude comparative du sol dans une rizière associée ou non à la pisciculture

Kind of soil	Organic coloids	Total Nitrogen (%)	Available Nitrogen (%)
Surface soil with fish culture	1.49	0.1187	7.6
Surface soil without fish culture	1.4	0.1102	7.2

Source: Jiangsu Soil Research Institute 1981, cité *in* LI KANGMIN 1986.

Tableau 13
Effet de différents systèmes d'exploitation sur la fertilité du sol

Farming system	Organic matter (g/kg)	Active organic matter (g/kg)	Total nitrogen (g/kg)	Rapidly available nutrients (mg/kg) N	P	K
Rice	26	19.7	0.96	111.40	21.9	41.30
Rice-Azolla	27.6	18.8	1.38	102.50	18.8	39.60
Rice-Azolla-Fish	28.5	20.7	1.39	117.20	16.5	38.80

Source: YANG *et al.* (1991).

La teneur moyenne en azote du sol d'une rizière associée à la pisciculture, enregistrée 35, 48, 71 et 91 jours après transplantation (days after transplantation, DAT), était considérablement supérieure - 25,24 % - à celle de la rizière de référence (sans poissons), c.-à-d. 0,126 % ($P<0,05$). L'eau de la rizière présentait une teneur en N nettement supérieure, 148 %, dans la rizière associée à la pisciculture comparativement à la teneur en azote de la rizière de référence (0,50 %) ($P<0,01$). Les feuilles des plants de riz présentaient des teneurs en N et en P considérablement plus élevées ($P<0,01$) de 24,22 % et 20,83 % respectivement que la rizière de référence (sans poissons), dont les teneurs en N et en P étaient de 2,56 % et 0,24 %). Ces résultats montrent clairement l'apport en éléments nutritifs des poissons, l'effet stimulateur des poissons sur les éléments nutritifs du sol et de l'eau d'inondation et l'absorption accrue d'éléments nutritifs par les plants de riz dans les rizières associées à la pisciculture.

Tableau 14

Teneurs en N, P et K du sol, de l'eau et du feuillage des plants de riz dans des rizières associées ou non à la pisciculture

A. RICEFIELD SOIL						
Time	NITROGEN (%)		PHOSPHOROUS (ppm)		POTASSIUM (ppm)	
	With fish	No fish	With fish	No fish	With fish	No fish
Before fish stocking	0.154	0.158	26.000	26.10	141.900	147.50
After fish stocking						
31 days	0.185	0.134	25.60	23.70	137.40	78.40
44 days	0.160	0.127	29.60	22.50	71.90	62.90
66 days	0.137	0.122	22.60	20.70	93.50	70.90
96 days	0.149	0.122	22.00	19.30	78.50	72.20
MEAN	0.157*	0.126	25.18	21.50	95.33	71.10
SD	0.018	0.005	2.89	1.68	25.52	5.52
CV (%)	11.23	3.89	11.16	7.80	26.77	7.76
B. RICEFIELD WATER						
Days after transplanting	NITROGEN (%)		PHOSPHOROUS (ppm)		POTASSIUM (ppm)	
	With fish	No fish	With fish	No fish	With fish	No fish
35 days	1.04	0.25	0.45	0.31	9.1	5.9
48 days	1.48	0.56	0.62	0.24	5.8	2.4
71 days	1.6	0.52	0.13	0.08	14.3	10.3
91 days	0.84	0.68	0.16	0.12	18.1	11.8
MEAN	1.24**	0.5	0.34	0.19	11.83	7.6
SD	0.31	0.16	0.2	0.09	4.72	3.7
CV (%)	25.1	31	60.1	49	39.9	48.7
C. LEAF OF RICE PLANTS						
Days after transplanting	NITROGEN (%)		PHOSPHOROUS (ppm)		POTASSIUM (ppm)	
	With fish	No fish	With fish	No fish	With fish	No fish
35 days	4.46	3.7	0.39	0.33	2.61	2.13
48 days	3.7	3.31	0.36	0.3	2.68	1.59
71 days	2.74	2.11	0.24	0.21	1.41	1.22
91 days	1.82	1.12	0.18	0.11	0.36	0.3
MEAN	3.18**	2.56	0.29**	0.24	1.77	1.31
SD	1.14	1.17	0.1	0.1	0.96	0.67
CV (%)	36.1	45.9	33.9	41.7	54.1	50.9

Note: * = significant at 5%; ** = highly significant at 1%

Source: WU NENG *et al.* (1991).

Obstacles à l'utilisation des poissons dans la lutte contre les parasites et les maladies et dans la gestion des éléments nutritifs des rizières

Les obstacles à l'utilisation de poisson dans la lutte contre les parasites et les maladies et dans la gestion des éléments nutritifs sont principalement liés aux pratiques culturales et de gestion adoptées en riziculture. L'un des principaux obstacles est l'effet des pesticides rizicoles sur le poisson. CAGAUAN (1992a) rapporte que la plupart des taux recommandés pour les pesticides rizicoles présentent une toxicité aiguë pour les poissons et entraînent généralement une mortalité massive. Les rizières ne devraient plus être traitées aux pesticides après l'alevinage. CAGAUAN & ARCE (1992) ont observé qu'un délai d'application de 7 à 10 jours avant l'alevinage suffisait pour permettre la dégradation des produits chimiques et entraînait un taux de mortalité nul des poissons. On ne dispose toutefois pas de connaissances suffisantes des effets résiduels des pesticides, en particulier des pesticides persistants. L'usage abusif et le coût des pesticides sont deux facteurs intervenant dans l'effet des pesticides sur le poisson. Les pyréthroïdes synthétiques offrent quelques avantages nets, liés à leur haut coefficient de sécurité pour les mammifères et à leur activité biologique supérieure contre les insectes comparativement à d'autres groupes d'insecticides, mais sont hautement toxiques pour le poisson (CAGAUAN & ARCE1992). Au Vietnam, de nombreux paysans ont abandonné l'utilisation de pyréthroïdes au profit du méthylparathion, moins coûteux et moins toxique pour le poisson, mais très toxique pour l'homme (VINCKE 1979). A Nueva Ecija, Philippines, les exploitants utilisent de l'endosulfan (un insecticide organochloré persistant dans l'environnement), très toxique pour le poisson, pour éradiquer le mollusque herbivore *Pomacea* sp. Les exploitants estiment que l'endosulfan offre un moyen de lutte plus efficace contre les limaces que les molluscicides actuellement disponibles sur le marché.

L'environnement rizicole fait de plus en plus obstacle à la pratique de la pisciculture à mesure que la riziculture progresse. Outre la pénétration de lumière réduite due à l'épais feuillage du riz, les talles vigoureuses des plants de riz réduisent l'espace entre chaque plant. La lumière et l'espace réduits sous le feuillage font obstacle à la production d'organismes alimentaires naturels pour le poisson et au déplacement des poissons dans la rizière. Seuls les insectes et parasites restant à la surface de l'eau ou à la base des plants sont absorbés par les poissons. C'est au

cours des 45 premiers jours suivant la transplantation que tout se joue pour obtenir un effet positif des poissons sur les mauvaises herbes. Durant cette période, le problème d'espace permettant au poisson de se déplacer ne peut encore se poser car les plants de riz n'ont pas encore de lourdes talles. Certains rapports en provenance de Chine et de Russie indiquent que les plants de riz poussent pendant un mois avant l'alevinage. Les plants ont ainsi le temps d'établir leur système radiculaire, ce qui évite le déracinement et les dommages causés par les poissons aux pousses de riz nouvellement transplantées. Cependant, cette période d'un mois avant l'alevinage laisse aux mauvaises herbes largement le temps de se propager, de telle sorte qu'elles ne peuvent plus être éliminées par des poissons non herbivores ou moins herbivores. Dans ce cas, il peut s'avérer indispensable d'utiliser des poissons très herbivores comme la carpe herbivore.

Conclusions

Les informations présentées dans cet exposé proviennent d'un nombre limité de sources mais démontrent clairement le rôle potentiel du poisson dans la lutte contre les "pestes" (mauvaises herbes, insectes) et les maladies ainsi que dans l'amélioration des éléments nutritifs des rizières. Une littérature abondante traite de l'impact des poissons sur les mauvaises herbes des rizières. Les résultats d'études portant sur l'utilisation de poissons pour lutter contre les mauvaises herbes varient en fonction de l'espèce et des habitudes alimentaires, de la biomasse et de la densité initiale des poissons, du système piscicole et du type de mauvaises herbes présentes dans les rizières. Il apparaît que la polyculture de poissons donne de meilleurs résultats, en termes de lutte contre les mauvaises herbes, que la monoculture. De même, on préférera les espèces herbivores aux espèces non herbivores. Il importe que les poissons présentent une taille initiale suffisante pour résister pendant au moins un mois, la concurrence des mauvaises herbes étant la plus intense durant les 45 premiers jours suivant la transplantation des plants de riz (soit 35 jours après l'empoissonnement). Il existe indéniablement une interaction entre la profondeur de l'eau et l'effet du poisson sur les mauvaises herbes. Davantage d'études devraient être consacrées à cette interaction. L'intégration d'*Azolla* et de poisson dans la lutte contre les mauvaises herbes offre des perspectives prometteuses, étant donné qu'*Azolla* peut également servir de nourriture aux poissons. Les

informations relatives à l'impact du poisson sur la lutte contre les insectes et les maladies et à l'effet stimulateur du poisson sur les éléments nutritifs sont rares et ne sont généralement pas étayées par des analyses statistiques. Les mécanismes de lutte, y compris les processus impliqués dans l'effet stimulateur du poisson sur les éléments nutritifs, doivent être éclaircis dans des études plus explicitement définies. Comme les espèces de poissons présentent des comportements alimentaires différents, il est fort possible que différents mécanismes interviennent dans la lutte contre les parasites et les maladies et dans l'effet stimulateur du poisson sur les éléments nutritifs. Les futures investigations empiriques devraient se concentrer sur des évaluations quantitatives du rôle du poisson dans la lutte contre les parasites et les maladies et de la contribution du poisson à l'enrichissement des éléments nutritifs pour une gestion plus efficace des éléments nutritifs. De telles investigations permettraient une gestion écologique des rizières, parallèlement à la création d'un environnement sûr pour la pisciculture.

RÉFÉRENCES

BATENKO, A. I. Z. F. SOROKHINA. 1969. Fish rearing as a method of controlling weeds in the paddies. — Trudy Usesoyuznogo Nauchno-Issledovate 'skogo Instituta Prudovogo Rybnogo Khozyaistra, **16**: 204-206 (In Russian with English translation).

BINDRABAN, P.S. 1990. Rice-cum-Fish Culture. — Department of Tropical Crop Science, Wageningen Agricultural University. 61 pp.

CAGAUAN, A. G. 1989. Fish as biological control for weeds in rice-fish culture: Higher fish density. — *In:* Final report of Rice-Fish Farming System Project at Freshwater Aquaculture Center, Central Luzon State University, Munoz, Nueva Ecija, Philippines. Compiled by DELA CRUZ, C.R. & SEVILLEJA, R.C.

CAGAUAN, A. G. & ARCE, R. G. 1992. Overview of Pesticide Use in Rice-Fish Farming in Southeast Asia. — *In:* DELA CRUZ, C.R., LIGHTFOOT, C., COSTA-PIERCE, B.A., CARANGAL, V.R. & BIMBAO M.P. (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc., **24**, pp. 217-233.

CAGAUAN, A. G. 1991. Fish as biological tool for aquatic weed management in integrated rice-fish culture. — *In:* CARY, P.R., SASTROUTOMO, S.S., TJITROSOMO, S.S., UMALY, R.C. & TJITROSOEDIRDJO, S.S. (eds.), Aquatic Weed Management. Biotrop Special Publication No. 40. SEAMEOBIOTROP. Bogor. Indonesia, pp. 217-233.

CAGAUAN, A.G. 1993a. The impact of pesticides on rice field vertebrates with emphasis on fish. — *In:* PINGALI, P.L. & ROGER, P.A. (eds.), Impact of pesticides on farmer health and the rice environment. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines and ORSTOM Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (In press).

CAGAUAN, A. G., DELA CRUZ, C. R., FLORBLANCO, F., CRUZ, E. M. & SEVILLEJA, R. C. 1993b. Impacts of Fish and Pesticide in Lowland Irrigated Rice fields. — Paper presented during the Regional Workshop on Integrated Rice-Fish Research and Development (Sukamandi Research Institute for Food Crops, West Java, Indonesia. 6-11 June, 1993).

CAGAUAN, A. G., DELA CRUZ, C. R. & LIGHFOOT, C. 1993c. Nitrogen models of lowland irrigated ecosystems with and without fish using ECOPATH. — Paper presented during the Regional Workshop on Integrated Rice-Fish Research and Development (Sukamandi Research Institute for Food Crops, West Java, Indonesia. 6-11 June, 1993).

CHAPMAN, G. C., BHASAYAVAN, N., TANGPOON-POL, S. & CHANTRANIYON, S. 1987. The role of common carp (*Cyprinus carpio*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and common silver barb (*Puntius gonionotus*) as agents of rice insect pest and disease control in lowland paddies of Sakon Nakhon, Thailand. — Farming System Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.

CHIZHOV, N. I. & ANOSHIN, A. I. 1969. Fish culture on rice fields under water fallow. — Trudy Usesoyuznogo Nauchno-Issledovate 'skogo Instituta Prudovogo Rybnogo Khozyaistra, **16**: 187-193 (In Russian with English translation).

CHIZHOV, N. I. & DEM'YANENKO, V. F. 1972. Fish farming rice paddies under water fallow in order to improve them. — *In:* YAROSHENKO, M. F. (ed.). Proceeding of the 7th All-Union Conf. on the Acclimatisation of Herbworm Fish. Kishinev, Moldavian, SSR, Shtiintsa. Uses. N-l'skogo Inst. Prud. Ryb Khoz., Moscow Zh-33 USSR, pp. 136-139 (In Russian with English translation).

COCHE, A. G. 1967. Fish culture in rice fields: A worldwide synthesis. — *Hydrobiologia,* **30:** 1-44.

COLMAN, J. A. & EDWARDS, P. 1987. Feeding pathways and environmental constraints in waste-fed aquaculture: Balance and optimization. — *In:* MORIARTY, D. J. W. & PULLIN, R. S. V. (eds). Detritus and microbial ecology in aquaculture. ICLARM Conf. Proc. **14**, 420 p. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines, pp. 240-281.

COLT, J. E. & ARMSTRONG, D. A. 1981. Nitrogen Toxicity to Crustaceans, Fish and Molluscs. — *In:* ALLEN, L. J. & KINNEY, E. C. Proc. of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture. FCS Publ. 1. Fish Culture Section of the American Fisheries Society. Maryland, U.S.A., pp. 34-47.

DE DATTA, S. K. 1981. Pinciples and Practices of Rice Production. — Wiley and Sons, Singapore 6181.

DE DATTA, S. K., FILLERY, I. R. P. & CRASWELL, E. I. 1983. Results from recent studies on nitrogen fertilizer efficiency in wetland rice. — *Outlook in Agriculture,* **12**(3): 125-134.

DELA CRUZ, C. R., LIGHTFOOT, C., COSTA-PIERCE, B. A., CARANGAL, V. R. & BIMBAO, M. P. (eds.). 1992. Rice-fish research and development in Asia. — ICLARM Conf. Proc. 24. International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati, Philippines, 457 pp.

FAGI, A M., SURIAPERMANA, S. & SYAMSIAH, I. 1992. Rice-fish farming systems in lowland areas: The west Java case. — Paper presented during the Asian Regional Workshop on Rice-Fish Research and Development. (Freshwater Aquaculture Center, Central Luzon State University, Munoz, Nueva Ecija, Philippines, 24-28 October 1989).

FERNANDO, C. H. 1992. Rice field ecology and fish culture - An overview. — Department of Biology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 52 pp.

FILLERY, I. R. P., SIMPSON, J. R. & DE DATTA, S. K. 1984. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from a flooded rice soil. — *Soil Science Soc. Am. J.,* **48**(4): 914-920.

HALWART, M., BORLINGHAUS, M., BAUER, U., VIRAY, M. C. & KAULE, G. 1992. The activity pattern of fish in the pond-refuge ricefield ecosystem. — *In:* Proceed. of the Third Asian Fisheries Forum, Singapore (26-30 October 1992) (In press)

HALWART, M., HENLE, K. & KAULE, G. 1992. The contribution of fish to the control of *Pomacea canaliculata* Lamarck, serious pest of rice.

HORA, H. L. 1951. Fish culture in rice fields. — *Curr. Sci.,* **20**: 171-173.

HORA, S. L. & PILLAY, T.V.R. 1962. Handbook on Fish Culture in the Indo-Pacific Region. — FAO Fisheries Biology Technical Paper No. 14. Fisheries Division, Bio. Research. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, FB/T14.

KHOO, K. H. & TAN, E. S. P. 1980. Review of rice-fish culture in Southeast Asia. — *In:* PULLIN, R. S. V. & SHEHADEH, Z. H. (eds.). 1980. Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems. ICLARM Conference Proceedings 4. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila and the Southeast Asian Center for Graduate Study and Research in Agriculture, College, Los Baños, Laguna, Philippines. pp. 1-14.

KIKUCHI, E. & KURIHARA, Y. 1977. *In vitro* studies on the effects of tubificids on the biological, chemical and physical characteristics of submerged rice field soil and overlying water. — *Oikos,* **29**: 348-356.

KOESOEMADINATA, S. 1980. Pesticides as a major constraint to integrated agriculture-aquaculture farming system. — *In:* PULLIN, R. S. V. & SHEHADEH, Z. H. (eds.). 1980. Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems. ICLARM Conference Proceedings 4. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila and the Southeast Asian Center for Graduate Study and Research in Agriculture, College, Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 45-51.

KOHLE, S. S., RAO, P.P. N. & MITTRA, B. N. 1983. Effect of planting density and submergence level on weeds density in rice fields. — *International Rice Research Institute Newsletter,* **8**: 15.

KURASAWA, H. 1956. The weekly succession in the standing crop of plankton and zoobenthos in the paddy field. Parts 1 and 2. — Miscellaneous Reports of the Research Institute for Natural Resources (Tokyo). Vol. **4**(41/42): 86-98 and Vol. **4**(45): 73-84 (in Japanese).

KURIHARA, Y. 1989. Ecology of some rice fields in Japan as exemplified by some benthic fauna, with notes on management. — *Int. Rev. ges. Hydrobiol.,* **74**: 507-548.

LI KANGMIN. 1988. Rice-fish culture in China. — *Aquaculture,* **71**: 173-186.

LI KANGMIN. 1986. A review of Rice-Fish Culture in China. — NACA/WP/86/30. NACA, Bangkok, Thailand 13 pp.

LIGHTFOOT, C., VAN DAM, A. A. & COSTA-PIERCE, B. A. 1992. What's happening to rice yields in rice-fish systems? — *In:* DELA CRUZ, C. R., LIGHTFOOT, C., PIERCE, B. C., CARANGAL, V. R. & BIMBAO, M. P. (eds). Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. **24**, pp. 177-183

LIGHTFOOT, C., ROGER, P.A., CAGAUAN, A.G. & DELA CRUZ, C.R. 1992. Preliminary steady-state nitrogen models of wetland ricefield ecosystem with and without fish. — *In:* CHRISTENSEN, V. & PAULY, D. (eds). Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM Conference Proceedings No. 26 (In press).

LIND, O. T. 1979. Handbook of Common Methods on Limnology. — The C. V. Mosby Company, London, 2nd ed., pp. 134-139.

MACKAY, K. T., CHAPMAN, G., SOLLOWS, J. & THONGPAN, N. 1986. Rice-fish culture in Northeast Thailand: Stability and Sustainabilty. — Proceed. of the IFOAM Sixth International Scientific Conference (University of California, Santa Cruz, California. U.S.A., 18-21 August 1986), pp. 355-365

MEIJEN, V.A. 1940. Fish Culture in Rice Fields. — Food Industry Publishers, Moscow, Leningrad, 93 pp. (In Russian with English Translation).

MOODY, K., MUNROE, C. E. & LUBIGAN, R. T. & PALLER, E. C. Jr. 1984. Major weeds of the Philippines. — Weed Sci. Soc. of the Phil., Univ. of the Phil. at Los Baños, College, Laguna, Philippines. 328 pp.

MOODY, K. 1992. Fish-Crustacean-Weed Interactions. — *In:* DELA CRUZ, C.R., LIGHTFOOT, C., PIERCE, B.C., CARANGAL, V.R. & BIMBAO, M. P. (eds). Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. **24,** pp. 185-192.

MORIARTY, D. J. W. & MORIARTY, C. M. 1973. The assimilation of carbon from phytoplankton by two herbivorous fishes: *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis*. — *J. Zool.,* **171**: 41-56.

MORTIMER, C.H. 1971. Chemical exchanges between sediments and water in the Great Lakes. Speculations on probable regulatory mechanisms. — *Limnol. Oceanogr.*, **16**: 387-404.

ONDERIKOVA, V. 1957. The food of common carp in ricefields (Engl. transl. by MRACNA Vl.). — Biologia, Bratislava, **12**: 593-694.

PANDA, M. M., GHOSH, B. C. & SINHABABU, D. P. 1987. Uptake of nutrients by rice under rice-cum-fish culture in intermediate deep water situation (up to 50-cm water depth). — *Plant and Soil,* **102:** 131-132.

PARKER, N. C. & DAVIS, K. B. 1981. Requirements of Warmwater Fish. — *In:* ALLEN, L. J. & KINNEY, E. C., Proc. of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture. FCS Publ. 1. Fish Culture Section of the American Fisheries Society. Maryland, U.S.A., pp. 21-28.

PIEPHO, H. P. & ALKAMPER, J. 1991. Effects of Integrated Rice-Cum-Fish Culture and Water Regime on Weed Growth and Development in Irrigated Lowland Rice Fields of Northeast Thailand. — *J. Agronomy and Crop Sci.* (Berlin and Hamburg), **166**: 289-299.

PROWSE, G. A. 1972. Some observations on primary and fish production in experimental fish ponds in Malacca. Malaysia. — *In:* KAJAK, Z. & HILLBRICHT-ILKOWSKA, A. (eds). Proc. of the IBP-UNESCO Symp. on Productivity Problems of Freshwaters (Kazimierz Dolny, Poland, 6-12 May 1970), pp. 555-561.

PULLIN, R. S. V. & SHEHADEH, Z. H. (eds.). 1980. Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems. — ICLARM Conference Proceedings 4. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila and the Southeast Asian Center for Graduate Study and Research in Agriculture, College, Los Baños, Laguna, Philippines, 258 pp.

ROGER, P. A. 1986. Effect of algae and aquatic macrophytes on nitrogen dynamics in wetland rice fields. — *In:* Transactions of the 13th Congress of the International Society of Soil Science (Hamburg, Germany, 13-21 August 1986), pp. 783-793.

ROGER, P. A., GRANT, I. F., REDDY, P. M. & WATANABE, I. 1987. The photosynthetic aquatic biomass in wetland rice fields and its effect on nitrogen dynamics. — *In:* Proceedings of the Meeting of the International Network on Soil Fertility and Fertilizer Evaluation for Rice (Griffith, South Wales, Australia, 10-16 April 1985). International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 43-68.

ROGER, P. A. & KULASOORIYA, S. A. 1980. Blue-green algae and rice. — International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines. 112 pp.

ROGER, P. A. & KURIHARA, Y. 1988. Floodwater Biology of Tropical Wetland Ricefields. — *In:* Proceedings of the First International Symposium on Paddy Soil Fertility (Chiang Mai, Thailand, 6-13 December 1988) Univ. of Chaing Mai, pp. 275-300.

ROGER, P. A. 1989. Biology and Management of the Floodwater Ecosystem in Tropical Wetland Ricefields. — INSURF Training Course Handout. 28 pp.

ROGER, P. A. & BHUIYAN, S. I. 1990. Ricefield ecosystem management and its impact on disease vectors. — *In:* BISWAS, A. (ed). Water Resources Development. Butterworth Scientific Ltd., U. K. Vol. **6**(1): 2-18.

ROGER, P.A., SIMPSON, I., OFICIAL,B., ARDALES, S., JIMENEZ, R. & CAGAUAN, A.G. 1993. Experimental assessment of pesticide impacts on soil and water fauna and microflora in wetland ricefields of the Philippines. — *In:* PINGALI, P.L. & ROGER, P.A., Impact of pesticides on farmer health and the rice environment. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines and ORSTOM Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (In press).

ROTTMANN, R. 1977. Grass carp as biological control for aquatic vegetation. — — *Fisheries,* **2**(5): 8-13.

SAANIN, H. 1957. Fish culture in rice fields. — *Int. Rice Comm. Newsletter,* **6**: 25-28.

SAITO, M. & WATANABE, I. 1978. Organic matter production in rice field flood water. — *Soil Sci. Plant Nutr.,* **24**(3): 427-440.

SATARI, G. 1962. Wet rice cultivation with fish culture: A study on some agronomical aspects. — PhD thesis. Univ. of Indonesia, Bogor, Indonesia. 128 pp. (In Indonesian with English summary).

SATARI, G. & TRIMARINI, A. 1974. Some notes on fish production with lowland rice as a biological method to control weeds. — Paper presented at the Southeast Asian Workshop on Aquatic Weeds, Malang, Indonesia, 25-29 June 1974), 5 pp.

SINHABABU, D. P. & MAJUMDAR, N. 1981. Evidence of feeding on brown plant hopper *Nilaparvata lugens* Stall by common carp (*Cyprinus carpio* var. *communis* L.). — *Inland Fish. Soc. India*, **13**(2): 16-21.

SINGH, V. P., EARLY, A. C. & WICKHAM, T. H. 1980. Rice agronomy in relation to rice-fish culture. — *In:* PULLIN, R. S. V. & SHEHADEH, Z. H. (eds.). Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems. ICLARM Conference Proceedings 4. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila and the Southeast Asian Center for Graduate Study and Research in Agriculture, College, Los Baños, Laguna, Philippines. 258 pp.

SINHABABU, D. P., GHOSH, B. C., PANDA, M. M. & REDDY, B. B. 1983. Effects of fish on growth and yield of rice under rice-fish culture. — *Oryza,* **20**: 144-150.

SOEWARDI, K., NURDJANA, M. L. & LELANA, J. B. 1977. Some of the ecological impacts of the introduction of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) for aquatic weed control. — Paper presented on the Sixth APWSS Conference (Jakarta, Indonesia. 11-17 July 1977).

SPILLER, G. 1985. Rice-cum-fish culture: environmental aspects of rice and fish production in Asia. — FAO Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.

SWINGLE, H. S. 1969. Methods of Analysis for Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research. — Auburn University, Auburn, Alabama, U.S.A. 119 pp.

TIROL, A. C., SANTIAGO, S. T. & WATANABE, I. 1981. Effect of the insecticide carbofuran on microbial activities in flooded soil. — *J. Pestic. Sci.,* **6**:83-89.

TSUCHIYA, M. 1979. Control of aquatic weeds by grass earp (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Japan Agric. Res. Quarterly,* **13**(3): 200-203.

VAN ZON, J. C J. 1980. Status of the use of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.). — *In:* Proc. 5th Intern. Symp. on Biological Control of Weeds (Brisbane), pp. 249-260.

VERHOEF, H. 1994. Rice cultivation and human diseases: the scope for rice ecosystem management for vector control. — *In:* World Agriculture: The international review of agribusiness in developing markets. — Stirling Publications Ltd., London, pp. 102-105.

WATANABE, I. & FURASAKA, C. 1980. Microbial ecology of flooded rice soils. — *In:* ALEXANDER, M. (ed) Advances in microbial ecology. Plenum Publishing Corporation. Vol. **4**, pp. 125-168.

WATANABE, I. & ROGER, P. A. 1985. Ecology of Flooded Ricefields. — Proc. of Workshop on Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization (26 March - 5 April 1984). International Rice Research Institute (IRRI), United States Agency for International Development (USAID) and Bureau of Soils, Philippines. IRRI, Los Baños, Laguna, pp. 229-243.

WATANABE, I., DATTA, S. K. & ROGER, P. A. 1987. Nitrogen cycling in wetland rice soils. — *In:* WILSON, J. R. (ed.). Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystem. Proc. Symposium on Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems (Brisbane, Australia, 11-15 May 1987), C.A.B. International, U.K., pp. 239-256.

WRIGLEY, G. 1969. The problem of weeds in rice. — *In:* Rice. Technical Monograph No. 1. CIBA Limited, Basle, Switzerland, pp. 27-31.

WU NENG, LI DUANFU & LIAO GUOHOU. 1987. Mosquito control by pisciculture in rice field and the relationship to economic development of farmers. — Annual Report 1987. TDR ID No. ID-860320, 31 pp.

XIAO, Q. Y. 1991. Rôle of fish in pest control in rice farming. — *In:* DELA CRUZ, C. R., LIGHTFOOT, C., PIERCE, B. C., CARANGAL, V. R. & BIMBAO, M. P. (eds). Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. **24**, pp. 235-243.

XU, Y & GUO, Y. 1992. Rice-fish farming systems research in China. — *In:* DELA CRUZ, C. R., LIGHTFOOT, C., COSTA PIERCE, B., CARANGAL, V. R. & BIMBAO, M. P. (eds). Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. **24**, pp. 315-323.

YANG G., CHEN, S. & SHEN, H. 1991. Rice-fish farming system research in Hunan. Hunan Soil and Fertilizer Research Institute. — Paper presented during the 22nd Asian Rice-Farming System Network Working Group Meeting (30 September - 5 October 1991). CAAS and IRRI. Beijing, Peoples Republic of China. 28 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 263 - 284 (1995)

Original : Anglais

INTÉGRATION DE L'AGRICULTURE, DE L'ÉLEVAGE ET DE LA PISCICULTURE EN THAÏLANDE

PAR

Ruangrai TOKRISNA*

RÉSUMÉ. — Depuis 1980, l'intégration de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture connaît un essor fulgurant en Thaïlande. L'intégration a démarré dans le centre du pays et s'est étendue vers le nord-est, ses instigateurs étant persuadés qu'elle permettrait d'améliorer le revenu de subsistance des exploitants. De tels systèmes peuvent être développés dans les territoires irrigués artificiellement et/ou bénéficiant de précipitations abondantes, une alimentation adéquate en eau constituant un critère important. Les cultures sont axées sur le riz, les plantes, les légumes et les fruits. L'élevage se compose de canards, poulets et de porcs ou d'une combinaison de ces animaux. La pisciculture peut comporter le tilapia, le poisson-chat rayé, la carpe, le barbeau argenté et les grandes crevettes d'eau douce. Le système intégré riz-poisson, élevage du poisson en rizière, a été introduit à la fin des années 80. Les diverses études menées font apparaître une augmentation des revenus issus de ces systèmes intégrés d'exploitation. Il semble néanmoins que ces systèmes conviennent mieux aux petites exploitations en raison des contraintes du marché et du volume de travail qu'impliquent de tels systèmes. Les revenus nets sont inférieurs dans les exploitations à plus grande échelle. Une meilleure connaissance des interférences biologiques de ces systèmes pourrait accroître la productivité des exploitations.

* Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok 10900 (Thaïlande).

Introduction

Jusqu'à la fin du 19ème siècle, les poissons d'eau douce étaient abondants dans les eaux douces de Thaïlande. Il semble que l'introduction de la pisciculture, par des immigrants chinois, ne remonte qu'au début des années 1900; elle a cependant connu une expansion considérable au cours de ces cinq dernières décennies. Au début des années 1980, des systèmes intégrés élevage-pisciculture sont apparus dans la région centrale du pays. A l'époque, les animaux d'élevage étaient principalement de la volaille et des porcs; les ruminants étaient fort rares. Les déjections animales étaient immergées dans les bassins afin d'apporter des nutriments au phytoplancton et de servir de substrat aux bactéries et à la méiofaune, aliments des poissons. Les espèces de poissons traditionnellement élevées étaient la carpe (*Cyprinus carpio*), le poisson-chat rayé (*Pangasius sutchi*), le gourami à peau de serpent (*Trichogaster pectoralis*) et les tilapias (*Oreochromis* spp., dont *O. niloticus*). Ces systèmes intégrés élevage-pisciculture ont été introduits car ils étaient censés engendrer des rendements accrus et permettre une utilisation plus efficace des intrants. Etant donné que le coût des intrants agricoles avait dépassé le prix perçu pour leurs productions par les exploitants, en particulier ceux à faible moyens, il était devenu indispensable de réduire les coûts afin d'accroître les revenus de l'exploitation.

En 1981, EDWARDS *et al.* (1983) ont trouvé que 49% des exploitations familiales échantillonnées à Pathumthani, dans la région centrale de la Thaïlande, pratiquaient la riziculture. Les 51% restants étaient des exploitations intégrées qui poursuivaient la culture du riz parallèlement à d'autres activités. La superficie moyenne d'une exploitation était de 7,3 ha. Parmi ces exploitations intégrées, 12% étaient des exploitations élevage-pisciculture, avec le porc pour principal animal d'élevage. Un quart de ces exploitations se consacraient à l'exploitation de type canard-poisson et un autre quart, à l'exploitation de type poulet-poisson; 15% de ces exploitations se consacraient à la pisciculture associée à la culture potagère et/ou fruitière, et 14% étaient des exploitations de type pisciculture-élevage associées à la culture potagère et/ou fruitière, la pisciculture représentant l' activité principale, suivie par ordre d'importance par l'élevage de porcs, de canards et de poulets. Les 10% restants étaient des exploitations de type rizipisciculture pratiquant conjointement l'élevage de porcs, de canards, de poulets et de buffles. Les espèces de poissons élevés étaient principalement le poisson-chat rayé, le tilapia, le barbeau argenté (*Puntius gonionotus*) et

d' autres poissons-chats du genre *Clarias* (p. ex. *C. batrachus*).

Les exploitations intégrées riziculture-élevage-pisciculture se rencontraient également, mais moins fréquemment que les autres systèmes susmentionnés. Dans ce type de système, la principale activité portait sur la riziculture mais les exploitants conservaient malgré tout un bassin et laissaient une partie de leurs animaux d'élevage errer et fourrager en quête de nourriture. Cette pratique ne facilite pas l'introduction de déjections animales dans les bassins et, pour cette raison, les systèmes élevage de ruminants-pisciculture n'ont pas connu de grand succès.

Au début des années 1980, la rizipisciculture a été introduite dans le nord de la Thaïlande, dans le but d'accroître les sources de protéines animales ainsi que d'apporter un revenu complémentaire aux exploitants défavorisés. Dans le cadre de ce système, les poissons étaient élevés dans les rizières.

Dans les régions où l'apport en eau est suffisant, les exploitants peuvent adopter ces systèmes intégrés d'exploitation. La pisciculture permet l'utilisation des déchets tant animaux que végétaux. Les déjections animales et les déchets de fourrage des étables peuvent être entraînés dans les étangs auxquels ils apportent de l'engrais, améliorant ainsi l' alimentation des poissons. De l'eau claire doit être régulièrement apportée à l' étang afin d'assurer une oxygénation suffisante. L'eau drainée de l' étang, riche en nutriments, peut être utile à la culture des plantes. Ces deux systèmes se soutiennent mutuellement et permettent de réaliser des économies au niveau du coût des intrants. L'exploitant peut dès lors enregistrer des revenus accrus grâce à une utilisation optimisée de ses intrants.

Systèmes d'exploitation canards-poisson

Une cabane à canards peut être construite sur l'étang de façon à ce que les déjections tombent directement dans le bassin, ou être aménagée sur la rive et faire l'objet d'un rinçage quotidien. Les canards se nourrissant de petits poissons, des clôtures doivent être construites pour confiner les canards dans certaines zones peu profondes au cours des premiers jours suivant l' empoissonnement. Pour un bassin de 0,16 ha, il est recommandé d'avoir 240 canards pondeurs (Khaki Campbell), soit 1500 canards/ha. Les exploitants ont le choix entre l' achat de canards pondeurs, plus chers, ou celui de canetons à élever, ce qui entraîne aussi certains frais. Des canetons d'un jour peuvent être achetés et élevés jusqu'à l'âge d'un mois avant d'être stockés dans la cabane à canards.

Au bout de 4 à 5 mois, les canards commencent à pondre. L'exploitant devra dépenser quelque peu pour l' alimentation au cours de la période d'élevage et essuyer quelques pertes dues à la mortalité des canards. Un mélange fourrager d'environ 25% de brisures de riz, 45% de son de riz et 30% d'aliments concentrés peut être utilisé. La ration journalière d'un canard est de 150 g de ce mélange. Quelque 10% des aliments des canards en provenance de leur cabane sont entraînés dans l' étang, apportant ainsi des aliments aux poissons.

Les canards peuvent chercher des aliments naturels dans les eaux peu profondes à proximité de la berge. Ils se nourrissent de petites plantes, contribuant ainsi au contrôle de la densité végétale, et se nourrissent également de petits mollusques, vecteurs de parasites dans le bassin. Le pataugeage des canards dans le bassin favorise le brassage de l'eau et l'oxygénation de l'étang.

Les espèces de poissons conseillées sont les tilapias, seuls ou associés aux carpes et petites carpes des vases (*Cirrhina microlepis*). La taille à l'empoissonnement équivaut généralement à des alevins de 5-10 cm. La densité d'empoissonnement est de quelque 2000 alevins de 5 cm pour 0,16 ha (soit 12 500 alevins/ha).

La qualité de l'eau doit être régulièrement contrôlée afin de prévenir toute pollution. La profondeur de l'eau doit être maintenue à 50 cm dans les zones peu profondes et à 1 m minimum dans les zones plus profondes.

Un rapport publié en 1989 relate le succès d'une exploitation canard-poisson dans le nord-est de la Thaïlande. L'exploitation présentait une superficie de 1,1 ha et comprenait deux étangs (3000 m^2 et 4800 m^2). La digue du bassin de 4800 m^2 abritait un enclos à canards de 200 m^2 avec une cabane de 100 m^2. L'exploitation présentait l'avantage d'être située à 300 m seulement d'un réservoir de 47 ha, facilitant ainsi l'accès à la source d'eau (CHAIJAREON 1989).

L'exploitant a acheté 1280 canards pondeurs de 100 jours. Il a empoissonné le bassin de 4800 m^2 de 68 000 alevins, dont 30 000 rohus (*Labeo robita*), 10 000 tilapias, 20 000 carpes, 4000 barbeaux argentés et 4000 carpes argentées (*Hypophthalmichthys*). Dans le bassin de 3000 m^2, il a introduit 1080 alevins, dont 240 tilapias, 240 carpes et 600 barbeaux argentés.

Au début, les canards recevaient une ration alimentaire quotidienne de 200 kg de son de riz (10% de protéines). Après les 50 premiers jours, les canards ont commencé à pondre. La ration alimentaire a alors été portée à 300 kg/jour, soit 200 kg de son de riz, 90 kg de brisures de riz et 10 kg

d'aliments concentrés, représentant donc un apport de 11% de protéines. Aucun aliment complémentaire n'a été apporté aux poissons. On estimait que 10% des aliments pour canards tombaient dans l' étang. Chaque canard fournissait environ 6 kg de déjections en 30-40 jours. Près de la moitié de ces déjections étaient entraînées dans les étangs, soit environ 100 kg par jour. En ajoutant les 20-30 kg de déchets des aliments pour canards, la quantité d'aliments était donc suffisante pour les poissons.

Malgré la densité d'empoissonnement élevée, les poissons ont montré un taux de survie tout à fait raisonnable. A l'issue du quatrième mois, ils ont été partiellement pêchés à l'aide d'un filet à mailles de 8 cm, ce qui a réduit la densité de peuplement dans une certaine mesure pour favoriser la croissance des poissons. L'exploitant pêchait 5-6 kg de poissons par jour. Le poids moyen d'un poisson pêché était de 200 g. Au cours du huitième mois, près de 100 kg de poissons étaient pêchés périodiquement.

Cet exploitant a été en mesure d'enregistrer un bénéfice net de US$ 1883 (US$ 1712/ha), dont 87% provenant des revenus de la pisciculture. Le rendement piscicole était de 3500 kg/ha. Le taux de ponte était quelque peu inférieur à la moyenne, soit 65% seulement, en raison de la faible teneur en protéines des aliments pour canards.

Systèmes d' exploitation poulets-poisson

Les déjections de poulets sont réputées plus intéressantes que les déjections de canard, eu égard à leur apport en nutriments pour les poissons. Le système d'exploitation poulet-poisson ne semble toutefois pas être plus favorable que le système canard-poisson, plus répandu en Thaïlande. Les maladies des poulets et le système d'exploitation contractuelle pratiqué en aviculture expliquent peut-être cette désaffection.

Les étangs dans le cas de l'exploitation poulet-poisson doivent être plus profonds que dans le cas de l'exploitation canard-poisson. L' étang peut être de forme rectangulaire et présenter une profondeur de 1,5 m. Le niveau d'eau ne peut être inférieur à 1 m tout au long de la période d'élevage. Le poulailler peut être construit au-dessus du bassin par souci d'économie de terrain et pour permettre un lavage plus aisé des déjections. Le plancher du poulailler doit être à 1,2 m au-dessus du niveau de l'eau.

En cas d'élevage de poulets à griller à partir de poussins d'un jour se

nourrissant d'aliments concentrés, un poulet nécessite 50 jours pour atteindre le poids de 1,5-1,9 kg/oiseau. La densité de peuplement recommandée est de 6250 oiseaux/ha.

En cas d'élevage de poules pondeuses, chaque poule doit être gardée dans une petite cage aménagée dans le poulailler. La densité de peuplement recommandée est de 200 oiseaux par volée, avec 5 volées par an.

Les poissons sélectionnés doivent être en mesure de tolérer de faibles concentrations d'oxygène. Parmi les espèces recommandées, citons le tilapia ou le tilapia associé au poisson-chat rayé, pour une densité d'empoissonnement de 12 500 alevins de 3-5 cm par hectare.

Le rendement piscicole peut être aussi élevé que 7638 kg/ha dans le cas du tilapia et gourami à peau de serpent, étant donné que le poisson-chat rayé bénéficie davantage des nutriments du bassin. En cas d'empoissonnement de tilapias uniquement, le rendement peut être aussi faible que 3621 kg/ha (PONGSUWAN & SITTIMUNK 1989).

Systèmes porcs-poisson

Le système intégrant l'élevage des porcs et la pisciculture se rencontre dans des exploitations relativement importantes. Ce système a d'abord été développé par les éleveurs de porcs en vue d'accroître leurs revenus d'exploitation à un moment où le prix des aliments pour les porcs était en augmentation.

Dans ce système d'exploitation, la porcherie est généralement située à proximité du bassin, le long de la digue, pour faciliter l' entraînement des déjections de porcs et autres déchets dans le bassin.

On estime qu'une densité de peuplement de 31-62 porcs de 10 kg chacun par ha conviendrait pour une densité d'empoissonnement de 12 500 tilapias ou tilapias + poissons-chats rayés de 3-5 cm en raison de la faculté de ces derniers de tolérer les changements du milieu dans l' étang. Il est possible d'y ajouter des carpes mais les barbeaux argentés sont déconseillés en raison de leur faible taux de survie. Les porcs hybrides (Large White/Landrace/Duroc) sont recommandés pour le peuplement.

Les porcs peuvent être nourris d'aliments mixtes et/ou concentrés qui devraient contenir 13-14% de protéines. Le manioc peut partiellement remplacer les brisures de riz afin de réduire les coûts alimentaires.

Au cours des premiers jours, lorsque les porcs sont encore petits, des compléments d'alimentation à faible coût (p. ex. du son de riz, des déchets alimentaires, des déchets végétaux) peuvent être requis par les poissons. Une fois que les porcs ont chacun atteint les 50 kg, les aliments pour poissons seront suffisants si les densités de peuplement recommandées sont respectées. Aucun complément alimentaire ne sera plus alors requis pour les poissons.

Quatre à cinq mois après l'empoissonnement, les tilapias peuvent être partiellement pêchés à l'aide d'un filet à mailles de 6-8 cm afin de réduire la densité d'empoissonnement. Dans le cas de la polyculture, la dimension des mailles peut être supérieure. Le poisson-chat rayé atteindra la taille de 1-1,5 kg après un an. Une étude a montré que le rendement piscicole dans ce système pourrait être aussi élevé que 11 250-12 500 kg/ha/an. Quelque 60% des revenus totaux ont été dépensés à titre de coûts au comptant, laissant à l'exploitant un revenu net de 40% (WANNAKUL 1983).

Une étude menée en 1977 s'est penchée sur une exploitation expérimentale du Centre de la Thaïlande. L'exploitation comprenait un étang de 0,6 ha, peuplé de 15 000 alevins de 30 g chacun, soit une densité d'empoissonnement de 23 438 alevins/ha. Un enclos à porcs aménagé au-dessus du bassin stockait 45 porcs de 8-10 kg chacun, soit une densité de peuplement de 70 porcs par hectare. L'exploitation a enregistré un revenu net comptant de US$ 3457/exploitation, soit US$ 5402/ha (voir tableau 1).

Comparaison entre les différents systèmes d' exploitation élevage-pisciculture

Une étude conduite en 1985 sur les systèmes intégrés élevage-pisciculture dans la région centrale de la Thaïlande a révélé qu'en moyenne, une exploitation de 2,4 ha rapportait un revenu brut de US$ 44 163 par ha pour des coûts de US$ 42 566, laissant donc un revenu net annuel de US$ 1597 par ha. Quatre systèmes ont été inclus dans l'étude: exploitation tilapia - poulet, tilapia + poisson-chat rayé - poulet; tilapia + poisson-chat rayé + barbeau argenté - poulet; et tilapia + poisson-chat rayé - porc.

Dans ces systèmes, la densité moyenne de peuplement était de 9500 oiseaux dans un poulailler de 400 m^2, bâti à 1,2 m au-dessus du niveau d'eau de l' étang. Dans le cas de la pisciculture associée à l'élevage

Tableau 1
Exploitation porc-poisson dans la région centrale de la Thaïlande, 1977

Composition chimique des déjections de porc	
Composant	kg pour 100 kg de déjections de porc
Eau	71,0
Matière organique	25,0
Azote	0,5
Phosphore	0,4
Potassium	0,3
Calcium	0,1
Autres	0,9

Densité d'empoissonnement par superficie de bassin		
Espèces de poissons sélectionnées	porcs/ha	poissons/ha
Tilapia	44-63	10 000
Poisson-chat rayé	63	6 250
Barbeau argenté	50	25 000
Carpe à grosse tête (*Aristichthys nobilis*)	44	938
+ Tilapia	44	10 000

Rendement piscicole par superficie de bassin				
Espèces	Poids empoiss. (g/poisson)	Élevage (mois)	Rendement (kg/ha)	Poids final (kg/poisson)
Tilapia	30	6	600	0,4
Poisson-chat rayé	2	14	400	0,4
Barbeau argenté	2,5	10	500	0,12
Carpe à grosse tête	100	6	200	1,3
+ Tilapia	30	6	400	0,3

Revenus par superficie de bassin (US$/ha)	Élevage porcin	Pisciculture
Superficie bassin = 0,6 ha		
Peuplement (nombre/ha)	70	23 438
Poids de l'animal au peuplement	8-10 kg chacun	30 g chacun
Coût du peuplement (US$/ha)	1 582	117
Durée de l'élevage (mois)	7	6
Aliments et traitements (US$/ha)	2 056	-
Poids récolte (kg/ha)	13 125	3 956
Poids final (kg/animal)	120	0,25

	Porc	Poisson	Total
Revenus bruts (US$/ha)	7 594	1 563	9 157
Revenus nets (US$/ha)	3 956	1 446	5 402

Source: Données calculées à partir de JANESIRISAK & PETCHAREON 1979.

porcin, la densité de peuplement était de 100 porcs dans un enclos de 200 m² en moyenne, construit au-dessus du bassin ou sur la digue. Le plancher de l'enclos à cochons était incliné vers le bassin pour faciliter le lavage des déchets et déjections dans le bassin. Ce dernier était généralement rectangulaire et présentait une superficie moyenne de 0,62 ha par bassin. La digue était construite à une hauteur de 1,1 m pour une largeur de 3 m. La profondeur du bassin était de 1 m en moyenne.

L'exploitation de type tilapia + poisson-chat rayé - poulet a indiqué le rendement net le plus élevé, soit US$ 2349 par hectare et par an. Viennent ensuite par ordre décroissant les systèmes tilapia - poulet (US$ 1537), tilapia + poisson-chat rayé - porc (US$ 1259) et tilapia + poisson-chat rayé + barbeau argenté - poulet (US$ 1215). Pour plus de détails sur les coûts et rendements, consultez les tableaux 2 et 3. Le succès de ces systèmes pourrait s'expliquer par le soin prêté à l'exploitation proprement dite et à la réduction des contraintes en matière d'investissements (PINNOI 1986).

Tableau 2

Systèmes intégrés d'exploitation dans la région centrale de la Thaïlande, 1985

Rubrique	**(1)**	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**Moyenne**
Superficie expl. (ha)	1,6	2,5	2,8	2,8	2,4
Rendement piscicole (kg/ha)	3 683	7 639	4 167	5 081	5 143
Revenus bruts (US$/ha)					
Pisciculture	1 173	2 609	1 770	1 701	1 813
Élevage	43 067	90 825	27 327	8 182	42 350
Total	44 240	93 434	29 097	9 883	44 163
Coûts (US$/ha)					
Pisciculture	921	2 465	1 377	1 409	1 543
Élevage	41 746	88 620	26 461	7 259	41 023
Total	42 667	91 085	27 838	8 668	42 566
Revenus nets (US$/ha)	1 573	2 349	1 259	1 215	1 597

(1) Système poulet-tilapia
(2) Système poulet-tilapia + poisson-chat rayé
(3) Système poulet-tilapia + poisson-chat rayé + barbeau argenté
(4) Système porc-tilapia + poisson-chat rayé
Source: Données calculées à partir de PINNOI 1986.

Tableau 3
Détail des coûts des systèmes intégrés d'exploitation dans la région centrale de la Thaïlande, 1985

Rubrique	(1)	(2)	(3)	(4)	Moyenne
Pisciculture	921	2.465	1.377	1.409	1.543
Coûts variables	710	1.881	998	1.261	1.212
empoissonnement	207	816	597	437	514
m. d'oeuvre familiale	256	250	190	167	216
m. d'oeuvre engagée	47	483	84	115	182
aliments	54	250	27	379	178
carburants	38	45	58	105	62
maintenance	26	17	23	22	22
divers	82	20	19	36	38
Coûts fixes	221	584	379	148	331
intérêts	5	349	268	88	178
dépréciation	148	216	97	54	129
divers	58	19	14	6	24
Élevage d'animaux	41.746	88.620	26.461	7.259	41.023
Coûts variables	40.745	84.602	23.960	6.276	38.896
peuplement	908	29.493	3.179	317	8.474
aliments	39.115	53.113	20.098	5.094	29.405
m. d'oeuvre familiale	496	496	380	340	418
m. d'oeuvre engagée	137	1.438	252	350	544
récolte	89	62	51	175	55
Coûts fixes	1.001	4.018	2.501	985	2,127
intérêts	31	2.423	1.876	630	1.240
dépréciation	856	1.497	584	330	817
divers	114	98	41	23	70

(1) Système poulet-tilapia
(2) Système poulet-tilapia + poisson-chat rayé
(3) Système poulet-tilapia + poisson-chat rayé + barbeau argenté
(4) Système porc-tilapia + poisson-chat rayé
Source: Données calculées à partir de PINNOI 1986.

Système intégrant riz, poulets, poissons, légumes, fruits et plantes

Les agriculteurs du nord-est de la Thaïlande constituaient le groupe le plus défavorisé. Aussi les systèmes intégrés d'exploitation y ont-ils été introduits afin de les aider à accroître leurs revenus, tant en espèce qu'en nature. Les zones irriguées offraient des opportunités pour ces systèmes intégrés d'exploitation. Mais il n'en va pas de même pour les régions humides. Une étude a été entreprise dans le nord-est pluvieux de la Thaïlande pour apporter une réponse à ce problème.

La superficie de l'exploitation sélectionnée était de 2,7 ha. Quatre membres de la famille étaient disponibles pour les travaux d'exploitation. Avant l'introduction des systèmes intégrés, cette exploitation se consacrait

à la culture du riz et du manioc. Le revenu net était de US$ 1998/ha/an. Après l'introduction des systèmes intégrés, cette exploitation a continué ces deux cultures. Elle a en outre étendu ses activités à l'élevage de poulets locaux autour de la maison et de poissons dans les rizières, ainsi qu'à la culture de légumes et de fruits. En trois ans, les revenus au comptant de l'exploitation ont augmenté jusqu'à US$ 2666 en 1987, US$ 5720 en 1988 et US$ 8689 en 1989. L'augmentation de 1987 et 1988 était en grande partie due à l'accroissement des rendements piscicoles et rizicoles. En 1989, la culture potagère a enregistré des rendements élevés grâce à la culture de la tomate en saison sèche et à la culture du piment. Ces rendements ne comprenaient pas la consommation personnelle. Par ailleurs, l'exploitation s'attend à une augmentation des rendements de la culture fruitière dans un avenir proche (voir tableau 4).

Tableau 4
Système intégré d'exploitation riz-poulets-poissons-légumes-fruits-plantes dans le Nord-Est de la Thaïlande, 1986-1989

Rubrique	Riz	Poulets	Poissons	Légumes	Fruits	Plantes	Divers	Total
Superficie exploitation = 2,7 ha avec 4 travailleurs issus de la famille								
Revenus avant l'introduction du système intégré d'exploitation (US$/ha)								
Revenus	568	-	-	-	-	2 588	-	3 156
Coûts	138	-	-	-	-	1 020	-	1 158
Revenus nets	430	-	-	-	-	1 568	-	1 998
Revenus après l'introduction du système intégré d'exploitation (US$/ha)								
1987								
Revenus	1 512	-	776	577	-	1 709	-	4 574
Coûts	150	-	15	38	950	700	55	1 908
Revenus nets	1 362	-	761	539	– 950	1 009	– 55	2 666
1988								
Revenus	2 496	-	1 393	817	50	1 740	-	6 496
Coûts	164	44	50	58	90	370	-	776
Revenus nets	2 726	– 44	1 343	759	– 40	1 370	-	5 720
1989								
Revenus	2 905	531	(1)	5 658	91	4 609	38	13 832
Coûts	179	-	2 595	1 415	218	736	-	5 143
Revenus nets	2 726	531	– 2 595	4 243	– 127	3 873	38	8 689

(1) Pas encore de récolte.
Source: Données calculées à partir de RATTANAVARAHA 1992

Outre le riz et le manioc, cette exploitation a conservé 211 poulets locaux. Cette densité de peuplement était considérée comme trop élevée par rapport à la superficie de l'exploitation et, partant, risquait de nuire à la culture potagère. Il fut donc conseillé de réduire le nombre de poulets. En trois ans, l'exploitation n'a vendu que 71 poulets au prix unitaire de

US$ 1,2. Le rendement piscicole était de 230 kg au prix de US$ 1/kg. Les bénéfices de la pisciculture pour 1989 n'ont pas été communiqués. Cependant, suite à l'augmentation du rendement de la pisciculture en 1988, l'exploitation a décidé d'étendre cette activité l'année suivante. L'agrandissement de l' étang pourrait en outre constituer une réserve d'eau utile pour la culture potagère en saison sèche.

Système intégrant riz, canards, poissons, fruits et légumes

En 1985, l'Office of Agricultural Economics a étudié un système intégré d'exploitation dans le centre de la Thaïlande. L'étude a révélé que l'élevage de canards pouvait réduire les coûts de production. Etant donné que les canards ne mangent pas les feuilles du riz, on les envoya fourrager dans les rizières, éliminant ainsi les mauvaises herbes et les parasites.

L'exploitation étudiée cultivait du riz sur une superficie de 2,9 ha de rizière saisonnière. La culture démarrait en juillet et le riz fut récolté chaque année au mois d'octobre. Le rendement était de 29,1 tonnes/ha. La riziculture hors saison, qui s'effectuait de janvier à avril, était essentiellement permise par les eaux d'irrigation et produisit un rendement de 30 tonnes/ha.

Cette exploitation élevait 250 canards Khaki Campbell qui pouvaient y fourrager. Les canards pouvaient errer le long des rizières, dans l' étang, parmi les plates-bandes de légumes, le verger et les zones habitées.

L'exploitation comptait deux étangs, présentant chacun une superficie de 0,04 ha et une densité d'empoissonnement de 1000 alevins de poissons-chats rayés. Au cours du premier mois suivant l'empoissonnement, les poissons étaient nourris au son de riz, après quoi lorsque les canards purent patauger dans l' étang, les poissons se nourrirent exclusivement d'aliments naturels présents dans l' étang.

Les exploitants cultivaient le concombre et le dolique en plates-bandes de quelque 0,06 ha chacune. Les productions potagères se vendaient tous les 2-3 jours. L'eau des étangs à poissons était utilisée pour la culture potagère, tandis que les déchets de légumes servaient d'aliments pour les canards et les poissons. Des anones, des manguiers et des cocotiers étaient cultivés tout autour de l'exploitation pour apporter de l'ombre et une protection contre les vents violents. Les fruits de ces arbres constituaient une source permanente de revenus pour les exploitants.

Un mois après le repiquage, une fois les tiges de riz assez solides, les canards ont été menés dans les rizières pour contribuer à éliminer les mauvaises herbes et les parasites, à travailler la terre et la fertiliser. On a observé une diminution de 20,3% des coûts de la riziculture après l' introduction des canards dans les rizières. Cette réduction était en grande partie due à la diminution des coûts des pesticides, insecticides et engrais. La riziculture a enregistré une augmentation de rendement de 32,8%.

Dans le même temps, la pratique de la riziculture a contribué à réduire les coûts de l'élevage de canards, étant donné que ceux-ci pouvaient librement fourrager dans les rizières. Ils se nourrissaient des chutes de riz. Après la récolte de riz, les canards se nourrissaient des déchets des rizières, sans endommager toutefois les jeunes feuilles des plantes, permettant ainsi de réaliser des économies sur les aliments pour canards. Ce système n'était toutefois recommandé que pour les rizières repiquées, et non pour les semis à la volée, susceptibles d'être endommagés par les canards. Il est conseillé de conserver le nombre de canards au niveau recommandé. Une surpopulation réduirait la superficie de fourrage par oiseau ainsi que la croissance des plants de riz.

Les canards peuvent également se nourrir de petits animaux aquatiques et de plantes habitant l' étang, ou encore, de déchets d'aliments pour poissons, réduisant ainsi la pollution dans l' étang. En revanche, les poissons peuvent se nourrir des déchets des canards. Les déjections de canards augmentent les nutriments dans l' étang. L'intégration d'un système canard-poisson a réduit de 60,8% les coûts de la pisciculture.

Les déjections de canards peuvent également fertiliser les plates-bandes de légumes et, partant, réduire les coûts des engrais chimiques destinés à la culture potagère. En contrepartie, les canards peuvent se nourrir des déchets de cette même culture qui, sur une telle étendue fournirait un apport alimentaire suffisant aux canards. Le système intégré canards-légumes a réduit de 3,4% les coûts de la culture du dolique.

Les canards étaient également utiles aux arbres fruitiers car ils ont contribué à éliminer les mauvaises herbes et à fertiliser le sol. Le système intégré canards-fruits a réduit de 15,8% les coûts de la production de noix de coco .

Les déchets des cultures potagères étaient utiles à la pisciculture. Quelque 10 kg d'excédents étaient chaque jour déversés dans l' étang. Les excédents pouvaient également être utilisés comme intrants en tant qu' engrais verts. L'eau drainée de l' étang pouvait être utilisée dans les

cultures potagères et fruitières.

Cette exploitation sélectionnée enregistrait un revenu net de US$ 857/ha/an, 52,5% provenant de l'élevage des canards et des poissons, et 47,8% de la culture du riz et des légumes. Cette exploitation a enregistré un léger déficit au niveau de la culture fruitière (US$ 142/ha) (voir tableau 5).

Tableau 5
Système intégré d'exploitation riz-canards-poissons-légumes-fruits dans la région centrale de la Thaïlande, 1985

Rubrique	Riz	Canards	Poissons	Légumes	Fruits	Total
Superficie exploitation = 2,9 ha						
Réduction des coûts par rapport aux systèmes traditionnels (%)	20,3	17,5	60,8	3,4	15,8	-
Revenus par superficie d'exploitation (US$/ha)	1 124	1 247	210	58	136	2 775
Coûts par superficie d'exploitation (US$/ha)	591	952	58	39	278	1 918
Revenus nets par superficie d'exploitation (US$/ha)	533	295	152	19	–142	857

Source: Données calculées à partir de TAIPANICH 1986.

Système intégrant riz, poulets, porcs, poissons et légumes

EXPLOITATION INTÉGRÉE DANS LA RÉGION CENTRALE DE LA THAILANDE

Dans l'optique d'apporter aux petits exploitants des solutions visant l'accroissement de leurs revenus, l'Office of Agriculture Economics a lancé une expérience dans la région centrale de la Thaïlande portant sur les systèmes intégrés d'exploitation. La superficie totale de cette exploitation expérimentale était de 1,4 hectares. La riziculture représentait l'activité principale, avec une rizière de 1 ha. Cette exploitation comprenait également un étang de 0,1 ha au-dessus duquel avaient été construits un poulailler et un enclos pour porcs. Pour assurer des rentrées journalières, l'exploitant cultivait des légumes sur 0,3 ha. Les activités de l'exploitation étaient assurées par trois membres de la famille.

Le riz était cultivé deux fois par an. Le rendement de la riziculture était de 12 276 kg/ha/an. Sur le total des heures de travail prestées par les membres de la famille, quelque 12% étaient consacrés à cette activité. Les périodes de travail intense dans les rizières correspondaient à la

saison des récoltes, soit en novembre et en juin.

Le poulailler aménagé au-dessus du bassin augmentait les nutriments au profit des poissons. Les 206 oiseaux de peuplement pondirent 22 500 oeufs par an; 166 furent vendus après la réforme.

Les exploitants ont conservé un porc adulte et ont engraissé les pourceaux en vue de les vendre. À la fin de l'année, l'exploitation comptait quatre truies et avait vendu 4260 kg de pourceaux engraissés.

L' étang de 0,1 ha fut empoissonné au moyen de 1000 alevins de poisson-chat rayés de 5 cm de long. Au cours des premiers jours, ils étaient nourris de son de riz et, ensuite, de nutriments provenant de déjections animales. Les déjections de poulets étaient directement déversées dans l' étang. Les déjections de porcs étaient exposées au soleil avant d'être injectées dans l' étang. Le rendement piscicole était de 1001 kg.

Tomates, pois, crucifères (*Cruciferae*), doliques, choux-fleurs, oignons, piments et concombres étaient cultivés en alternance sur 0,3 ha de plates-bandes. Le rendement total de l'activité potagère sur cette surface était de 3194 kg en poids, ou US$ 575 en valeur.

Les déchets des animaux d'élevage et des cultures potagères représentaient des intrants dans la production d'engrais verts et de biogaz. Ces productions apportèrent US$ 460,8 de rentrées par an.

Au total, cette exploitation put gagner US$ 5648 de revenus comptant. Si l'on tient compte des produits imputés de l'exploitation, les revenus s'élevèrent à US$ 8455 au total. Les rentrées nettes au comptant furent de US$ 1295. Si l'on inclut les inventaires des produits de l'exploitation, les rendements imputés et les coûts, le revenu net se serait monté à US$ 1864. Ces revenus correspondent approximativement aux rentrées annuelles d'un débutant dans un service administratif. Ce résultat a été considéré comme une amélioration des revenus dans le secteur agricole. Le tableau 6 donne plus de détails sur les rendements, les revenus et les coûts par domaine de culture.

Exploitation intégrée dans le nord de la Thailande

Le tableau 7 reprend les coûts et revenus d'un système intégré de riz-porc-poulet-poisson-légume dans le nord de la Thaïlande pour la période 1982-1988. Les systèmes intégrés d'exploitation sont conseillés afin d'accroître les revenus, tant en espèce qu'en nature. Dans le cas de l'exploitation étudiée, la superficie initiale était de 0,4 ha et a été portée à 0,59 en 1988. L'exploitation était située dans une région irriguée.

Tableau 6

Système intégré d'exploitation riz-poulets-porcs-poissons-légumes dans la région centrale de la Thaïlande, 1984.

Rubrique	Riz	Poulets	Porcs	Poissons	Légumes	Total
Superficie expl. (ha)	1	———	—— 0.1 ———		0.3	1.4
Densité de peuplement (animaux/ha de bassin)		2 060 oiseaux 480 engraissement	10 parents	10 000		
Rendement par superficie de culture (unité/ha)	12 276 kg	225 000 oeufs 1 660 oiseaux — 20 280 kg fumiers — — 35 380 m³ biogaz —	40 parents 42,600 kg	10 010 kg	10 648 kg	
Revenus par superficie de culture (US$/ha)	1 504	12 234 ——— Fumiers= 4 056 ——— —— Biogaz = 552 —— —— Divers = 960 ——	44 491	4 805	1 917	
Coûts par superficie de culture (US$/ha)	434	16 696 —— Divers = 52 ——	38 585	1 542	1 744	Total coûts comptant = **4 353** Total coûts = **6 591**
Revenus nets par superficie de culture (US$/ha)	1 070	-4 462	5 906	3 263	173	Total coûts comptant = **1 295** Revenus nets = **546**

Source: Données calculées à partir de l'Unité de recherche sur le développement des systèmes d'exploitation, 1986.

Tableau 7

Système intégré d'exploitation riz-porcs-poulets-poissons-légumes au Nord de la Thaïlande, 1982-1988

Rubrique	1982	1983	1984	1986	1987	1988	Taux local
Superf. expl. (ha)	0,4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,59	
Revenus de la vente des produits (US$/ha)	1 073	3 275	3 563	3 363	2 842	2 897	
Coûts aux comptant (US$/ha)	175	2 015	2 334	1 358	316	555	
Revenus comptant nets (US$/ha)	898	1 260	1 229	2 005	2 526	2 342	
Revenus des entrants d'exploitation							
Main d'oeuvre (US$/jour-homme)	-	1,24	0,92	1,68	2,60	3,84	1-1,60
Terre (US$/ha/an)	-	280	195	484	735	795	125-300
Comptant (%)	-	6	53	148	799	422	12-15

Source: Données calculées à partir de RATTANAVARAHA 1992

Remarque: L'année 1985 n'a pas été incluse dans l'étude en raison de la période de travaux d'irrigation.

Avant l'intégration des systèmes, les revenus étaient légèrement supérieurs à US$ 1000/ha, soit US$ 480/exploitation/an. Après l'introduction des systèmes intégrés d'exploitation, les revenus ont dépassé les US$ 2000/ha, soit US$ 800/exploitation/an. Le rendement des intrants d'exploitation fut nettement supérieur à la moyenne des taux locaux. L'exploitation était à même d'utiliser de façon plus efficace les collaborateurs familiaux. Ceux-ci pouvaient produire des aliments destinés à la consommation domestique et, partant, réduire les dépenses d'alimentation et réaliser des économies au profit de l'expansion de l'exploitation. L'utilisation de fumiers d'origine animale a contribué à réduire les dépenses pour engrais chimiques.

Une autre étude menée sur les exploitations intégrées dans la région centrale de la Thaïlande entre 1987 et 1989 a également indiqué que les revenus de l'exploitation s'étaient accrus après l'introduction de tels systèmes. Une étude portant sur trois exploitations sélectionnées révèle que les revenus ont augmenté de US$ 180-336/ha à US$ 497-676/ha (voir tableau 8). A noter que les petites exploitations ont enregistré de meilleurs résultats que les plus grandes.

Tableau 8
Système intégré d'exploitation riz-porcs-poulets-poissons-légumes-fruits-plantes dans la région centrale de la Thaïlande, 1987-1989

Item	Exploitation n° 1	Exploitation n° 2	Exploitation n° 3
Superficie exploitation (ha)	4,64	12,96	10,03
Activités			
Riz (ha)	4,00	9,6	9,6
Porcs (nombre)	2-5	10-20	-
Poulets (nombre)	30-90	50-60	40
Bassin piscicole (ha)	0,04	0,04	0,84
Légumes (ha)	0,04	0,04	0,04
Plantes (ha)	0,44	0,48	-
Revenus par expl. (US$/ha)			
1987 Revenus	389	372	534
Coûts	209	103	198
Revenus nets	180	269	336
1988 Revenus	326	462	676
Coûts	120	116	237
Revenus nets	206	346	434
1989 Revenus	976	786	803
Coûts	300	247	306
Revenus nets	676	539	497

Source: Données calculées à partir de RATTANAVARAHA 1992

Système intégrant riz-poisson-crevette-porc/canard

En suite du succès de l'élevage des crevettes en eau douce, la crevette d'eau douce (*Macrobrachium rosenbergi*) a été introduite dans les systèmes intégrés d'exploitation en région irriguée.

Des informations ont été recueillies auprès de trois exploitations respectivement de 2,9, 4 et 2,2 ha. Ces exploitations étaient pourvues d'un étang à poissons de 0,64 ha et d'un étang à crevettes de 0,16 ha. La première exploitation opta pour l'empoissonnement au moyen de barbeaux argentés et de tilapias du Nil; la deuxième élevait des poissons-chats rayés et la troisième des barbeaux argentés. Chaque exploitation comptait 10 000 alevins dans l'étang à crevettes. Pour ce qui est des animaux d'élevage, la première exploitation comptait 30 porcs, la deuxième 33 porcs et la troisième 800 canards Peking.

Dans ce type de système, l'eau de l'étang à crevettes doit être propre. Les exploitants doivent veiller à ne pas introduire de déjections animales dans l'étang à crevettes. L'eau évacuée de ce bassin peut être utilisée dans l'étang à poissons. A son tour, l'eau de celui-ci peut être évacuée dans les rizières.

La première exploitation a enregistré le rendement net le plus élevé avec US$ 1622/exploitation, suivie par la deuxième (US$ 1594/ exploitation). La troisième exploitation a enregistré un déficit de US$ 532 au cours de l'année d'étude suite aux pertes dans le système crevettes et canards. La deuxième exploitation a également enregistré quelques pertes au niveau de l'élevage porcin. Le déficit lié à l'élevage des animaux peut s'expliquer par les coûts élevés des aliments (voir tableau 9).

Rizipisciculture

En saison des pluies, alors que l'eau inonde les rizières, les poissons y sont retenus. Les exploitants tirent de ces poissons un rendement annuel supérieur à 25 kg/ha. Si la densité d'empoissonnement était adéquate dans les rizières, les rendements pourraient être portés à 125 kg/ha, voire davantage. Les poissons présents dans les rizières sont utiles car ils éliminent les parasites et les mauvaises herbes. Les poissons contribuent également à travailler le sol des rizières lors de leur passage. En outre, les déjections de poissons constituent des nutriments pour le sol. La production de riz peut ainsi être accrue dans un tel système de rizipisciculture.

Tableau 9

Système intégré d'exploitation riz-poissons-crevettes-porcs/canards dans la région centrale de la Thaïlande

Rubrique	Exploit. n° 1	Exploit. n° 2	Exploit. n° 3
Riziculture			
Superficie cultivée (ha)	2,9	4,0	2,2
Rendement (kg/ha)	18 750	25 500	17 250
Coûts (US$/ha)	203	174	162
semences/plantation	15	14	25
produits chimiques	100	82	57
carburants	38	38	26
main d'oeuvre engagée	50	40	54
Revenus (US$/ha)	375	415	209
Revenus nets (US$/ha)	172	241	47
Pisciculture, superficie de bassin = 0,64 ha			
Empoissonnement par superficie de bassin (poissons/ha)			
barbeau argenté	9 375	-	12 500
tilapia	3 125	-	-
poisson-chat rayé	-	6 250	-
Rendement par superficie de bassin (kg/ha)			
barbeau argenté	930	-	2 344
tilapia	270	-	-
poisson-chat rayé	-	3 600	-
Coûts (US$/ha)	234	293	168
alevin	100	175	50
chaux & engrais	21	118	118
carburants	107	-	-
intérêts	6	-	-
Revenus (US$/ha)	640	1 296	1 406
Revenus nets (US$/ha)	406	1 003	1 248
Culture de la crevette, superficie de bassin = 0,16 ha, empoissonnement = 10 000 alevins			
Rendement (kg/ha)	1 217	739	38
Coûts (US$/ha)	2 761	3 860	1 936
alevin	575	575	575
chaux	138	-	-
aliments	1 729	1 867	991
intérêts	109	23	-
Revenus (US$/ha)	7 095	3 860	189
Revenus nets (US$/ha)	4 334	1 025	– 1 747
Élevage d'animaux			
Peuplement (nombre/expl.)	30 porcs	33 porcs	800 canards
Coûts (US$/exploitation)	2 842	2 950	2 376
peuplement	892	963	496
vaccins	24	34	49
aliments	1 836	1 873	1 787
intérêts	90	80	44
Revenus (US$/ha)	3 012	2 775	2 292
Revenus nets (US$/ha)	170	– 175	-84
Total des coûts (US$/expl.)	4 023	4 288	3 150
Total des revenus (US$/expl.)	5 645	5 882	3 682
Total des revenus nets (US$/expl)	1 622	1 594	– 532

Source: Données calculées à partir de KETSAMUT *et al.* 1993.

A la fin des années 1980, ce système était fortement préconisé dans le nord-est de la Thaïlande. Un rapport de l'Irrigated Agriculture Development Project dans le Nord-Est indique que le nombre d'exploitations est passé de 58 à 108 entre 1985 et 1986. La superficie cultivée a augmenté de 22 à 40 ha. La superficie moyenne d'une exploitation était de 0,4 ha. Le rendement piscicole était de 189 kg/ha et est passé à 248 kg/ha en 1986. Le rendement rizicole était de 17 100 kg/ha en 1985 et de 13 444 kg/ha en 1986 (voir tableau 10).

Tableau 10

Système intégré de rizipisciculture dans le cadre du projet de développement de l'agriculture irriguée dans le nord-est de la Thaïlande, 1985-1986.

Rubrique	1985	1986
Nombre d'exploitations	58	108
Superficie totale cultivée (ha)	22	40
Superficie moyenne par expl. (ha)	0,4	0,4
Rendement moyen (kg/ha)		
Riziculture	17 100	13 444
Pisciculture	189	248

Source: Données calculées à partir de PHOTIPITAK *et al.* 1986

Il ressort du tableau 11 que la rizipisciculture dans le nord-est de la Thaïlande pouvait accroître les rendements de riz de 13,9% en moyenne par rapport à la riziculture non associée à la pisciculture. Ce rendement était de 2586 kg/ha en moyenne, contre 2271 kg/ha pour la riziculture uniquement. Les rendements piscicoles étaient de 369 kg/ha. Les exploitants purent obtenir des bénéfices nets de US$ 129/ha grâce à la rizipisciculture.

Dans ce type de système, l'exploitation doit être située à proximité d'une source d'eau. L'eau des rizières doit atteindre un niveau de 30 cm supérieur au niveau normal à la saison du riz. La superficie recommandée pour les champs de riz est un carré de 0,8 ha. La profondeur de l'eau doit être au moins de 50 cm. Il est conseillé de construire la digue à 80 cm au-dessus du niveau du sol. Les quatre côtés de la rizière doivent être délimités par une tranchée de 0,8-1 m. La superficie de cette tranchée doit représenter un dixième environ de la superficie de la rizière. La zone la plus profonde de la rizière doit abriter un bassin de capture de 20-40 m^2 pour faciliter la récolte. Les espèces de poissons recommandées sont la carpe, le barbeau argenté, le tilapia du Nil et la carpe à grosse tête. L'empoissonnement peut s'effectuer 15 à 20

jours après la plantation du riz. La densité d'empoissonnement est de 2500-5000 poissons/ha. Dans ce type de système, le rendement rizicole doit être au moins de 188 kg/ha pour un rendement piscicole de 125 kg/ha minimum.

Tableau 11

Système intégré de rizipisciculture dans le nord-est de la Thaïlande, 1989.

Rubrique	Amnaj-chareon	Kuang-nai	Dej-udom	Moyenne
Superficie moyenne par exploitation = 0,4 ha				
Nombre d'échantillons	19	14	18	Total=51
Rendement rizicole (kg/ha)				
Rizipisciculture	2 537	2 571	2 651	2 586
Riziculture uniquement	2 014	2 372	2 467	2 271
Augmentation (kg/ha)	523	199	184	315
Augmentation (%)	26,0	8,4	9,2	13,9
Production piscicole				
Rendement (kg/ha)	205	572	329	369
Revenus (US$/ha)	126	321	329	259
Coûts (US$/ha)	59	171	160	130
Revenus nets (US$/ha)	67	150	169	129

Source: Données calculées à partir de RATTANAVARAHA 1992.

Conclusion

Les systèmes intégrés d'exploitation en Thaïlande varient en fonction de la localisation de l'exploitation. Le développement de ces systèmes requiert un apport en eau suffisant. En raison des contraintes du marché et des soins intensifs, ces systèmes d'exploitation semblent davantage convenir aux exploitations à faibles moyens de subsistance qu'aux grandes exploitations. La compréhension de l'interdépendance biologique entre les différents systèmes permet d'améliorer la productivité de l'exploitation.

REFERENCES

CHAIJAREON W. 1989. Integrated Duck-fish Culture. — *Today Agriculture,* **9**th Year (No. **102**, December 1989): 67-72. (In Thai).

EDWARDS, P. *et al.* 1983. Small-scale Fishery Project in Pathumthani Province, Central Thailand: A Socio-economic and Technological Assessment of Status and Potential. — Asian Institute of Technology. Research Report No.158.

JANESIRISAK, S. & PETCHAREON, J. 1979. Pig-fish Culture. — National Inland Fishery Institute. Bangkok. Paper No. 2. (In Thai).

KETSAMUT, S. *et al.* 1993. Aquaculture in Agricultural System. — *In:* Agricultural Farming System: Agriculture and Environment. Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok. pp. 199-260. (In Thai).

PHOTIPITAK, K. *et al.* 1986. Rice-fish Culture in Rainfed Agricultural Development Project. — *Fishery Gazette,* **39**(6): 575-582. (In Thai).

PINNOI, S. 1986. Economics of Integrated Farming System in Central Region 1985. — *Fishery Gazettte,* **39** (6): 359-369 (In Thai).

PONGSUWAN, A. & SITTIMUNK, A. 1989. A Handbook for Fish Culture in the Northeast. — Northeast Fishery Development Project, Department of Fisheries, Bangkok (In Thai).

RATTANAVARAHA, C. 1992. Sustainable Integrated Farming System. — *In:* Sustainable Agriculture: Agriculture and Nature. Network of Alternative Agriculture. Bangkok, pp. 79-112 (In Thai).

Research Unit on Farming System Development. 1986. Integrated Farming System in Chainart Farm Development: 4th Year Report. Office of Agricultural Economics. Agricultural Economic Paper No.35 (In Thai).

TAIPANICH, D. 1986. The Cycle of Integrated Farming System with Duck as Main Activity. — A paper presented in Seminar on "Farming System III", Chiengmai University (In Thai).

WANNAKUL, T. 1983. Integrated Farming. — *Livestock Gazette,* **10**th Year (No. 6 (June 1983): 33-38 (In Thai).

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 285 - 298 (1995)

Original : Anglais

LE DÉVELOPPEMENT DE L'INTÉGRATION AVICULTURE/PISCICULTURE À PETITE ÉCHELLE DANS LE NORD-EST DE LA THAÏLANDE : POTENTIALITÉS ET OBSTACLES

PAR

David C. LITTLE*

RÉSUMÉ. — Tandis que certains entrepreneurs ont développé des systèmes d'avipisciculture dans les régions plus urbanisées et industrialisées qui entourent Bangkok, l'intégration volaille-poisson est beaucoup moins développée dans le nord-est de la Thaïlande. L'absence actuelle d'investissements dans les deux sous-systèmes s'explique peut-être par la pénurie d'aliments et de main-d'œuvre qui règne de nos jours dans les ménages du nord-est du pays; la question principale qui se pose est de savoir si l'intégration des deux systèmes de culture pourrait en améliorer la productivité de manière à pourvoir aux besoins nutritionnels, sociaux et/ou financiers des ménages.

* Aquaculture Programme, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, P.O.Box 2754, Bangkok (Thaïlande).

Introduction

La culture intégrée procure des ressources alimentaires à un plus grand nombre de Thaïlandais du Nord-Est qu'auparavant, mais cet état de choses n'est pas lié au développement de systèmes intégrés d'élevage et de pisciculture améliorés dans la région même. Les travailleurs migrants de cette région pauvre de la Thaïlande comptent parmi les plus grands consommateurs de tilapia, un poisson peu coûteux élevé à l'aide des résidus de l'élevage dans les provinces plus urbanisées et plus industrialisées qui entourent Bangkok. Des entrepreneurs ont développé des systèmes d'avipisciculture dans le but d'accroître le revenu de leurs activités agricoles et de répondre à une importante demande urbaine d'œufs et de viande. Cependant, cette intégration a évolué en raison de la nécessité de construire des poulaillers à l'épreuve des inondations; les terrains doivent être remblayés dans cette région de basses terres et les dépressions qui en résultent peuvent être empoissonnées et recevoir les déchets. Alternativement, des poulaillers peuvent être construits par-dessus les étangs afin d'économiser l'espace disponible, de comprimer les frais de gestion et de faciliter l'évacuation des déchets.

L'intégration avipiscicole dans le nord-est de la Thaïlande proprement dite est beaucoup moins développée et est, de nouveau, essentiellement l'apanage de quelques exploitants et entrepreneurs nantis. Ainsi, par exemple, les activités d'élevage de poules pondeuses-poissons dans la province de Nong Khai, décrites par ENGLE & SKLADANY (1992), sont concentrées dans une zone périurbaine relativement restreinte desservant les marchés urbains. Par contraste, les systèmes d'élevage en enclos miniaturisés sont rares parmi les petits paysans des régions rurales. Le système décrit et testé par EDWARDS *et al.* (1983) ne pouvait durer en raison des difficultés de gestion des importants intrants et produits de l'exploitation; bien que produisant des protéines animales dépassant largement les besoins d'une famille de cinq personnes, la gestion intensive de canes pondeuses ne pouvait être adoptée à long terme.

Le présent exposé se penche sur l'autre facette de cette dichotomie du développement - les systèmes d'avipisciculture 'non améliorés' des exploitants ne disposant que de maigres ressources. Il examine les caractéristiques essentielles de la production actuelle de volaille et de poisson dans les villages de même que les obstacles à l'intégration de ces deux composants par les paysans ordinaires dans le nord-est de la

Thaïlande. Il propose ensuite quelques voies d'ouverture dans le cadre de nos recherches actuelles.

Caractéristiques générales des systèmes d'avipisciculture

1. Pisciculture et aviculture - faibles intrants, faibles revenus

Le caractère extensif de la production de poisson et de volaille dans le nord-est de la Thaïlande tend à en faire des éléments marginaux parmi les moyens d'existence de la famille paysanne, ce qui exerce un impact négatif sur toute tentative d'intensification. L'élevage de volaille dans les arrière-cours est courant; cependant, récemment encore, les ressources abondantes de poissons sauvages et la pénurie d'alevins pour l'empoissonnement faisaient obstacle à la pisciculture. Par ailleurs, l'élevage de poissons exige un étang ou, du moins, une rizière adéquate, ce qui, en plus de la pénurie d'eau dans cette région largement dépendante de la pluie, en limite aussi probablement l'adoption à 5-15 % des familles rurales (AIT Aquaculture Outreach, données non publiées). En revanche, la plupart des familles villageoises élèvent de la volaille. Les deux pratiques sont similaires en ce sens que la majeure partie de la production repose sur l'alimentation naturelle et le nourrissage. Un apport d'aliments de complément peu coûteux est de règle pour la volaille mais il est moins courant de fournir un complément alimentaire aux poissons d'élevage, ce qui s'explique peut-être par la pratique plus récente de la pisciculture et/ou par le fait que les villageois étaient habitués de voir les poissons sauvages trouver eux-mêmes leur propre nourriture. Alors que la volaille peut normalement circuler librement durant la journée et est renfermée la nuit, une pratique active de l'élevage peut être temporaire ou cesser totalement après l'empoissonnement initial.

Le poisson et la volaille ne requièrent qu'un minimum de soins et d'autres intrants; les poissons et volailles peuvent être achetés respectivement à l'état d'alevins et de poussins à peine éclos, mais les investissements de départ restent très faibles. Les marchands ambulants jouent un rôle important dans la distribution, en temps opportun, de ces petites quantités d'animaux juvéniles aux clients éloignés des régions rurales, tant en ce qui concerne le poisson que la volaille, en particulier les canetons. Les animaux de départ sont souvent aussi produits à la ferme et certains types de poissons et de volailles sont élevés comme des variétés subvenant elles-mêmes à leurs besoins; tel est le cas du tilapia

(*Oreochromis* spp.) et des poulets villageois.

Les rendements piscicoles et avicoles sont à la fois faibles et imprévisibles, mais ils peuvent jouer un rôle nutritionnel et social important. Du fait des cycles climatiques et sociaux, le commerce de la volaille et du poisson connaît un point culminant entre la récolte du riz et le Nouvel An thaïlandais, période de demande importante de protéines animales pour les fêtes à caractère social. Il se peut également que le poisson doive être pêché car les niveaux d'eau des étangs diminuent rapidement à cette période de l'année. La volaille et le poisson d'élevage produits au village sont très demandés comme "mets de fête" et sont généralement consommés au sein même du ménage et vendus sur le marché local (LITTLE *et al.* 1992). Le poisson peut être récolté toute l'année si le niveau de l'eau peut être maintenu et les œufs de canes produits à la ferme constituent aussi une importante source d'aliments de haute qualité toute l'année (PRAPERTCHOB 1989).

2. ALIMENTATION DE LA VOLAILLE ET DU POISSON

Une seule récolte de riz de faible rendement caractérise encore toujours le mode d'exploitation des sols et les modes de vie. C'est de cette récolte que proviennent les aliments traditionnels pour le bétail. Le complément alimentaire le plus courant pour la volaille et le poisson est le son de riz obtenu des rizeries villageoises. Autrefois, le riz paddy était moulu à la main, une pratique qui, bien que très longue, permettait cependant au ménage moyen d'élever pas mal de volaille et même un porc. Cette pratique est encore très répandue dans d'autres régions d'Indochine comme le Cambodge et le Vietnam. Dans ces régions isolées ou frappées par la guerre, les petits moulins modernes n'ont pas encore été introduits et la production intensive de volaille et de porcs y est sous-développée. Au nord-est de la Thaïlande, cependant, les paysans doivent racheter le son de riz au moulin où les sous-produits du riz sont conservés en guise d'honoraires. Dans la pratique, ceci tend à limiter la quantité disponible pour la plupart des paysans étant donné que, outre cette dépense, les meuniers élèvent généralement un grand nombre de têtes de bétail, en particulier des porcs, et ont aussi besoin de son de riz (THOMAS 1989). Des études ont démontré que cet état de choses constitue le principal obstacle à l'élevage de volaille à grande échelle par la plupart des ménages et à la production de poisson dans le cadre de n'importe quel système intégré (LITTLE *et al.* 1992 b).

L'étroite dépendance de la production de volaille à l'égard de la

disponibilité de riz et de sous-produits du riz en quantités suffisantes est encore renforcée par l'absence d'aliments alternatifs produits dans la région. Les patates douces (*Ipomoea batatas*) et le maïs (*Zea mays*) peuvent sous-tendre des systèmes d'élevage extensif de volaille, comme dans certaines régions du nord du Vietnam, où ces cultures s'étendent à des champs entiers plutôt que d'être pratiquées à petite échelle dans des potagers. A l'exception du manioc, aucune culture de plein champ n'est pratiquée au niveau régional en quantité suffisante pour pouvoir élever de la volaille, fût-ce même à une échelle modeste. Le cas du manioc amer (*Manihot esculenta*), seule exception possible, sera discuté ci-après.

Le caractère extensif de l'agriculture dans cette région signifie cependant que la volaille en liberté peut être tolérée sans que l'on ait à craindre les ravages qu'elle pourrait causer aux légumes ou aux autres cultures, ce qui, dans des sociétés à agriculture plus intensive, poserait un problème et nécessiterait un rassemblement en troupeau et un contrôle plus étroit. De même, l'éventail d'habitats et de niches micro-alimentaires non exploitées à d'autres fins peut être plus large.

3. Culture et environnement

Les faibles densités de population, les sols pauvres et infertiles et les pluies irrégulières et hautement saisonnières dans le nord-est de la Thaïlande ont engendré un système de valeurs dans lequel la riziculture de subsistance est complétée par une alimentation basée sur les fruits de la nature. Jadis, les modes de vie reposaient sur une large gamme de produits alimentaires et autres. Ceux-ci provenaient de la cueillette, de la chasse et, dans une certaine mesure, de la pêche dans les rizières extensives et les parcelles des hautes terres appartenant aux familles paysannes, mais surtout des ressources de la communauté, en particulier les forêts et les marais. Les aliments 'sauvages', allant des légumes aquatiques aux insectes les plus divers, sont encore toujours importants dans les régions riches en ressources naturelles. Les attitudes à l'égard de l'intensification de la production alimentaire, tant en ce qui concerne la volaille que le poisson, trouvent sans doute leur origine dans cette confiance traditionnelle et récente dans les sources alimentaires collectées.

La modernisation des styles de vie alliée à une dégradation des ressources alimentaires naturelles a bouleversé ce mode de vie. Les produits alimentaires et autres extérieurs au village, financés par les revenus d'un travail en dehors de la ferme, occupent une place sans cesse

croissante. Ainsi, par exemple, le poisson sauvage pêché dans les rivières naturelles ne constitue plus la seule base alimentaire et est complété de poisson de mer conservé et de poisson d'élevage en provenance du centre de la Thaïlande. Les membres de la famille trouvent de plus en plus un emploi en dehors de l'exploitation, ce qui peut aller à l'encontre des nécessités de l'élevage de volaille et de poissons à petite échelle, lequel requiert des investissements et des soins réguliers pour fournir des résultats attractifs. La tendance à la pratique de l'agriculture à temps partiel trouve également appui dans l'attitude des paysans à l'égard des dernières innovations agricoles - la popularité d'activités comme le creusement d'étangs-pièges pour la récolte saisonnière de poisson sauvage témoigne de l'intérêt pour les activités rapportant une grosse somme une fois l'an plutôt que des revenus réguliers mais plus modestes. Toute intensification de sous-systèmes d'aviculture et de pisciculture nécessitera dès lors une analyse des besoins en main-d'œuvre ainsi que du type et de la nature des bénéfices générés.

L'intensification de la pisciculture par la fertilisation de l'eau s'accompagne d'obstacles particuliers empêchant de considérer l'étang à poissons comme une ressource à usage multiple. La pénurie d'eau de surface durant la longue saison sèche augmente la valeur de l'eau propre pour la consommation et les besoins domestiques. Une eau fertile, verdâtre laisse supposer qu'elle est contaminée par divers déchets, pourritures, déchets d'animaux morts, etc., qui la rendent impropre à d'autres usages, même si les paysans comprennent que le phytoplancton peut servir de nourriture aux poissons. L'absence de tradition de réutilisation des déchets qui contraste avec les cultures de régions plus densément peuplées, limite l'extension de la réutilisation des déchets via l'aquaculture et indique que la promotion de l'aquaculture semi-intensive, en l'absence d'une bonne compréhension des besoins en eau globaux des paysans, est vouée à l'échec. D'autres ressources d'eau pour l'usage domestique, comme des puits peu profonds ou l'eau de pluie, sont nécessaires. Les tentatives de promotion de l'"eau verte", mettant partiellement l'accent sur sa propreté, ont abouti en partie mais l'utilisation des intrants ne se maintient que rarement tout au long de la période de végétation.

Les schémas d'établissement de la plupart des communautés thaïlandaises du nord-est font également obstacle à l'intensification de l'utilisation des déchets en pisciculture, étant donné que les déchets sont récoltés dans les enclos de bétail autour de la ferme, généralement éloignée des rizières et des étangs. Ceci constitue le principal obstacle à

l'utilisation du fumier des ruminants (EDWARDS *et al.* 1994). Les réservoirs aménagés dans les arrière-cours sont courants et plus proches de la source de déchets mais tendent à revêtir davantage de fonctions que les étangs aménagés dans les champs.

4. MORTALITÉ

La faible prévisibilité et le taux d'échec élevé de la production extensive de poisson et de volaille sont souvent associés à une mortalité précoce importante et à des périodes d'élevage prolongées. En particulier, l'empoissonnement au moyen d'alevins de petite taille dans des environnements relativement "ouverts" induit un faible taux de survie. Il semblerait que la mortalité élevée juste après le démarrage soit un obstacle majeur tant pour la volaille que le poisson. La jeune volaille reçoit généralement des soins particuliers et est tenue dans des cages de bambous séparées, à l'abri des éléments naturels et des prédateurs tels que les chiens, mais les petits alevins sont, quant à eux, sujets à une haute mortalité due aux poissons piscivores (EDWARDS *et al.* 1991, LITTLE *et al.* 1991). L'amélioration des techniques d'élevage à un stade précoce, y compris l'utilisation d'aliments de haute qualité pour la volaille et le poisson, pourrait augmenter la vitesse de croissance et le taux de survie à faible coût. Les maladies de la volaille, qui frappent en particulier les poulets de village, constituent un problème majeur. Bien qu'elles puissent être éradiquées par une simple immunisation, la plupart des paysans ne s'en soucient guère (PALARAK comm. pers.). Le vol ou le risque de vol peut également limiter les investissements en pisciculture, en particulier si le site de culture est éloigné de la ferme. Dans le cadre d'un essai récent au nord-est de la Thaïlande, le déplacement de la production de volaille vers l'étang de pisciculture ne semblait pas une solution possible pour la plupart des paysans (AIT, données non publiées). Par contre, certains exploitants pratiquent l'élevage de volaille autour du complexe étang-champ de riz, notamment pour prévenir les maladies et les vols de volaille plus courants au village (SURINTARASEREE 1988).

5. THÈSE

'La volaille doit être élevée en quantités suffisantes et ses déchets doivent pouvoir être récupérés si l'on veut augmenter les rendements piscicoles à un niveau jugé attractif pour les paysans'.

Facteurs critiques de l'avipisciculture intégrée

NOMBRES DE VOLAILLE (TAILLE DU TROUPEAU)

La taille du troupeau de volaille villageoise dépend de l'intérêt de la famille rurale, de la disponibilité des aliments de complément, de la mortalité et du caractère saisonnier. L'agro-écosystème peut également influencer la taille et les caractéristiques du troupeau. La proximité de grandes surfaces d'eau ou de canaux permet également d'élever un plus grand nombre de canetons par exemple. L'agro-écosystème d'un mini-bassin hydrographique comptait davantage de poulets, canards de Barbarie et canards domestiques que les zones des hautes terres ou les plaines dominées par la culture de riz pluvial dans la province Udorn Thani (LITTLE *et al.* 1992 b).

L'obstacle majeur semble être la disponibilité des aliments. Le nombre de canards de Barbarie élevés par les paysans était directement lié au volume et au coût du son de riz produit dans le village. L'excédent de riz paddy au-delà des besoins du ménage constitue également un facteur important et est principalement lié à la culture du riz, tant en superficie qu'en qualité, aux précipitations, au prix du riz paddy, à la taille du ménage et aux revenus autres que ceux de l'exploitation.

En général, le nombre de volaille adulte élevée principalement pour la viande est réduit au minimum après le Nouvel An thaïlandais, alors qu'on ne conserve plus que les animaux de reproduction. En revanche, l'effectif augmente pendant la saison des pluies. Ces tendances correspondent à la demande de viande de volaille, qui atteint un point culminant à la période des fêtes, après la récolte du riz jusqu'au Nouvel An thaïlandais. Les différences de structure du troupeau se répercutent sensiblement sur la demande d'aliments et la quantité de déchets produits (Tableau 1). Les besoins de déchets pour le sous-système piscicole augmentent également durant la saison des pluies. Ces besoins sont très faibles durant la saison sèche, lorsque les niveaux de l'eau sont au plus bas et que la récole est la plus intense. L'offre et la demande de déchets sont dès lors relativement bien synchronisées tout au long de l'année agricole.

Le faible taux de survie affecte la taille du troupeau, la production de déchets et la viabilité globale. Les exploitants qui ont déjà adopté la pratique d'élevage en alevinier avec des aliments concentrés pourraient étendre ce concept à l'élevage de volaille. Plus de 20 % des paysans nourrissent déjà les jeunes canards de Barbarie avec des aliments

concentrés (LITTLE *et al.* 1992 b), de telle sorte que cette pratique pourrait être aisément étendue. L'utilisation de médicaments/vaccins, qui s'est révélée difficile à promouvoir pour l'amélioration du seul élevage de volaille, serait plus largement acceptée si l'aviculture était liée à la pisciculture. Les recherches indiquent un taux de survie et une performance supérieure durant toute la croissance de la volaille en liberté, si les oiseaux ont reçu, au démarrage, une ration améliorée.

Tableau 1

Données moyennes intrants/production (g mat. sèche/canard/jour) pour les canards de Barbarie (Cairhina moschata) *alimentés avec du son de riz en complément de la nourriture qu'ils trouvent durant la journée*

Période de croissance	Ration alimentaire	Production totale d'éléments nutritifs	
		Azote	Phosphore
Démarrage	91	0,79	0,66
Fin d'engraissement	224	1,59	1,00
Reproduction	114	0,83	0,49

Méthodes d'élevage de la volaille

Par contraste avec l'élevage en milieu clos dans lequel tous les déchets peuvent être récoltés, la majeure partie de la volaille du village est laissée en liberté pendant la journée, ce qui lui permet de subvenir elle-même à une partie de ses besoins alimentaires. Cette pratique réduit les investissements requis pour les aliments. Etant donné que la volaille a tendance à dénicher des aliments naturels riches en protéines, il suffit de lui donner la nuit, lorsqu'elle est enfermée, un complément alimentaire pauvre en protéines mais hautement énergétique.

La quantité de déjections pouvant être récoltée la nuit dépend, dans une large mesure, de la méthode d'alimentation et, en particulier, du fait que le complément alimentaire est donné à volonté ou en quantité limitée (tableau 2). Ceci influence également la quantité de fumier et de déchets alimentaires.

La qualité des déjections est influencée tant par le niveau que par la qualité d'alimentation. Les canards nourris en milieu clos produisent des déjections d'une qualité nettement supérieure à celle de la volaille recevant un complément de son de riz et, par conséquent, génèrent des rendements piscicoles supérieurs (tableau 2, LITTLE *et al.* 1992b). Le régime d'alimentation complémentaire influence également la quantité et

la qualité de déjections disponibles pour la pisciculture. Les canards à viande de Pékin et de Barbarie produisent des déjections d'une qualité inférieure lorsqu'ils reçoivent, comme complément alimentaire, du sorgho broyé plutôt que du maïs ou du son de riz, par exemple, et ce, en raison de la teneur élevée en tanins du sorgho qui diminue, par conséquent, la qualité de l'eau de la pisciculture (NAING 1990). L'inclusion de produits du manioc (farine des racines et feuilles) réduit la performance des canards à viande, alors que le taux de performance reste acceptable (jusqu'à 50 %) dans le cas d'un complément alimentaire à base de son de riz (LITTLE *et al.* 1992b). La teneur en azote des déjections de canards nourris au manioc était supérieure mais la quantité de déjections était moins importante que dans le cadre de régimes à base de son de riz uniquement, ce qui entraînait une diminution des rendements piscicoles. Autres exemples des compromis qu'impliquent la réduction des coûts alimentaires ou l'augmentation des aliments provenant de l'exploitation: la réduction des rendements piscicoles, mais l'accroissement de la production d'oeufs de canes recevant un complément alimentaire à base de riz paddy plutôt que de son de riz uniquement.

Tableau 2
Caractéristiques des déchets récoltés des canards recevant un complément alimentaire ou élevés en milieu clos

Traitement	Production moyenne (g/canard/jour)		
	Matières sèches	Total	
		Azote	Phosphore
Complément limité	51	0.65	0.51
Complément illimité	69	1.28	0.79
Élevage en milieu clos	112	3.55	1.78

L'utilisation stratégique d'aliments complémentaires offre peut-être la solution la plus rentable pour augmenter la production de poisson et de volaille se nourrissant principalement d'aliments naturels. Une alimentation intensive au son de riz un mois avant l'abattage entraîne une croissance rentable de la volaille préalablement nourrie avec un complément alimentaire limité. De par cette stratégie, la croissance accrue de la volaille et la disponibilité de déjections pour la pisciculture tombent au meilleur moment.

Taille et caractéristiques de l'unité de pisciculture

La taille et les caractéristiques de l'étang ou du complexe étang/rizière utilisé pour l'élevage de poisson influencent la valeur de l'intégration des déjections de volaille élevée par le paysan. Les plus grandes unités requièrent davantage de volaille mais cette simple relation est rendue plus complexe par un important échange d'eau saisonnier, courant dans de nombreux systèmes de pisciculture du nord-est de la Thaïlande. Etant donné que le nombre de volaille élevée est normalement réduit (taille du troupeau <30), seuls les systèmes 'fermés' relativement petits sont susceptibles de profiter de l'intégration, ce qui indique comment et à qui cette pratique devrait être étendue.

Relations spatiales entre la production de volaille et de poisson

Les volailles sont généralement confinées à l'écart du système de pisciculture et la plupart des exploitants ne sont pas disposés à déplacer le poulailler pour l'installer à proximité du vivier ou par-dessus celui-ci, comme expliqué ci-avant. L'utilisation actuelle des déjections de volaille se limite à l'enlèvement annuel ou irrégulier des résidus desséchés sur le sol des poulaillers, pour la production de légumes, une pratique qui entraîne inévitablement des pertes importantes d'éléments nutritifs, en particulier d'azote.

Des méthodes adéquates de collecte et de transport réguliers des déchets frais sont nécessaires. Les fractions de déchets pouvant être collectées affecteront également les méthodes de collecte et la valeur des déchets pour la pisciculture. Les déchets alimentaires restant dans les abreuvoirs, par exemple, constituent une importante partie des déchets de canards disponibles (KHALIL 1986). Etant donné que l'entreposage même à court terme de déchets peut influencer leur qualité, on pourrait parvenir à un compromis en termes d'efficacité d'utilisation et de perte d'éléments nutritifs.

Élaboration des recommandations avec les exploitants

ESSAIS ACTUELS EN MILIEU RÉEL

Des essais en milieu réel dans le cadre desquels des recommandations ont été formulées à l'intention d'un groupe choisi d'exploitants

permettent d' évaluer les possibilités d'application des déchets de volaille en pisciculture.

Sélection des paysans

Tous les paysans:

- ont déjà intensifié leur pisciculture par l'utilisation d'engrais minéraux; la concentration en éléments nutritifs des déchets de volaille en liberté est faible mais sera très utile comme complément alimentaire et source détritique dans un vivier fertilisé à l'aide d'engrais minéraux.
- ont un rapport de surface poulailler/vivier tel qu'ils en obtiennent une production de matière sèche non inférieure à 25 kg/ha/jour. Des rendements piscicoles améliorés ont été obtenus dans des systèmes fertilisés au moyen d'engrais minéraux même en cas d'ajout de déchets de volaille dans des proportions aussi faibles. Si tous les déchets sont utilisés, y compris les déchets alimentaires présents dans l'eau des abreuvoirs, un nombre relativement restreint de volaille peut avoir un impact sur les systèmes de culture fertilisés. La réutilisation des déchets a en particulier exercé un impact significatif sur la production de carpes (*Cirrhinus mrigala*).

Certains exploitants utilisent un complément alimentaire "étendu" composé de produits du manioc ajoutés à du son de riz et à du riz paddy. Une pénurie d'aliments et/ou le prix d'achat du son de riz limitent la production mais l'utilisation de produits du manioc à raison de 25 % maximum de la ration alimentaire des canes pondeuses ou de 50 % de la ration alimentaire des canards de Barbarie donne de bons résultats. La taille du troupeau s'en trouve ainsi accrue de 25 et 50 % respectivement, pour la même quantité de son de riz.

En général, les unités de culture sont inférieures à 400 m^2 et sont clôturées. Il est conseillé aux exploitants d'utiliser des vieux sacs d'engrais pour récolter les déchets toutes les 2-3 nuits et les transporter vers le vivier.

Méthodologie

Les possibilités d'utilisation des déchets de volailles sont évaluées via des visites bi-hebdomadaires et les résultats enregistrés par les

paysans sur une année complète. Les attitudes et pratiques font l'objet d'études qui s'attachent particulièrement aux besoins de main-d'œuvre, compte tenu de l'impact de l'exode lié au sexe et à l'âge.

Conclusion

Les attitudes traditionnelles à l'égard de l'intensification des systèmes de production alimentaire et les relations spatiales des différentes activités doivent être bien comprises et prises en considération. L'environnement agricole pauvre en ressources du nord-est de la Thaïlande peut tout à la fois faire obstacle à l'intensification de l'aviculture et de la pisciculture dans les petites exploitations et renforcer l'argumentation en faveur de leur intégration. Bien que le poisson et la volaille soient des produits à valeur ajoutée faciles à vendre, tant dans le village qu'en ville, nombre d'indicateurs démontrent qu'une importante partie des produits sont consommés au sein de l'exploitation. Ceci revêt une grande importance dans le cadre d'études qui indiquent que la modernisation des modes de vie au nord-est de la Thaïlande entraîne une diminution de la nutrition des ménages, en particulier parmi les groupes à risque. L'absence d'investissements dans les deux sous-systèmes s'explique peut-être par la pénurie d'aliments et de main-d'oeuvre dans les ménages du nord-est de la Thaïlande; la principale question qui se pose est de savoir si l'intégration des deux systèmes de culture pourrait en améliorer la productivité de manière à pourvoir aux besoins nutritionnels, sociaux et/ou financiers des ménages.

REMERCIEMENTS

La recherche a été financée par l'International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Je tiens à remercier le Dr. C. Devendra pour son soutien tout au long du projet, Peter Edwards, qui s'est chargé de la révision du manuscrit, M. Theerachai Haitook, qui a exécuté toutes les analyses de laboratoire et l'équipe du projet AIT Aquaculture Outreach pour son aide précieuse aux travaux *in situ* passés et présents. A l'Asian Institute of Technology, le Dr. C. Little a été secondé par l'Overseas Development Administration, RU.

RÉFÉRENCES

EDWARDS, P., DEMAINE, H., LITTLE, D.C., INNES-TAYLOR, N.L., TURONGRUANG, D., YAKUPITIYAGE, A. & WARREN, T.J. 1991. Towards the improvement of fish culture by small-scale farmers in northeast Thailand. — Paper presented at the Asian Farming Systems Research and Extension Symposium on "Sustainable Farming Systems in 21st Century Asia" (Bangkok Thailand, 19-22 November 1990).

EDWARDS, P., KAEWPAITOON, K., MEEWAN, A., HARNPRASITKAM, A. & CHANTACHAENG, C. 1983. A feasibility study of fish-duck integrated farming at the family level in Central and Northeast Thailand. — AIT Research Report 163, Bangkok, 51 pp.

EDWARDS, P., KAEWPAITOON, K., LITTLE, D.C. & SIRIPANDH, N. 1994. An assessment of the rôle of buffalo manure for pond culture of tilapia. II. Field trial. — *Aquaculture,* **126**: 97-106.

ENGLE, C.R. & SKLADANY, M. (eds.), 1992. The economic benefit of chicken manure utilization in fish production in Thailand. — CRSP Research Reports.

KHALIL 1989. Development of feeding systems for Muscovy ducks and some implications for integrated farming. — M.Sc. Thesis. Asian Institute of Technology, 100 pp.

LITTLE, D.C., INNES-TAILOR, N.L., TURONGRUANG, D. & KOMOLMARL, S. 1991. Large fish seed for small-scale aquaculture. — *Aquabyte,* **4**(2): 2-3.

LITTLE, D.C., CHINRASRI, O., KHIN, N.N., KHALIL & NAING, T. 1992a. Final report of the Muscovy Duck Project.

LITTLE, D.C., KHALIL, TAKAIKAEW, P. 1992b. Development of duck-fish integrated systems in Northeast Thailand. Sustainable Animal production: Proceedings of the Sixth AAAP Animal Science Congress, Vol..II AHAT, Bangkok, Thailand. pp. 93-105

NAING, T. 1990. Potential of ricebran, corn and sorghum as supplements for scavenging meat ducks. — M.Sc. Thesis. Asian Institute of Technology. 71pp.

PRAPERTCHOB, P. 1989. Analysis of freshwater fish consumption and marine product marketing in N.E. Thailand. — Department of Fisheries Report 9, North East Fishery Project.

SURINTARASEREE, P. (1988) Rice-Fish culture: A survey in Northeast Thailand. — M.Sc . Thesis. Asian Institute of Technology. 117 pp.

THOMAS, J. 1989. An Assessment of the Use of Ricebran as a Fish Feed in four areas of Udon Thani Province in Northeast Thailand. — M.Sc. Thesis. Asian Institute of Technology. 70 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 299 - 320 (1995)

Original : Anglais

L'INTÉGRATION DE L'AGRICULTURE ET DE LA PISCICULTURE AU VIETNAM

(ROTATION CANARDS-RIZ, RIZ-POISSONS, CANARDS-POISSONS-RIZ)

PAR

NGUYEN THIEN-NGUYEN CONG QUOC, DUONG XUAN TUYEN
*et al.**

RÉSUMÉ. — Le Vietnam est un pays agricole comptant 12 millions d'exploitations agricoles occupant 80% de la population. Les exploitations reposent sur les cultures et sur la production animale, et bien que le Vietnam possède 6 millions d'hectares de terres de culture et produise 24,5 millions de tonnes d'aliments céréaliers, le revenu des paysans reste bas. Cet état de choses s'explique notamment du fait que le paysan ne connaît pas encore les systèmes d'intégration riz et autres cultures vivrières avec les canards, poissons-canards et canards-riz dans les lacs et étangs, pour tirer le meilleur parti de chaque mètre carré de terrain. Avec l'aide de la FAO, des recherches ont été entreprises et des essais ont été exécutés sur différentes formules de systèmes d'intégration canards-poissons au Vietnam. Les résultats démontrent que les systèmes intégrés donnent un bénéfice trois fois supérieur à celui des systèmes non intégrés et quatre fois supérieur dans les systèmes d'intégration rizipiscicole. Avec 11 ha d'étangs et de marécages et en utilisant le fumier de porcs pour la pisciculture, un résultat de 35 à 40 millions de dollars vietnamiens (VND) a été dégagé, contre 10 millions de VND avec la seule riziculture. Les systèmes intégrés poissons-canards, poissons-riz-canards et porcs-poissons présentent à l'évidence des avantages substantiels. Il est vrai, cependant, que de nombreux problèmes doivent être résolus: structure, densité de canards par mètre carré d'étang, quantité et espèces de poissons par mètre cube d'eau, profondeur de l'étang, dimension des rizières associées à l'élevage piscicole. Les écosystèmes canards-riz, poissons-canards, riz-poissons et canards-poissons-riz, doivent être étudiés afin de mettre en œuvre une politique de transformation de la structure de production agricole.

* Institut National d'Élevage, Thuy Phong-Tu Liem, Hanoi (Vietnam).

1. Contexte

Le Vietnam est un pays agricole où 80% de la population vivent de l'agriculture et de l'élevage. Le riz vient en première place dans la production agricole, le Vietnam produisant 24,5 millions de tonnes de riz sur une superficie de 6 millions d'hectares. Du côté de l'élevage, la production porcine occupe le premier rang, suivie de la production avicole compte 128 millions d'unités, dont près de 50% de canards. Néanmoins, le revenu des paysans (12 millions de ménages agricoles) basé sur la riziculture et l'élevage de canards reste faible parce que l'application des systèmes riz-canards, canards-poissons, poissons-canards-riz-porcs n'est pas encore telle que l'on peut retirer le bénéfice maximal d'un hectare de terrain.

Avec l'aide de la FAO (Rome), l'Institut National d'Élevage (INE) a entrepris des recherches sur un système intégré canards-poissons dans 27 exploitations agricoles de la région de Ho Chi Minh-Ville et dans la ferme d'élevage de canards VIGOVA qui appartient à l'INE.

Les recherches menées dans les 27 exploitations mentionnées ci-dessus ont abouti aux conclusions suivantes: la superficie de terre moyenne par habitant est de 600-700 m^2 seulement, surface de culture qui pourrait être exploitée par 1/3 de la main-d'œuvre de l'exploitation familiale. Il y aurait donc un excédent de main-d'œuvre; c'est pourquoi l'application d'un système intégré riz-poissons-canards est nécessaire pour rehausser le niveau de vie. Telle est également la politique de l'actuel gouvernement en matière de structure agricole.

Jardins et étangs

La superficie moyenne des jardins est de l'ordre de 400 à 500 m^2 et peu de familles possèdent plus de 1000 m^2. Les jardins sont principalement plantés d'arbres fruitiers, tels qu'orangers, cocotiers, mandariniers, etc. De même, les étendues d'eau de plus de 1000 m^2 sont rares. Les étangs couvrent généralement une superficie de 300 à 500 m^2 et pratiquement chaque famille en possède un.

Le système intégré poissons-canards

Le système intégré canards-riz est de tradition dans le pays. La pisciculture y est aussi populaire, mais ce n'est que très récemment que le système intégré canards-poissons y a fait son apparition. Jusqu'en

1990, la population estimait que le concept d'intégration canards-poissons n'était pas viable parce qu'elle était persuadée que les canards mangeraient les poissons et ou que le fumier de canard était toxique et tuerait les poissons. C'est pourquoi les fermiers séparaient canards et poissons.

Depuis 1991, sous l'impulsion du mouvement VAC (jardin-étang-élevage), quelques exploitants ont développé l'élevage de canards dans leurs étangs à poissons et ont obtenu des résultats. Les paysans ont tiré les leçons de leurs expériences mutuelles et le système intégré poissons-canards s'est progressivement développé dans certaines régions. Les paysans sont très satisfaits de ce système intégré et comprennent qu'il contribue à accroître leur revenu. Sur l'ensemble des ménages soumis aux investigations, le revenu provenant de la pisciculture représente 20-22% et celui de l'élevage de canards 50% du revenu global.

Le rendement de poissons enregistré dans la plupart des systèmes intégrés poissons-canards est de l'ordre de 2,6 - 6 tonnes/ha. Peu d'exploitations dégagent un rendement supérieur à 7 tonnes/ha de superficie d'eau. Les exploitations qui obtiennent un rendement supérieur à 7 tonnes/ha bénéficient de conditions favorables, comme la proximité d'une installation de transformation de produits animaux où elles peuvent se procurer des déchets comme des têtes de crevettes, des têtes de poissons et du fumier de bovins et de porcins pour nourrir les poissons et les canards et pour fertiliser les étangs.

A Taïwan, le rendement d'un système intégré poissons-canards atteint 13,5-18 tonnes/ha de superficie d'eau et en Thaïlande, le système bénéficie d'une popularité croissante, son rendement y atteignant 9-10 tonnes de poissons/ha de superficie d'eau.

Au Vietnam, le rendement du poisson dans les systèmes intégrés reste faible parce que ces systèmes sont encore tout neufs pour les paysans. Les paysans adaptent le système en fonction de leurs conditions économiques, de l'étang dont ils disposent et de leur expérience. La plupart des paysans ne connaissent pas encore le mécanisme scientifique qui régit le système intégré canards-poissons.

En outres, les expériences d'élevage intensif en système intégré canards-poissons pour une haute rentabilité économique n'ont pas encore été collectées à des fins d'analyse. Des données sont nécessaires au sujet de:

- superficie, profondeur et pH de l'eau convenant au système intégré canards-poissons;
- la densité de poissons par unité de volume d'eau;

- récolte en une ou plusieurs fois;
- la densité de canes pondeuses et de canards à viande par mètre carré d'eau;
- les mesures de protection contre certaines maladies qui peuvent survenir dans le système intégré canards-poissons;
- les effets du système intégré canards-poissons sur les cultures de légumes et les plantations d'arbres fruitiers à court terme.

Diverses données résultant d'expériences visant à fournir des informations sur les points ci-dessus sont discutées ci-après.

2. Recherches sur le système poisson-porcs-riz-légumes à l'Institut National d'Élevage, Hanoi

À Hanoi, à l'Institut National d'Élevage, un système intégré a été appliqué sur une superficie de 11 ha avec des poissons, des porcs (utilisation du fumier de porcs et des eaux résiduelles), du riz, des légumes et de l'herbe pour le fourrage.

2.1. Comparaison du cheptel porcin et du rendement riz-poissons

Le tableau 1 indique que plus le cheptel porcin est important, plus le rendement en viande, mais aussi le rendement des poissons et du riz seront élevés.

Tableau 1
Comparaison du cheptel porcin et du rendement riz-poissons.

Date	Porcs		Poissons		Riz	
	Nbre	Viande (tonnes)	Superficie (ha)	Rendement (tonnes)	Superficie (ha)	Rendement (tonnes/ha)
1989	2340	160	10	90	2	7
1990	1850	124	10	75	2	7
1991	930	62	9	54	4	12
1992	450	28	9	54	4	12

2.2. Comparaison du rendement poissons / profondeur de l'eau

Tableau 2
Comparaison du rendement poissons/profondeur de l'eau.

Profondeur de l'eau (m)	Groupe d'esp.	Proportion des différentes espèces de poissons (%)					Rendement (t/ha)
		Carpe argentée	Carpe herbivore	Carpe de vase	Carpe commune	Tilapia	
1.2 - 1.5	1	60	5	20	5	10	10
	2	20	5	10	5	60	12
0.8 - 1	1	40	5	15	5	35	6
	2	20	5	15	5	55	8

Il ressort du tableau 2 que si l'on n'utilise que du fumier et des déchets de porcs, les étangs les plus profonds auront un rendement supérieur; que pour une même surface d'exploitation, plus le taux de tilapia est élevé, plus le rendement en poisson est important, et que les tilapias offrent le plus haut rendement, suivis de la carpe argentée.

2.3. Comparaison du rendement alevins / poissons à l'engraissement sur une même superficie d'eau

Le tableau 3 montre que sur une même superficie d'eau, il est plus économique d'élever des alevins que des poissons à l'engraissement.

Tableau 3
Comparaison du rendement alevins/élevage de poissons à l'engraissement.

Groupe	Type de poisson	Rendements	Valeur du produit (VND)
Formule 1	Alevins	1,5 million	75 millions VND
Formule 2	À l'engraissement	10 tonnes	50 millions VND

2.4. Rendement d'une surface plantée de riz ou de légumes en combinaison avec des poissons

La comparaison de la rentabilité économique de l'élevage de poisson seul avec celles des combinaisons poisson-riz et poisson-légumes, sur une même superficie (tableau 4) suggère qu' il est plus avantageux de pratiquer le seul élevage intensif de poissons. Mais du fait de l'insuffisance d'aliments pour les porcs et de fumier et d'aliments pour l'élevage intensif de poissons, nous devons appliquer le système selon les formules 2 et 3.

Tableau 4
Comparaison entre différentes combinaisons de cultures.

Formules	Mode de culture	rendement (t/ha)			Valeur du produit (VND)
		Riz	Légumes	Poissons	
1	Riz uniquement*	8	-	-	9,6 million VND
2	Riz et poissons **	3	-	3,5	21,1
3	Légumes et poissons***	-	70	4,5	29,5
4	Poissons uniquement	-	-	8,0	40,0

* Toute l'année,
** 1 récolte de riz et 1 récolte de poissons,
*** 1 récolte de légumes et 1 récolte de poissons.

2.5. Effet d'un complément céréalier sur le rendement en poisson

Le tableau 5 montre que si nous ajoutons un concentreé de céréales (son de riz ou farine de maïs) comme aliment pour le poisson, la production de poisson est accrue.

Tableau 5
Effet d'un complément céréalier sur le rendement en poisson.

Formules	Complément alimentaire	Proportion de poissons %					Rendement poissons (t/ha)
		Carpe argentée	Carpe herbivore	Carpe de vase	Carpe commune	Tilapia	
1	Fumier de porcs	20	5	15	5	55	8
2	Fumier de porcs + 10 t de concentré	20	5	15	5	55	10
3	Fumier de porcs + 15 t de concentré	20	5	15	5	55	12

2.6. Conclusions générales et recommandations

Au terme de quelques années d'expériences sur 11 ha d'étangs à l'INE, nous pouvons conclure ce qui suit:

1. Le système intégré porcs-poissons-riz-légumes est économiquement rentable.
2. Parmi les différentes proportions de poissons, nous avons constaté que plus le volume des tilapias et des carpes argentées est élevé, plus le rendement de poissons est important. La carpe herbivore, la carpe de vase et la carpe commune sont nécessaires dans le système pour exploiter les ressources alimentaires des différentes couches d'eau, mais ces espèces requièrent un complément sous forme de concentré céréalier.

3. Une étude devrait être conduite afin de déterminer la proportion optimale des truies et des porcs à l'engraissement en fonction de la superficie des étangs et des basses terres réservées à la culture de riz et de légumes destinés à l'alimentation des porcs, pour obtenir le meilleur rendement.
4. Le fumier et les déchets des porcheries doivent être stockés dans un réservoir séparé, puis évacués vers les étangs à poissons afin d'éviter toute pollution et le problème de la pollution doit être examiné avec le plus grand soin.
5. La recherche d'une meilleure espèce de poisson que la carpe argentée et le tilapia devrait être entreprise, parce que ces deux espèces, bien qu'offrant un rendement élevé, sont de piètre qualité.
6. Une étude devrait être faite en vue de définir, pour le système intégré, le meilleur modèle de porcherie, de canal pour le fumier et les déchets des porcins, d'arrivée d'eau et de système de drainage.
7. Un projet adéquat d'intégration poissons-riz dans les plaines devrait être formulé car, jusqu'à présent, seule la riziculture est pratiquée dans les basses terres.
8. Une étude de l'utilisation de la vase et de l'eau des étangs intégrant la pisciculture et l'élevage de canards ainsi que des écosystèmes aquatiques de ces étangs est nécessaire afin d'intensifier les recyclages dans ces systèmes intégrés.

3. Recherches à la ferme d'élevage de canards de VIGOVA et dans des exploitations familiales

3.1 Détermination de la rentabilité économique d'un système intégré poissons-canards, basé sur la pisciculture naturelle

Lieu et calendrier:
- Lieu: Ferme d'élevage Tu Binh, Giong Ong To, Thu Duc, Ho Chi Minh-Ville
- Période: du 1.1.1993 au 31.7.1993 (7 mois)

Animaux utilisés pour l'expérience:
1. Canards: Race croisée de canard de ponte (CV Super M) en 1er mois de ponte
2. Poissons: Gourami lippu, carpe de vase, poisson-chat et carpe commune

Organisation de l'expérience: v. tableau 6

Les étangs étaient ceux normalement utilisés par les familles qui les avaient approfondis à plus d'un mètre de profondeur et les avaient dotés d'un système de drainage pour le renouvellement de l'eau. L'eau de l'étang était analysée le matin, quand sa couleur était la plus verte.

Tableau 6
Dispositif expérimental des étangs à la ferme Tu Binh

Espèces de poissons	Étang 1 (Superf.: 286 m²; prof.: 1m)		Étang 2 (Superf.: 522 m²; prof.: 1m)	
	Nbre de poissons (tête)	Proportion de poissons (%)	Nbre de poissons (tête)	Proportion de poissons (%)
Gourami lippu	500	45,4	800	40
Carpe de vase	500	45,4	1000	50
Poisson-chat	50	4,6	100	5
Carpe commune	50	4,6	100	5
Total	1100		2000	
Densité de poissons (têtes/m³)	3,84		3,83	
Densité de canes pond. (têtes/m² de surface d'eau)	0,40		—	

Les canards étaient nourris sur la terre ferme, y recevant chaque jour des têtes de crevettes et de petites crevettes (300g), du riz (200g), des légumes verts (50g) et du premix (1%), les restes des aliments étant évacués dans l'étang. De 8 à 22h, les canards étaient maintenus dans l'étang pour qu'ils y déposent leurs déjections; la nuit, ils étaient enfermés dans un abri sec et propre, afin que les œufs soient propres et faciles à ramasser.

Les poissons de l'étang 1 reçurent les balayures de l'abri à canards en plus des animaux et plantes de l'étang. Les poissons de l'étang 2 ne disposèrent que de la nourriture naturelle. A la fin de l'expérience, l'étang fut vidé et tous les poissons récoltés.

Résultats

Les résultats de cette expérience sont donnés aux tableaux 7, 8 et 9.

Tableau 7
Croissance et production des poissons dans les étangs avec et sans canards.

	Étang 1 - avec canards				Étang 2 - sans canards			
Poids moyen au départ (g)	5,79	5,62	17,3	18,1	40	40	27,2	28
Poids à 1 mois	27,2	16,3	31,6	20,5	82	47,2	65,2	39,7
Poids à 3 mois	83,3	48,9	139,1	64,7	254,4	105	230	93,0
Poids à la capture	210,0	87,9	560,0	120,0	420,0	150	690	180
Taux de survie (%)	42	45	34	30	69	59	19,2	17,0
Productivité (kg)	44,1	31,6	95,2	36	14,5	8,8	6,6	3,1

Tableau 8
Comparaison de la productivité des deux étangs.

Critères	Étang 1	Étang 2
Productivité/m³/7 mois (kg)	0,56	0,15
Production totale (kg)	160,4	79,5
Tonnes/ha/an	9,6	2,5

Tableau 9
Performance de reproduction des canes.

Ponte d'œufs en 7 mois	14 555
Taux de ponte moyen (%)	60,8%
Taux d'œufs fécondés (%)	80,6%
Taux d'éclosion/œufs éclos(méthodes artisanales)	59,6%
Taux de perte (%/mois)	0,73%

Il y a une différence significative de poids des divers poissons entre les deux étangs et elle s'accentue dans le temps. La productivité de l'étang avec canards est 3,84 fois plus grande que celle de l'étang sans canards (9,6 t/ha/an, à comparer à 2,5 t/ha/an). Le taux de survie des poissons dans les deux étangs n'est pas significativement différent, ce qui signifie que toutes les espèces de poissons considérées peuvent s'adaptées aux systèmes intégrés poissons-canards. La plus haute productivité dans l'étang avec canards peut être attribuée à la matière organique additionnelle de l'étang avec canards. Cette matière organique est la source principale de nourriture pour le plancton et les invertébrés du fond de l'étang qui constituent la source principale de nourriture des poissons. Il apparaît des données du tableau 9 que la reproduction des canards est normale.

Conclusions et recommandations

1. Le système intégré canards-poissons présente un rendement supérieur en poissons que le système non intégré (9,6 tonnes/ha/an) et 2,5 tonnes/ha/an respectivement).
2. Les performances de reproduction des canes élevées dans l'étang à poissons sont normales.

3.2. Détermination de la densité la plus adéquate de canes pondeuses intégrées dans l'étang de pisciculture

Lieu et calendrier:

- Lieu: Ferme d'élevage Tu Binh - Giong Ong To, Thu Duc, Ho Chi Minh-Ville
- Période: du 1.1.1993 au 31.7.1993 (7 mois)

Animaux utilisés pour l'expérience:

1. Canards: Race croisée de canard de ponte (CV super M) 4ème mois de ponte
2. Poissons: gourami lippu, carpe argentée, carpe de vase, poisson-chat

Organisation de l'expérience: v. tableau 10.

Trois étangs ont été peuplés au moyen de cinq espèces de poissons, ainsi que de canards à trois densités. L'alimentation des poissons et des canards s'est faite comme dans l'expérience précédente.

Tableau 10

Dispositif expérimental pour déterminer la meilleure densité de canards.

Espèces de poissons	Étang 7 (2157 m²; P: 1 m)		Étang 4 (2800 m², P: 1,4 m)		Étang 5 (2085 m²; P, 1 m)	
	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %
Gourami lippu	1 179	11,5	1 900	12,1	978	11,9
Carpe argentée	2 640	25,7	4 000	25,5	2 120	25,6
Carpe de vase	2 877	28,0	4 360	27,8	2 310	27,9
Carpe commune	1 782	17,4	2 700	17,3	1 431	17,3
Poisson-chat	1 782	17,4	2 700	17,3	1 431	17,3
Total	10 260	100	15 660	100	8 270	100
Densité de poissons/m³	3,96		3,99		3,96	
Densité de canes/m²	0,51		0,30		0,39	

Résultats

Les résultats de l'expérience relatifs à la croissance des poissons sont données au tableau 11 et ceux relatifs à la récolte au tableau 12.

Tableau 11

Croissance et taux de survie des poissons dans trois étangs d'un système intégré à différentes densités de canards.

Critères	Gourami lippu			Carpe argentée			Carpe de vase			Carpe commune			Poisson-chat		
Étang n°	7	4	5	7	4	5	7	4	5	7	4	5	7	4	5
Poids de départ (g)	5,8	5,9	5.8	12,1	13,4	15,2	18,3	21.2	19,7	29,2	26,3	30,1	44,2	46,0	43
Poids à 2 mois	58,2	50,0	51,1	137,2	123,4	119,6	120,1	110,0	108,6	178,2	157,2	160,1	170,0	156,0	151
Poids à 4 mois	133,2	120,1	118,2	190,2	188.1	174,1	150,3	141,2	146,6	281,3	263,2	260,0	280,1	283,2	250
Poids à la capture (7 m,)	220,0	190,0	200,0	437,0	399,0	405,0	590.0	520,0	550,0	700,0	630,0	680,0	480,0	440,0	430
% de survie	59	79	88	20	36	27	30	48	31	9	17	11	15	16	17
Rendement (kg)	153	285	133	230	574	232	509	1088	393	112	289	107	128	190	105

Tableau 12

Récolte de poisson dans les trois étangs portant des densités de canards différentes.

N° de l'étang	Total de poissons capturés (kg)	Poissons capturés par m³/7 mois	Rendement de poisson (tonnes/ha/an)
7	1132	0,43	8,9
4	2426	0,62	14,8
5	970	0,46	7,9

Les tableaux 11 et 12 démontrent que le taux de croissance des poissons dans l'étang 7 est supérieur à celui des étangs 4 et 5 parce que la densité des canards dans l'étang 7 est la plus haute et qu'il en résulte que la concentration de matières organiques est plus importante dans l'étang 7 que dans les étangs 4 et 5 (29,73 mgO/l, 23,47 mgO/l et 20,8 mgO/l respectivement). Ces matières organiques constituent la base de l'alimentation des poissons, mais le taux de survie des poissons de l'étang 7 est inférieur à celui des étangs 4 et 5, ce qui peut être la conséquence d'un excès de nourriture dans l'étang. L'étang 4 qui a une densité en canards de 0,3 par m² a la plus haute production piscicole (0,62 kg/m³/7 mois), bien que le poids du corps des poissons y soit plus petit que dans les deux autres étangs. Au moment de la récolte, le poids vif des gouramis lippus est le plus élevé (79 % en moyenne), tandis que la carpe commune et le poisson-chat ont les taux de survie les plus bas (7-19 %). Le tableau 13 donne les performances de reproduction des canes.

Tableau 13
Performances de reproduction des canards.

Critères	Étang 7	Étang 4	Étang 5
Rendement d'oeufs sur 4 mois (oeuf/pondeuse)	75	85	78
Pourcentage de ponte moyen	62,5	71,0	65,0
Pourcentage d'oeufs fécondés	73,2	85,0	80,7
Taux de couvaison/total oeufs (%) (méth. artisanale)	52,4	63,2	62,0
Taux de perte (%/mois)	1,3	0,97	1,0

Le tableau 13 montre que les performances de reproduction des canes de l'étang 4 (densité de 0,3 unités/m2) sont les meilleures et celles des canes de l'étang 7 les plus mauvaises. Cet état de choses est peut-être lié à un excès de fumier de canards dans l'étang 7, qui génère un excès de matières organiques, susceptibles d'affecter la capacité de reproduction des canards. Le taux de perte est de 1,3% tandis qu'il n'est que de 0,97 %/ mois dans l'étang 4.

Conclusion

Le rendement de poissons et les performances de reproduction des canes sont les plus élevés dans un étang qui a une profondeur de 1,4 m, une densité de canes de 0,3 unités/m2 d'eau et dans lequel les espèces de poissons sont réparties dans les proportions suivantes:

Gourami lippu : 12,1 %
Carpe argentée : 25,5 %
Carpe de vase : 27,8 %
Carpe commune : 17,3 %

3.3. Détermination de la densité la plus adéquate de poissons dans l'étang intégré à l'élevage de canards

Lieu et calendrier:

- Lieu: Ferme d'élevage Tran Tan Thuan, Giong Ong To, Thu Duc, Ho Chi Minh-Ville.
- Période: du 1.1.1993 au 31.5.1993 (5 mois)

Animaux utilisés pour l'expérience:

- Canards: Race croisée de canard de ponte (CV Super M) en 2ème mois de ponte
- Poissons: Gourami lippu, carpe de vase, carpe commune et poisson-chat

Organisation de l'expérience: v. tableau 14.

L'alimentation des poissons et des canards s'est faite comme dans la première expérience.

Tableau 14

Dispositif expérimental pour la détermination de la meilleure densité de poissons.

Espèces de poissons	Étang 3 (2030 m²; P: 1 m)		Étang 9 (684 m², P: 1,3 m)		Étang 10 (456 m²; P. 1,2 m)	
	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %
Gourami lippu	3 191	18,9	700	19,4	628	18,9
Carpe de vase	6 828	40,5	1 500	41,6	1 343	40,4
Carpe commune	5 934	35,2	1 200	33,4	1 168	35,2
Poisson-chat	878	5,4	200	5,6	181	5,5
Total	16 831	100	3 600	100	3 320	100
Densité de poissons/m³	8,05		4,04		6,06	
Densité de canes/m²	0,43		0,41		0,43	

Résultats

Les tableaux 15 et 16 donnent la croissance et la production des poissons d'étangs empoissonnés à différentes densités.

Tableau 15

Croissance et récolte des poissons d'étangs empoissonnés à différentes densités.

Critères	Gourami lippu			Carpe de vase			Poisson-chat			Carpe commune		
Étang n°	9	10	3	9	10	3	9	10	3	9	10	3
Poids de départ (g)	5,75	5,88	5.81	19,1	19,8	20,3	43,2	41,1	42,2	25,8	24,3	26,2
Poids à 2 mois (g)	77,9	50,3	35,9	120.3	106,3	71,1	169,2	143,2	101,3	183,2	155,3	107,2
Poids à la capture (5 mois)	130	112	81	310	320	170	290	250	165	330	300	195
% de survie	45	53	39	30	37	31	71,2	58,5	57	21	27,2	18
Rendement (kg)	40,9	37,2	100,7	139,5	159	359,7	741.3	26,5	558	83,1	95,1	30,8

Tableau 16

Récolte et production des poissons d'étangs empoissonnés à différentes densités.

N° de l' étang	Poissons récoltés (kg/m³/5mois)	Production totale (kg)	Rendement estimé (tonnes/ha/an)
9	0,34	304,8	10,69
10	0,58	317,8	16,72
3	0,50	1049,2	12,04

La productivité a été la plus élevée dans l'étang 10 empoissonné à 6 unités par m^3. La productivité de l'étang 3 a été faible parce qu'il y a eu peu de restes des aliments des canards; le taux de survie dans l'étang 3 n'a été que de 18%. Dans l'étang 9, bien que le poids des poissons ait été plus grand que dans les deux autres étangs, le taux de survie a néanmoins été plus faible que dans l'étang 10, ce qui peut avoir été dû à un excès d'aliments dans l'étang.

Tableau 17
Performance de reproduction des canes.

Critères	Étang 9	Étang 10	Étang 3
Rendement d'oeufs sur 5 mois (oeuf/pondeuse)	90	96,6	93
Pourcentage de ponte moyen	60,0	64,4	62
Pourcentage d'oeufs fécondés	78,6	82,1	83,3
Taux de couvaison/total oeufs (%) (méth, artisanale)	60,3	66,8	63,2
Taux de perte (%/mois)	1,32	1,11	0,91

Le tableau 17 montre que les performances de reproduction des canes étaient normales dans tous les étangs, mais que celles de l'étang 10 sont supérieures à celles des étangs 9 et 3.

Conclusions et recommandations

Les meilleurs résultats ont été obtenus dans le système combinant une densité de canes de 0,4 unités/m^2 d'eau, une densité de poissons intermédiaire de 6 unités/m^3 et dans lequel les espèces de poissons sont réparties dans les proportions suivantes:

Gourami lippu : 18,9 %
Carpe de vase : 40,4 %
Carpe commune : 35,2 %
Poisson-chat : 5,5 %

Il faudrait donc conduire une expérience qui permettrait de déterminer les proportions et les espèces de poissons offrant le plus haut rendement, avec une densité de canards de 4 unités/m^2 et une densité de poissons de 6 unités/m^3.

3.4. DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ OPTIMALE DE CANARDS DANS LE SYSTÈME INTÉGRÉ CANARDS-POISSONS.

Lieu et calendrier:
- Lieu: Ferme d'élevage de canards VIGOVA, P 17 Go Vap, Ho Chi Minh-Ville.
- Période: du 1.1.1993 au 31.6.1993 (6 mois)

Animaux utilisés pour l'expérience:
- Canards: Race commerciale CV Super M, à partir d'un jour
- Poissons: Gourami lippu, tilapia, carpe de vase, poisson bégonia, carpe commune

Organisation de l'expérience: v. tableau 18

La composition de la population de canards était la suivante: canards de 7-20 jours 33,3 %, de 21-40 jours 33,3 %, de 41-60 jours 33,3 %. La nourriture des canetons consistait en riz, têtes de crevettes et petites crevettes, légumes verts, premix, minéraux et une ration de concentré. Leur eau était changée tous les jours. A l'âge d'une semaine, les canards étaient élevés sur le sol en contre-haut de l'étang, tous les restes de leurs aliments étant évacués dans l'étang et y constituant les seuls aliments artificiels des poissons. Pour le reste, les poissons se nourrissaient des organismes naturels de l'étang et, à la fin de l'expérience, l'étang fut vidé et les poissons récoltés.

Tableau 18

Dispositif expérimental pour la détermination de la densité optimale des canards élevés pour la viande dans des étangs à poissons.

Espèces de poissons	Étang 1 (644 m²; P: 1,4 m)		Étang 2 (546 m², P: 1,4 m)		Étang 3 (494 m²; P. 1,4 m)	
	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %
Gourami lippu	1 498	39,3	1 280	39,5	1 175	40,1
Tilapia	467	12,3	402	12,4	362	12,3
Carpe de vase	1 485	38,9	1 260	38,8	1 117	38,1
Poisson bégonia	100	2,6	88	2,7	75	2,6
Carpe commune	264	6,9	214	6,6	200	6,9
Total	3 814	100	3 344	100	2 929	100
Densité de poissons/m³	4,23		4,23		4,23	
Densité de canards/m²	0,40		0,30		0,20	
Nombre total de canards	2318		1474		889	
Durée d'élevage (jours)	180		180		180	

Résultats

Les résultats de cette expérience sont donnés aux tableaux 19, 20 et 21 pour ce qui concerne les poissons et au tableau 22 pour ce qui concerne les canards.

Tableau 19

Croissance et récolte des poissons d'étangs empoissonnés à différentes densités de canards élevés pour la viande.

Critères	Gourami lippu			Tilapia			Carpe de vase			Carpe commune			Poisson bégonia		
Étang n°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Poids de départ (g)	5,6	5,7	5,6	27,7	27,5	28,7	15,4	16,2	14,9	25,4	24,9	26,4	20,0	23,0	19,2
Poids à 1 mois	33,9	38,5	33,6	83,1	67,2	84,6	50,0	58,5	53,1	-	39,0	-	57,3	87,5	90,7
Poids à 3 mois	91,8	86,0	64,5	220,0	188,2	190,5	145,0	96,2	126,6	-	77,2	-	198,3	175,0	210,0
Poids à 6 mois	125,0	115,2	116,6	335,0	271,0	250,0	166,7	143,3	135,0	229,0	282,0	262,0	500,0	403,0	400,0
Au terme de l'expérience															
% de survie	96,6	100,0	99,5	97,4	82,8	64,0	81,6	92,5	97,6	25,3	32,7	35,0	32,0	42,0	13,3
Rendement (kg)	181,1	147,5	130,6	152,4	90,4	58,0	202,2	167,0	147,3	15,4	7,0	16,1	16,0	13,0	4,0

Tableau 20

Comparaison de la productivité dans les trois étangs.

Critères	Étang 1	Étang 2	Étang 3
Production de poissons/m³/6 mois	0,63	0,55	0,51
Production totale à la capture (kg)	567,1	424,9	356,0
Production de poissons (tonnes/ha/an)	17,6	15,5	14,4

Tableau 21

Comparaison de la prise de poids des poissons du début à la fin de l'expérience.

Étang	Gourami lippu	Tilapia	Carpe de vase	Carpe commune	Poisson bégonia
1	22,5	12,09	10,8	9,01	25,0
2	20,3	9,78	8,8	10,50	17,5
3	21,0	9,71	9,0	9,92	20,8

La productivité des poissons a été la plus haute dans l'étang 1 qui avait une concentration en matières organiques plus élevées que les étangs 2 et 3, celles-ci apportant des nutriments pour les animaux et les plantes de l'étang dont les poissons se nourrissent. Le taux de survie du gourami lippu fut le plus élevé (96,6 -100 %), ceux de la carpe commune et du poisson bégonia beaucoup plus faible. Le taux de croissance du gourami lippu fut aussi le plus élevé (20,3 - 22,5 fois le poids initial).

Tableau 22
Performances de croissance des canards élevés à différentes densités.

	Étang 1 (n=554)		Étang 2 (n = 370)		Étang 3 (n = 306)	
	X-MX	CV%	X-MX	CV%	X-MX	CV%
Croissance:						
Poids à la naissance	54,2 + 0,82	8,3	55,1 + 0,87	8,7	55,5 + 0,84	9,3
Poids à 15 jours	334,7 + 18,2	23,1	341,5 + 19,7	30,5	323,8 + 10,9	18,4
Poids à 30 jours	954,0 + 19,8	18,1	1005,7 + 36,7	16,3	876,4 + 22,2	19,2
Poids à 45 jours	1974,6 + 19,8	12,6	1991,8 + 38,8	12,9	1710,0 + 49,9	15,7
Poids à 60 jours	2589,4 + 44,2	10,2	2610,0 + 39,1	10,2	2580,0 + 38,2	9,1
% de survie:						
À 20 jours	98,1		98,0		99,0	
À 60 jours	97,4		98,1		98,0	

Les canards se développent et grandissent normalement et les différences de poids à des intervalles de temps successifs ne sont pas significatives. Les canards élevés dans des étangs à poissons ont le plus haut taux de survie (94,7-98,1%), ce qui prouve la capacité d'adaptation des canards en système intégré.

Conclusions et recommandations

On peut donc conclure que dans un étang de 1,4m de profondeur, dont l'eau peut être aisément changée, et à une densité de 4,23 poissons par m^3 d'eau, avec les espèces et les proportions de l'expérience décrite, une densité de canards de 0,4 têtes par m^2 de surface d'eau a donné la plus haute productivité en viande et a affiché une efficacité supérieure aux densités de 0,2 ou 0,3 canards par m^2. Un rendement équivalant à 62 t de poids frais de canards par ha et par an a été obtenu.

Il faudrait mener une expérience avec la même densité de poisson et des densités encore plus hautes de canards afin de déterminer le taux de peuplement optimal pour obtenir l'efficacité et la productivité les plus hautes en ce qui concerne les canards.

3.5. Détermination des rapports optimaux de poissons dans l'étang intégré à l'élevage de canards.

Lieu et calendrier

- Lieu: Ferme d'élevage de canards Sau Van, Thu Duc, Ho Chi Minh-Ville.
- Période: du 1.1.1993 au 30.7.1993 (7 mois)

Animaux utilisés pour l'expérience

- Canards: Race croisée de canard de ponte (CV Super M) en 1er mois de ponte
- Poissons: gourami lippu, carpe de vase, tilapia de Taïwan, carpe commune.

Organisation de l'expérience

Le schéma d'empoissonnement des trois étangs est donné au tableau 23.

Tableau 23

Rapports divers des espèces de poissons dans les étangs

Espèces de poissons	Étang 1 (4000 m²; P: 1 m)		Étang 2 (4000 m²; P: 1 m)		Étang 3 (4000 m²; P: 1 m)	
	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %
Gourami lippu	8 800	44	4 800	24	2 100	14
Carpe de vase	5 200	26	9 200	46	8 400	56
Tilapia de Taïwan	5 200	26	3 600	18	1 500	10
Carpe commune	800	4	2 400	12	3 000	20
Total	20 000	100	20 000	100	15 000	100
Densité de poissons/m³	5		5		5	
Densité de canards/m²	0,4		0,4		0,4	

Les canards étaient nourris sur un sol en brique près de l'étang, avec une ration journalière comme dans la première expérience, et les restes de leurs aliments étaient évacués dans l'étang pour nourrir les poissons qui, à part cela, ne disposaient que des animaux et plantes de l'étang. L'eau des canards était changée chaque jour. Les poissons furent récoltés en une fois à la fin de l'expérience, soit à la vidange de l'étang.

Résultats

Les résultats de l'expérience sont donnés aux tableaux 24, 25 et 26.

Tableau 24

Croissance et capture des poissons.

Critères	Gourami lippu			Carpe de vase			Tilapia			Carpe commune		
Étang n°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Poids initial (g)	3,50	3,72	3,42	27,1	28,9	30,1	34,3	32,1	33,0	30,7	31,3	32,1
Capture après 7 mois d'expérience												
Poids à la capture (g)	150	180	213	480	490	410	212	232	300	320	210	170
% de survie	28	27	33	46	40	31,2	96	95	98	25	21	12
Rendement de poisson (kg)	258,7	233,3	3147,6	1148	1803	1074,2	1058	793,4	441	64	105,8	61,2

Tableau 25

Critères	Étang 1	Étang 2	Étang 3
Production de poissons/m³/7 mois	0,63	0,73	0,43
Production totale à la capture (kg)	2528,7	2935	1724
Production de poissons (tonnes/ha/an)	12,6	14,6	8,6
Production de Tilapia et de Carpe commune/m³/7 mois (kg)	0,30	0,47	0,28

Les tableaux 24 et 25 montrent que:

- Le rendement de poissons dans l'étang 2 (0,73 kg/m³/7 mois) est le plus élevé. La production de poissons de valeur (carpe de vase et carpe commune) dans l'étang 2 est également supérieure à celle des étangs 1 et 3 (prix en août 1993 de la carpe de vase, de la carpe commune, du gourami lippu et du tilapia: 8000 VND, 12 000 VND, 5000 VND et 5000 VND/kg respectivement).
- Le taux de survie des carpes communes et le poids vif obtenus étaient d'autant plus faibles que la densité était élevée. Dans l'étang 3 (densité: 20%), le poids moyen est de 170 g seulement à l'âge de 7 mois (certains poissons atteignaient cependant un poids de 600-700 g, soit un poids nettement supérieur à la moyenne). Dans l'étang 1 (densité: 4%), le poids était de 320 g. Cet état de choses est peut-être lié au caractère compétitif de la carpe commune.
- Les carpes de vase ont atteint leur plus haut poids dans l'étang dont la concentration en matières organiques est la plus élevée. Ainsi la carpe de vase affiche un poids de 480 g au terme de 7 mois à l'exploitation Sau Van où la concentration de matières organiques est de 20,93 à 23,478 mgO/l tandis qu'elle n'a été que de 148 g en 6 mois à l'exploitation de VIGOVA où la concentration de matières organiques est de 6-8 mgO/l.

Tableau 26

Performances de reproduction des canes à la densité de 0,4 par m².

Critères	Étang 1	Étang 2	Étang 3
Rendement d'oeufs sur 7 mois (oeuf/pondeuse)	129	130	126
Pourcentage de ponte moyen	65,0	65,3	61,1
Pourcentage d'oeufs fécondés (mâle/femelle: 1/8)	82,0	86,9	81,7
Taux de couvaison/total oeufs (%) (méth. artisanale)	63,2	67,1	64,1
Taux de perte (%/mois)	0,81	0,80	0,92

Le tableau 26 indique que:

- Les performances de reproduction des canes en étang sont normales;

- Les performances de reproduction des canes de l'étang 2 sont supérieures à celles des étangs 1 et 3.

Conclusions et recommandations

Nous pouvons donc conclure qu'avec une densité de canes de 0,4 unités/m^2 et une densité de poissons de 5 unités/m^3, la proportion de poissons suivant la formule 2 donnerait un rendement supérieur, comparativement aux formules 3 et 1 (tableau 27).

Tableau 27
Trois conbinaisons d'espèces de poissons.

Espèces de poissons (%)	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Gourami lippu	44	24	14
Carpe de vase	26	46	56
Tilapia de Taïwan	26	18	10
Carpe commune	4	12	20

3.6. Conclusions générales et recommandations

Après avoir mis en œuvre, durant sept mois, le projet de système intégré poissons-canards à l'exploitation de VIGOVA et dans trois petites exploitations de la région de Ho Chi Minh-Ville, nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

1. Le système intégré poissons-canards a prouvé son évidente efficacité économique:
   - Les canes grandissent tout à fait normalement et on peut produire 500 000 canetons de pure race ou issus d'un croisement avec un canard CV Super M sur 1 ha en un an. Dans un tel système d'exploitation intensive, il est possible d'obtenir 62 tonnes de canards (poids vif) de pure race CV Super M par ha en un an.
   - Dans les 14 étangs à poissons intégrés à l'élevage de canards, nous avons obtenu un rendement de 8-17 tonnes/an, alors que ce rendement est de l'ordre de 2,5 tonnes/ha/an seulement dans les étangs sans intégration.
2. Des étangs à poissons intégrés à l'élevage de canards tels que les quatorze étangs de nos expériences qui couvraient des superficies de 286 à 4000 m^2 et présentaient une profondeur de 1 à 1,4 m permettent d'élever de 0,3 à 0,4 canard par m^2 de surface d'eau et de 4-6 poissons

d'espèces différentes en vue d'obtenir le meilleur développement et le meilleur rendement, tant en ce qui concerne les canards que les poissons.

3. Les différentes espèces de poissons pouvant se nourrir à différentes profondeurs, les poissons de l'étang doivent être répartis dans des proportions optimales pour obtenir un rendement élevé:

Gourami lippu	: 24 %
Tilapia (ou Tilapia de Taïwan)	: 18 %
Carpe de vase	: 46 %
Carpe commune	: 12 %

Parmi ceux-ci, le gourami, les tilapias et la carpe de vase donnent le meilleur rendement. Les autres espèces de poissons comme la carpe commune, la carpe argentée, le poisson bégonia et le poisson-chat peuvent être élevées en intégration avec le canard, mais le rendement reste encore faible.

Les expériences n'ayant été menées qu'une seule fois au cours des 7 mois d'étude et seulement dans une zone limitée, les conclusions ci-dessus font donc office de remarques préliminaires. Les études suivantes devraient se poursuivre:

4. Répétition de ces cinq expériences sur une plus grande surface, dans les provinces situées à l'ouest du delta du fleuve Mekong.
5. Étude dans des étangs et des lacs de différentes profondeurs, densités de canards et de poissons en vue de définir différentes échelles de production adaptées aux diverses exploitations familiales.
6. Étude des performances de croissance de différentes espèces de poissons et des moments propices à leur récolte des poissons dans le système intégré poissons-canards.
7. Étude de l'amélioration du taux de survie des espèces de poissons de valeur dans le système intégré poissons-canards, telles que la carpe commune, le poisson bégonia, etc.
8. Étude de l'hygiène de l'étang ou du lac dans le système intégré pour prévenir les maladies des poissons et des canards.
9. Étude de l'expérience-pilote: intégration canards-poissons-riz; et intégration canards-arbres fruitiers-fourrage vert pour l'alimentation des animaux.
10. Sur 1 ha de riz, nous pouvons obtenir 5 tonnes de riz paddy x 1000 VND = 5 millions de VND. En intégrant la pisciculture et l'élevage de canards, nous pouvons obtenir 500 000 canards de rente ou 62 tonnes de canards (poids vif) par an.

Comparaison du rendement économique:

- 1 ha de riz: 5000 kg x 1000 VND/kg = 5 000 000 VND dont 5% de bénéfice, soit 250 000 VND/ha/an;
- 1 ha d'étang intégré à l'élevage de canards: 10 tonnes de poissons/ ha/an x 6000 VND/kg, dont 50% de bénéfice, soit 30 000 000 VND.

Si nous élevons des canes sur 1 ha/an, nous obtiendrons: 500 000 canetons x 2500 VND/tête = 12 500 000 VND dont 10% de bénéfice, soit 1 250 000 VND/ha/an.

Si nous élevons des canards à l'engraissement (race CV Super M), nous obtiendrons: 62 tonnes (poids vif) x 9000 VND/kg = 558 000 000 VND dont 5% de bénéfice, soit 28 000 000 VND/ha/an.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Cooperation
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 321 - 332 (1995)

Original : Anglais

INTÉGRATION DE L'AGRICULTURE ET DE LA PISCICULTURE (ÉTANGS À DIGUES) DANS LA RÉGION DE CANTON (CHINE)

PAR

ZHONG GONGFU*

RÉSUMÉ. — La région de Canton, dans le sud de la Chine, couvre le delta de la Rivière Zhujiang (rivière des Perles) où se rejoignent le Xijiang (fleuve de l'Ouest), le Beijiang (fleuve du Nord) et le Dongjiang (fleuve de l'Est). Située dans une zone subtropicale, mais principalement au sud du tropique du Cancer, la région bénéficie d'un climat relativement chaud toute l'année. Grandement influencée par la mousson, cette région se caractérise par des précipitations abondantes avec, toutefois, une évidente rotation entre saison des pluies et saison sèche. Les conditions naturelles favorables profitent à l'agriculture et à son intégration avec la pisciculture. Voici quatre cents ans environ, les paysans locaux ont développé l'étang de pisciculture à digues associé à la culture de mûriers. C'est le premier type d'intégration de l'agriculture et de la pisciculture (étangs à digues) dans la région de Canton. En outre, d'autres types d'étangs à digues ont été développés, tels que l'étang à digues associé à une plantation de cannes à sucre, l'étang à digues associé à la fruiticulture, l'étang à digues associé à l'horticulture et l'étang à digues associé à des cultures diverses. Les recherches entamées en 1958 démontrent que ce sont tous des systèmes d'étangs à digues écologiques. Le présent travail résume rapidement l'histoire des recherches sur ces systèmes et examine les principaux types de systèmes de barrages-réservoirs de la région. En bref, l'étang associé à une bananeraie (si intégré avec un élevage de poulets) et, en particulier, l'étang associé à la culture de mûriers présentent d'excellents effets écologiques. L'étang associé à la floriculture présente les

* Guangzhou Institute of Geography, Yellow Flower Hill, Guangzhou (People's Republic of China).

meilleurs effets économiques. L'étang associé à une plantation de cannes à sucre ou à des cultures diverses requiert le moins de main-d'œuvre. Par ailleurs, deux études connexes axées sur l'application de la théorie du système de l'étang à digues pour transformer et exploiter les basses terres et la création d'un système d'agriculture-aquaculture-élevage plus intégré, sont illustrées. Certaines découvertes résultant des études menées pendant trente ans sur le système de l'étang à digues sont également reprises. Pour terminer, quelques suggestions comme la diffusion du système de l'étang à digues en Afrique équatoriale, la création d'un centre international de formation au système de l'étang à digues et l'introduction d'autres méthodes, en dehors de ce système pour l'exploitation des basses terres, sont formulées afin de promouvoir l'intégration de l'agriculture et de la pisciculture dans différentes régions soumises à des conditions particulières.

1. Aperçu des études axées sur le système d'étang à digues.

La publication d'un document académique intitulé "Mulberry Dike Fish Pond and Sugarcane Dike Fish Pond in the Pearl River Delta" (Étang à digues associé à la culture de mûriers et étang à digues associé à une plantation de cannes à sucre dans le delta de la rivière des Perles) dans *Acta Geographica Sinica* en 1958 marque le début d'études systématiques consacrées au système d'étangs à digues. L'interaction terre-eau des étangs à digues associés à la culture de mûriers dans le delta de la rivière des Perles a été étudiée de 1980 à 1983 en collaboration avec l'université des Nations Unies. Le système des étangs à digues était répertorié comme l'un des projets du Comité chinois "Man and Biosphere" en 1987. Les études axées sur le système des étangs à digues ont été financièrement soutenues par la Fondation chinoise des Sciences Naturelles à deux reprises, respectivement de 1985 à 1987 et de 1989 à 1991. A ce jour, le système des étangs à digues est étudié depuis une trentaine d'années.

1. Types de systèmes d'etangs à digues

a. L'étang de pisciculture à digues avec culture de mûriers

Ce type de système existe depuis quatre cents ans environ. Dans un système de ce genre, les feuilles de mûriers servent à nourrir les vers à soie; les déjections des verres à soie servent à nourrir les poissons; les déjections des poissons fertilisent la boue de l'étang et la boue de l'étang sert d'engrais pour les mûriers. Par conséquent, au mieux se portent les

mûriers, plus les poissons sont nombreux. Il se forme ainsi un système de production dans lequel chaque composant est profitable à l'autre. Il s'agit en outre d'une forme de production spéciale associant, de manière écologique, l'agriculture à la pisciculture (fig. 1).

Depuis 1985, cette forme de production est malheureusement en déclin dans le delta de la rivière des Perles parce qu'elle génère des revenus relativement faibles et que son cycle de production est relativement long, comparativement aux industries rurales qui, ces dernières années, connaissent un essor rapide.

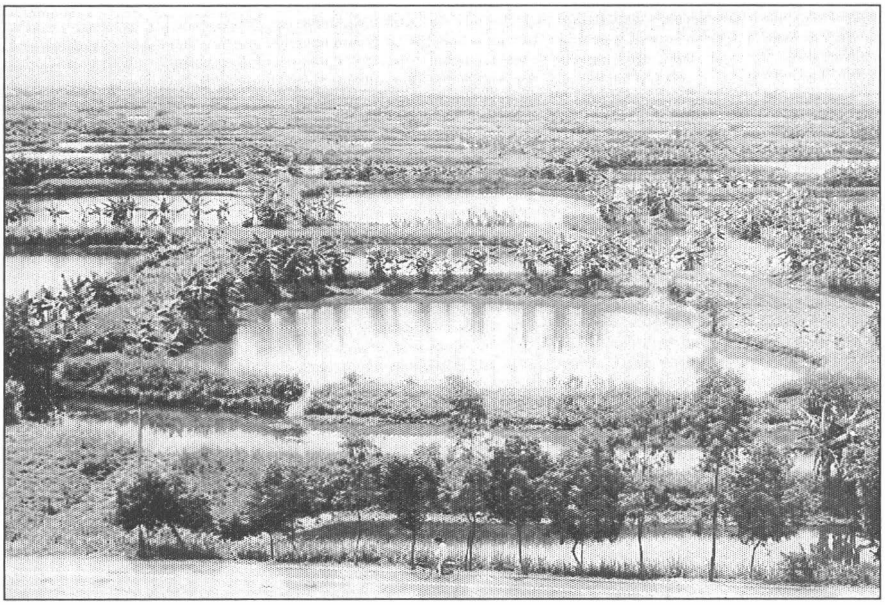


Fig. 1. — Une région à étangs à digues

b. L'étang de pisciculture à digues avec canne à sucre

Le processus de production de ce type de système n'est pas aussi complexe que celui de l' étang avec digues à mûriers. La digue est plantée de cannes à sucre dont les feuilles tendres servent à nourrir les poissons; les déjections des poissons fertilisent la boue de l'étang, laquelle est propice à la croissance de la canne à sucre. Certaines digues sont utilisées pour construire des porcheries, outre les cannes à sucre. Les parties tendres de la canne à sucre servent à nourrir les porcs. Les excrétions des porcs fertilisent l'étang. La boue de l'étang fertilise la

digue. Le climat de la région de Canton est propice à la culture de la canne à sucre, dont le rendement à l'hectare est de l'ordre de 90 à 120 tonnes. En outre, le commerce de la canne à sucre sur le marché intérieur est très prospère. C'est pourquoi les étangs à digues associés à la plantation de cannes à sucre font encore couramment partie du paysage de la région (fig. 2).

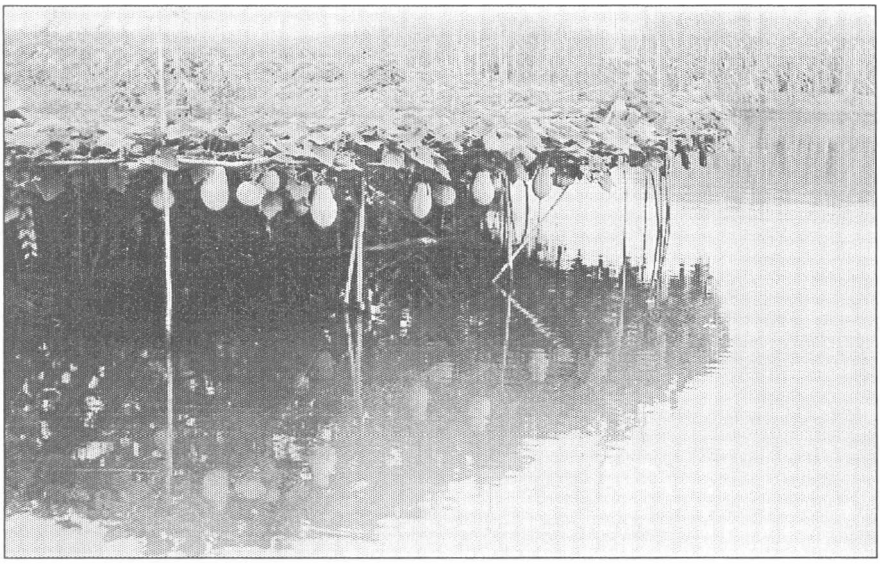


Fig. 2. — Étang de pisciculture à digues avec canne à sucre. Production végétale d'un système tridimensionnel terre-eau.

c. L'étang de pisciculture associé à la fruiticulture

Les arbres fruitiers plantés sur les digues sont les bananiers, les plantains, les orangers, les mandariniers, les papayers, les litchis, les longaniers, les manguiers, etc., parmi lesquels les bananiers et les plantains sont les plus répandus. Si les digues portant les bananiers sont simultanément utilisées pour l'élevage de poulets ou de canards, le recyclage s'avère plus efficace. Par exemple, les poulets profitent de l'ombre des bananiers, surtout durant les étés chauds. Sous les bananiers, les poulets mangent certains insectes. Les déjections des poulets servent d'engrais pour les bananiers. Cette petite interaction entre les bananiers et les poulets favorise leur croissance à tous deux. Après une forte pluie, les déjections des poulets sont emportées dans l'étang, procurant ainsi de la nourriture aux poissons et rendant la boue de l'étang plus fertile. La

boue de l'étang sert d'engrais pour les bananiers. Ce recyclage important entre les bananiers, les poissons et les poulets favorise la croissance de chaque d'eux (fig. 3,4).



Fig. 3 — Étang de pisciculture à digues avec bananiers

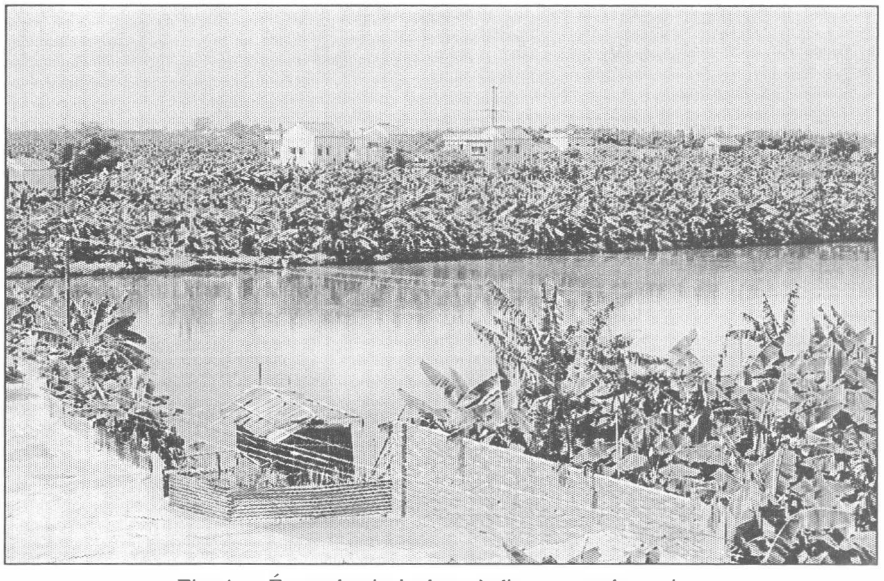


Fig. 4 — Étang de pisciculture à digues avec bananiers

d. L'étang associé à la floriculture

Plusieurs variétés de fleurs sont plantées directement sur la digue ou empotées et placées soit sur l'étang, soit sur des treillis fabriqués par l'homme, qui s'étendent au-dessus de certaines parties du réservoir. En tout cas, l'herbe tendre qui pousse sur la digue entre les pots constitue une importante ressource alimentaire pour les poissons. D'autre part, toutes les fleurs sont plantées dans de la boue de l'étang et arrosées par l'eau de celui-ci. Les caractéristiques physiques et chimiques de la boue de l'étang, par ex. la structure granulométrique, son pH et son taux d'humus, ceux-ci respectivement de l'ordre de 7 à 10%, sont propices à la croissance des fleurs (fig. 6).

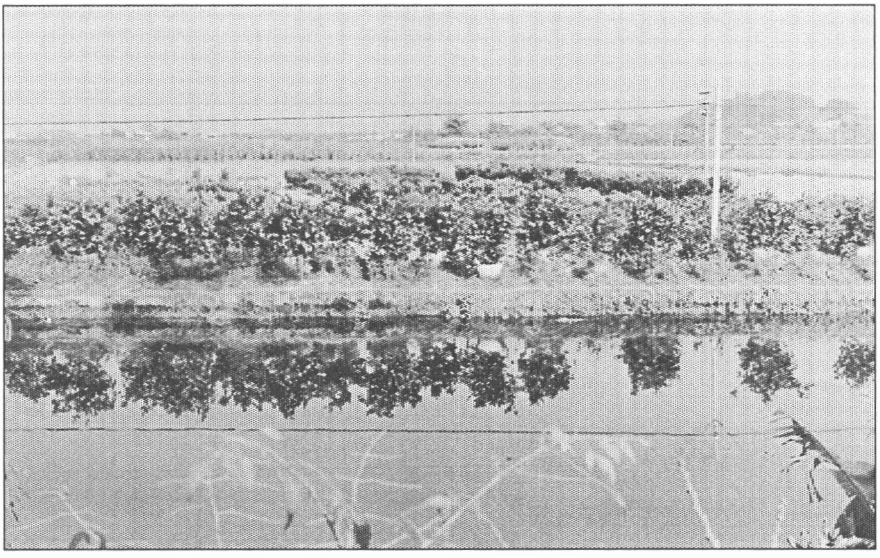


Fig. 5 — Étang de pisciculture à digues avec floriculture

e. L'étang de pisciculture à digues associé à des cultures diverses

La digue est plantée de diverses cultures sèches comme les légumes verts, le melon, la courge, le haricot et la pomme de terre (fig 6). Ces cultures sont principalement utilisées pour l'alimentation des animaux domestiques. Seule une petite partie des cultures est vendue sur le marché. Ce type de système est habituellement développé dans les régions pauvres, éloignées des marchés et dotées d'une infrastructure de transports médiocre.

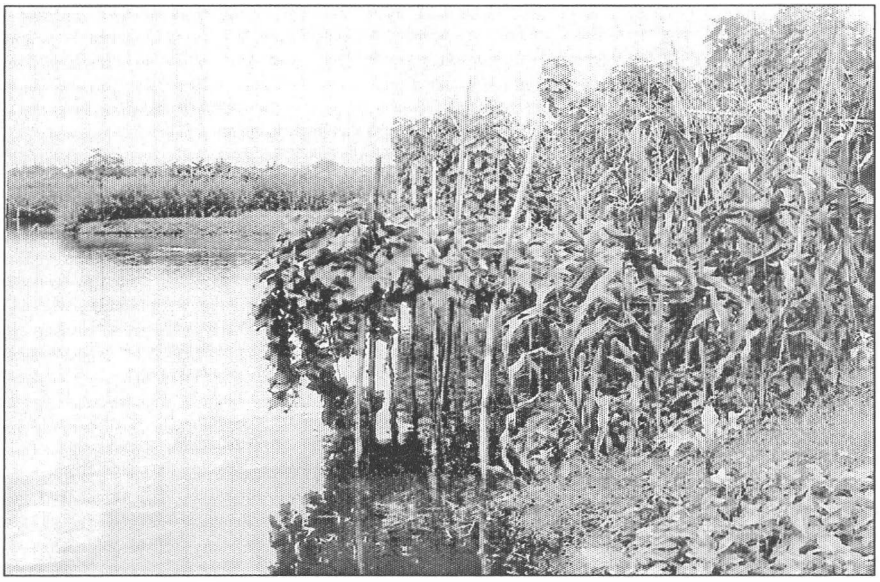


Fig. 6 — Étang de pisciculture à digues associé à des cultures diverses

En résumé, l'étang de pisciculture à digues associé à une bananeraie et intégré avec un élevage de poulets et, en particulier, l'étang de pisciculture à digues associé à la culture de mûriers présentent d'excellents effets écologiques. L'étang de pisciculture à digues associé à la floriculture présente les meilleurs effets économiques (tableau 1), tandis que l'étang associé à une plantation de cannes à sucre ou à des cultures diverses requiert le moins de main-d'œuvre.

Tableau 1
Effets économiques de différents types de systèmes d'étangs à digues (unité: 1 yuan RMB par mu)

Types	rendement	coût	bénéfice
Étang à digues associé à la culture de mûriers	898.59	510.71	387.88
Étang à digues associé à la canne à sucre	867.07	501.39	365.68
Étang à digues associé à la floriculture	13 348.70	2 975.90	10 372.80

Note: 1 mu = 1/15 ha

2. Application de la théorie du système des étangs à digues à la transformation de basses terres et introduction d'une nouvelle méthode d'exploitation des ressources des basses terres.

Après l'application du système des étang à digues, les rendements des cultures et du poisson ont doublé et quadruplé. Par exemple, dans notre station expérimentale de Qianhoujie, dans le comté de Deqing, environ 2,7 ha de rizières en monoculture étaient des basses terres types qui, sept années sur dix, n'ont pas produit de riz parce qu'elles ont été envahies par les eaux. Ces rizières ont été transformées en étangs à digues en 1981. La situation a alors connu un radical changement et la valeur de la production à l'hectare de ces rizières a atteint 3300 yuan RMB en 1981, 8595 yuan RMB en 1982 et 14 250 yuan RMB en 1983, générant respectivement un revenu net de 1650 yuan RMB en 1981, 4845 yuan RMB en 1982 et 7770 yuan RMB en 1983. Autre exemple: un paysan, M. Deng Weinan, du comté de Gaoyao, a dépensé 450 yuan RMB pour louer 10,7 ha en plaine et les ensuite transformés en étangs. Deux ans plus tard, la valeur de la terre était passée à 6000 yuan RMB, soit plus de 10 fois la valeur d'origine. Après transformation des basses terres en étangs à digues, les invasions de moustiques et autres insectes nuisibles ont fortement diminué dans cette région et alentours. Le microclimat du site s'est modifié. Des économies ont été réalisées sur les frais d'électricité auparavant nécessités pour le drainage de l'excédent d'eau des rizières pendant la saison des pluies. Le rendement de la terre augmente, puis se stabilise. L'environnement écologique de la plaine s'est radicalement amélioré.

3. Optimisation du système en vue de revenus maximaux

En appliquant les méthodes de gestion globale des systèmes, un système intégré agriculture-aquaculture-élevage est mis en place pour tirer pleinement profit de la lumière du soleil, de la chaleur, des ressources hydriques et pédologiques.

Il s'agit d'un système tridimensionnel de culture et d'élevage sur terre et dans l'eau à plusieurs strates, par ex. huit à dix strates. La structure des strates, l'intégration de différentes cultures, la demande du marché, les changements du système dans le temps et dans l'espace et les divers modèles écologiques sont étudiés. Les résultats de la recherche indiquent qu'un système de ce type est plus rentable. Par exemple, le

revenu net annuel d'un ha d'un tel système dans le comté de Nanhai s'élevait, en 1986, à 71 400 yuan RMB, soit un montant suffisant pour acheter de quoi satisfaire aux besoins vitaux de 142,5 personnes, alors que le revenu net annuel d'un ha d'une rizière dans la même région et la même année suffisait à peine à acheter le nécessaire pour 10,5 personnes.

2. Quelques expériences

Quelque trente années de recherche sur le système des étangs à digues ont permis d'accumuler une expérience précieuse, fût-ce parfois par des chemins détournés:

a. Si vous choisissez une région pour installer un système d'étangs à digues, il est préférable d'acheter le terrain ou de le louer à long terme, sans quoi les expériences que vous entreprenez et qui requièrent plusieurs années seront interrompues. Ainsi, dans le passé, nous avions installé un système d'étangs à digues à Leliu, dans le comté de Shunde. Cinq ans plus tard, le fermier qui avait reçu le terrain aux termes du "Responsibility System" a demandé que nous mettions fin à nos expériences et a alors construit une usine sur le même site. Cela nous a servi de leçon.

b. L'interaction terre-eau est le principal facteur des rendements élevés et stables du système des étangs à digues. Dans ce système, les cultures plantées sur les digues reçoivent de l'engrais en permanence, la boue de l'étang, et les poissons de l'étang sont continuellement alimentés par les digues. Selon nos recherches dans le delta de la rivière des Perles, 20 kg de vase, dont 75 % de matière solide et 25 % d'eau, augmentent de 1 kg la production de feuilles du mûrier. En général, 249 tonnes (poids sec) de vase contenant 1021,5 kg d'azote peuvent, sur une base annuelle, être emportées par ha de réservoir vers la digue. Mais la boue emportée chaque année de la digue vers le réservoir contient 44,5% de la quantité totale d'azote de la digue. Par conséquent, la digue et l'étang peuvent l'un et l'autre conserver une quantité d'eau et une fertilité suffisantes (tableau 2).

Tableau 2
Matières organiques et nutriments de la boue du réservoir dans le système des étangs à digues (%).

Catégorie	N° de l'étang ou de la digue	Matière organique	N	P	K
Boue de l'étang	Étang 1	2,97	0,242	0,083	2,157
	Étang 2	2,73	0,239	0,071	2,248
	Étang 3	2,32	0,258	0,072	2,203
	Étang 4	2,54	0,223	0,063	2,147
Surface du sol ou de la digue	Digue 1a (canne à sucre)	1,88	0,135	0,073	2,054
	Digue 1b (mûrier)	2,01	0,140	0,067	2,026
	Digue 2 (canne à sucre)	1,93	0,165	0,071	1,874
	Digue 3 (canne à sucre)	1,30	0,106	0,044	1,897
	Digue 4 (canne à sucre)	1,50	0,153	0,052	2,122

Note: Le même numéro correspond au même système d'étang à digues

Le phytoplancton de l'étang augmente chaque année de 75 tonnes à l'hectare par photosynthèse et fournit ainsi une quantité suffisante de nourriture pour les poissons. Certains systèmes d'étangs à digues sont associés à l'élevage de porcs, de poulets ou de canards, ce qui rend digue et étang encore plus fertiles, ainsi qu'en témoignent les hauts rendements des ces systèmes.

Les cultures plantées sur les digues résistent à la sécheresse parce que l'eau capillaire près des racines suffit à leur croissance. En outre, ces cultures résistent aussi aux inondations grâce à la fonction de réservoir de crue des étangs. Les rendements du système des étangs à digues s'en trouvent ainsi stabilisés.

En général, les rendements des cultures sur les digues sont de 25 à 50% supérieurs à ceux de terrains secs ordinaires et les rendements en poissons des étangs sont supérieurs de 1500 kg/ha à ceux d'un étang ordinaire.

3. Suggestions

1. En Afrique équatoriale, on recense nombre de plaines et de marécages au Zaïre, en Tanzanie et en Zambie. Parmi ces pays, le Zaïre présente la plus grande superficie de marécages. Du fait de la morphologie en cuvette du bassin du fleuve Zaïre, le réseau le plus dense de rivières

de l' Afrique est concentré au Zaïre. Le bassin du fleuve Zaïre regorge de marécages, notamment dans la région lacustre près d' Inongo. Une station expérimentale devrait être mise en place au Zaïre. L'emplacement de la station et de la zone humide voisine, serait choisi en fonction des conditions locales. A partir de cette station, des expériences réussies d'exploitation de marécages pourraient s'étendre à d'autres plaines de l'Afrique.

2. Outre les formes de production courantes comme la riziculture ou la pisciculture, il existe d'autres manières d'exploiter les plaines:

– *Rotation riz-cultures sèches*
Dans les régions périphériques où les torrents de montagne sont faibles et où une saison des pluies alterne avec une saison sèche, les basses terres pourraient être plantées de riz durant la saison des pluies et d'arachides, haricots ou canne à sucre durant la saison sèche. Une telle méthode pourrait garantir la fertilité du sol et générer des rendements relativement élevés.

– *Rotation riz-pisciculture*
La rotation de la riziculture et de la pisciculture devrait être encouragée dans certaines plaines. On opterait en premier pour la riziculture ou la pisciculture en fonction des conditions locales. Une telle rotation serait profitable aux deux formes d'exploitation et en augmenterait les rendements.

– *Intégration de la riziculture et de la pisciculture*
Dans une vaste rizière, des fosses de 30 à 40 cm de profondeur pourraient être creusées à proximité du barrage. Les poissons pourraient se déplacer librement depuis ces fosses vers n'importe quel endroit, sous les plants de riz. Les rizières alimenteraient les poissons en insectes, en herbe tendre et en glumes de riz. Les déjections des poissons serviraient d'engrais pour le riz. Après la récolte du riz, le poisson serait pêché. Mais cette forme d'exploitation ne convient qu'aux petits poissons ou aux alevins.

– *Système d'étangs à digues*
Le système des étangs à digues convient à l'exploitation de basses terres offrant des conditions climatiques adéquates et où les

ressources hydriques sont bien conservées. La création de nouveaux étangs et la gestion d'un système d'étangs à digues exigent des fonds importants et le recours à diverses techniques.

3. La formation du personnel: une tâche essentielle
   Il existe différentes méthodes de formation. Un expert en système d'étangs à digues serait invité à assurer le suivi sur le terrain ou bien un centre de formation international composé d'experts qualifiés et doté d'une bonne infrastructure de transport pourrait être créé dans une unité de recherche.

RÉFÉRENCES

CHAN, G.L. 1985. Integrated Farming Systems. — Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

HUANG, FUXIANG. 1991. Economic Geography, China, Vol. **2**, 4.

ZHANG, Y.Z. *et al.* 1989. Breeding Fish-Pond in China. — Science Press, Beijing.

ZHONG GONGFU 1980. Mulberry Dike Fish Pond and Sugarcane Dyke Fish Pond in the Pearl River Delta. — *Acta Geographica sinica,* **35**, 3.

ZHONG GONGFU 1982. *Human Ecology,* **10**, 2. .

ZHONG GONGFU 1989. Outlook on Agriculture. England, Vol. **18** , 3.

ZHONG GONGFU, WANG, Z. & WA, H. 1993. Land-water Interaction of the Dyke-pond System.— Science Press, Beijing.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Cooperation
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 333 - 355 (1995)

Original : Anglais

INTÉGRATION DE L'AGRICULTURE, DE L'ÉLEVAGE ET DE LA PISCICULTURE DANS LA RÉGION DE WUXI EN CHINE

PAR

LI KANGMIN & LI PEIZHEN*

RÉSUMÉ. — Depuis longtemps, la pisciculture intégrée fait partie du système d'exploitation agricole intégrée et remonte en fait à la dynastie des Han orientaux (de 25 à 220). L'exposé retrace l'évolution historique de la pisciculture qui, de moyen de subsistance, est devenue un moyen d'échange commercial en Chine. Les techniques de pisciculture intégrée d'aujourd'hui reposent sur les bases solides de la propagation artificielle des carpes chinoises et couvrent la polyculture sophistiquée et l'empoissonnement mixte des étangs pour une totale exploitation des ressources, l'intégration de la pisciculture et de l'agriculture et/ou de l'élevage pour le recyclage des déchets, et le contrôle intégré des parasites pour maîtriser les maladies des poissons. L'intégration d'un système de pisciculture intégrée dans un projet régional de développement des ressources agricoles offre des perspectives prometteuses.

* Asian Pacific Regional Research & Training Centre for integrated Fish Farming - 214081 Wuxi City, Province de Jiangsu (République Populaire de Chine).

Introduction

En 1978, le Dr T.V.R. Pillay, chef du Programme de Coordination du Développement de l'Aquaculture PNUD/FAO, s'est rendu en Chine en compagnie de hauts fonctionnaires des ministères de la pêche d'Asie et d'Afrique. Tous ont reconnu que l'intégration de la pisciculture avec l'agriculture et l'élevage était l'un des principaux domaines de développement de l'aquaculture susceptible d'intéresser d'autres pays en développement, notamment dans le cadre du développement rural. C'est ainsi qu'a été créé le Centre Régional de Recherche et de Formation en Pisciculture intégrée pour l'Asie et le Pacifique, dont la mission consiste à comprendre les pratiques chinoises ancestrales de la pisciculture intégrée et à en transférer les technologies dans d'autres régions du monde. La pisciculture intégrée est souvent considérée avant tout du point de vue des aquaculteurs. Elle fait en effet partie de l'exploitation intégrée ou agriculture écologique, subordonnée ou associée à la macro-agriculture (culture, sylviculture, élevage, etc.). Les systèmes de pisciculture intégrée abordés dans le présent exposé ne se limitent pas aux systèmes dans lesquels la pisciculture est le principal composant autour duquel gravitent d'autres composants accessoires.

Le développement des technologies piscicoles intégrées est fondé sur la biologie, l'écologie et l'économie. Elles peuvent être appliquées non seulement dans des étangs, mais également dans les lacs, les réservoirs et les rizières, non seulement en eau douce mais aussi dans les eaux saumâtres. Les systèmes de pisciculture intégrée sont des écosystèmes artificiels mais, ce qui est encore plus important, des systèmes économiques. Dans le processus de développement socio-économique, les technologies et les modèles peuvent changer.

De la pisciculture de subsistance à la pisciculture semi-commerciale

Il est généralement admis que la pisciculture en Chine a commencé à l'époque de la Dynastie Shang (1197 av. J.-C.). La première monographie sur la pisciculture en Chine a été écrite par FANLI, aux environs de 460 av. J.-C. Elle dit "Neuf îlots et huit vallées ont été aménagés en un réservoir d'une superficie de 6 mu (0,4 ha)". "L'eau est peu profonde, environ 2/3 de mètre au-dessus de ces îlots, et a environ 2 m de profondeur dans les vallées". Cela signifie que les anciens s'étaient rendu compte que l'on pouvait parvenir à des conditions

écologiques similaires si l'on empoissonnait un étang, aussi bien que des fleuves et des lacs. "Un stock de carpes communes (*Cyprius carpio*) comprenant 20 femelles pleines et 4 mâles est déversé dans l'étang le 7e jour de février. Si les eaux ne sont pas troublées, les femelles fraient. Une tortue à carapace molle est placée dans le réservoir en avril, 2 tortues en juin, et 3 tortues en août de l'année lunaire." En d'autres termes, il s'agissait d'une monoculture de carpes communes "parce que les carpes communes ne se mangeront pas mutuellement et croîtront rapidement, offrant ainsi un meilleur rendement financier." Mais il n'était pas question de polyculture "parce que si le nombre de poissons dans l'étang dépassait 360 unités, un dragon s'imposerait comme leur chef et les pousserait à partir. Si des tortues à carapace molle sont placées dans l'étang, les poissons ne partiront pas et nageront autour des 9 îlots pour l'éternité, tout comme dans les fleuves et lacs". Il s'agissait là d'une superstition mais les anciens y croyaient. Cet ouvrage indique qu'à l'époque, la pisciculture de subsistance en Chine s'est transformée en pisciculture semi-commerciale.

La pisciculture intégrée chez les Anciens

Dans l'ouvrage ancien "Yu Hu Bing", il est dit "À l'époque de la Dynastie Han, un serviteur de l'empereur, Xiyu, a construit des viviers au sud de la montagne Xian, selon la description de FANLI. Le vivier était entouré de hautes digues plantées de bambou et de catalpa de Chine. Les berges étaient ombragées par des feuilles de lotus, des macres (*Trapa natans*) et *Gorgan* spp. couvraient la surface". Il pourrait s'agir de la première description d'un système de pisciculture intégrée en Chine.

En 1978, une tombe de la Dynastie des Han orientaux (25-220) a été découverte dans le cadre de fouilles à Lao Tao Si, dans le Comté de Mina, Province de Shaanxi. L'un des vestiges déterrés était une maquette intacte d'un champ de rizipisciculture en poterie rouge (GUO 1985), première preuve de la pratique de la rizipisciculture en Chine.

Sous la dynastie Tang (618-907), LIU XUN a rédigé un ouvrage intitulé "Les merveilles du sud de la Chine", qui décrit un système de rizipisciculture alternante. La population connaissait les caractéristiques morphologiques de la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*) et connaissait ses habitudes alimentaires qu'elle exploitait pour valoriser des terres incultes (LI KANGMIN 1988). Sous la dynastie Tang, il était interdit à la population de manger ou de vendre des carpes communes parce que le

terme chinois pour désigner la carpe commune se prononçait de la même manière que le nom de l'empereur. Les gens étaient donc obligés d'élever d'autres espèces. La dynastie Tang est donc le premier tournant dans l'histoire de la pisciculture puisqu'elle est à l'origine de la transformation de la monoculture de carpes en pisciculture. Ceci s'est vérifié dans la chronique de "Jia Tai Zhi" (1201-1204) de la dynastie Song, qui disait que des viviers étaient creusés pour la pisciculture afin de créer une source de revenus dans le sud de Kuaiji et Zhuli. Des alevins étaient achetés aux marchands et placés dans les viviers au printemps. Les espèces de poissons étaient généralement des carpes argentées (*Hypophthalmichthys motitrix*), des carpes à grosse tête (*Aristichthys nobilis*), des carpes herbivores (*Ctenopharyngodon idella*) et des carpes noires (*Mylopharyngodon piceus*).

Sous la dynastie Ming (1368-1644), une monographie de la pisciculture fut rédigée par HUANG XINZHEN. Il y est dit: "Si des bananiers sont plantés sur les digues, les gouttes de rosée pourraient résoudre le problème d'asphyxie des poissons. Si des arbres sont plantés, les semences qui en tombent pourraient servir de nourriture aux poissons. Si une partie de l'étang est recouverte d'un treillis de vignes, il sera protégé des fientes d'oiseaux. Si les berges sont plantées de lotus, on pourrait empêcher l'intrusion de loutres." Ceci démontre les avantages de l'intégration de la pisciculture et de la sylviculture.

L'ouvrage intitulé "Manuel complet de l'agriculture", rédigé par XU GUANGQI aux environs de 1644, comportait bien d'autres exemples de pisciculture intégrée. Il y est dit: "Le fond d'un vivier est planté de faux nénuphars (*Limnanthemum peltatum*); après la plantation, l'étang est rempli d'eau et des poissons y sont déversés". "Des cabanes à moutons sont construites sur les digues et des moutons y sont installés. Les excréments des moutons sont balayés dans le vivier chaque jour pour alimenter les carpes herbivores, et à leur tour, les excréments des carpes herbivores servent à nourrir les carpes argentées. Une telle pratique pourrait éviter le travail de faucher l'herbe, mais les poissons sont un peu paresseux. Pour profiter des avantages de l'aquaculture, il faudrait construire une maison dans un site choisi avec des collines à l'arrière et des lacs, à l'avant, au point où convergent les collines et où les rivières décrivent un coude. Il faut d'abord acheter des champs et des terres. Les domestiques pourraient labourer les terres pour semer des grains, cultiver des légumes et planter des mûriers pour la sériciculture et, partant, le dévidage de soie des cocons. Telles sont les ressources pour le vêtement

et la nourriture. Ensuite, un grand vivier carré ou rectangulaire pourrait être creusé pour profiter de l'aquaculture. Le vivier compte 9 îlots et 8 vallées, comme dans les fleuves et les rivières. Des crevettes, des tortues à carapace molle et des escargots y sont déposés comme gardiens. Les poissons en oublieront ainsi où ils sont et se persuaderont qu'ils vivent dans des fleuves et lacs et y jouent jour et nuit". Cet ouvrage traçait le portrait d'un personnage quelconque qui souhaitait gagner sa vie dans un milieu rural quelle qu'y fût son activité. Ceci signifie qu'une ferme répondant au concept de culture intégrée avait déjà été créée sous la dynastie Ming. Ce type d'économie paysanne autosuffisante à petite échelle a duré pendant un millier d'années en Chine. Les technologies de pisciculture intégrée enregistrées dans les livres anciens n'étaient qu'un résumé d'expériences des populations anciennes et ne pouvaient être portées à un niveau de connaissance rationnelle.

La pisciculture intégrée des temps modernes

Les quatre espèces de carpes élevées (carpe noire, carpe herbivore, carpe argentée et carpe à grosse tête) ont été sélectionnées parmi 20 à 30 espèces, dont les alevins avaient été recueillis dans des grands fleuves et domestiqués pendant plus de mille ans. Jusqu'à présent, les frayères naturelles des quatre espèces n'ont pas encore été découvertes, si ce n'est dans les biefs d'amont des grands fleuves. Elles ne peuvent frayer dans les eaux dormantes, ce qui explique pourquoi la disponibilité d'alevins a été le principal obstacle au développement de l'aquaculture.

Dès 1921, des essais expérimentaux de reproduction et d'incubation de carpes herbivores recueillies dans le fleuve Xijian appartenant au bassin de la Rivière des Perles, ont été réalisés, après quoi ces essais ont été élargis à la carpe herbivore, à la carpe argentée, à la carpe noire et à la carpe à grosse tête, provenant des frayères du Yichang du fleuve Yangtze.

La reproduction artificielle de ces quatre espèces a réussi dans des étangs, grâce à la combinaison de méthodes physiques et écologiques successives, de 1958 à 1963 (Zhong Lin *et al.* 1985). Cela a mis un terme à la collecte d'alevins dans les eaux naturelles. Cette pratique constitue le deuxième tournant de l'histoire de la pisciculture en Chine. Depuis lors, l'aquaculture a connu un essor rapide. La reproduction artificielle a jeté les bases de la pisciculture intégrée d'aujourd'hui.

En 1960, paraissait l'ouvrage intitulé "Science de la culture

d'espèces de poissons d'eau douce en Chine". Ce recueil dressait le bilan de mille ans d'expérience de la pisciculture en Chine et constitue le point de départ des travaux ultérieurs. Une brochure intitulée "Expériences relatives à l'obtention de rendements piscicoles élevés à Wuxi" initiait les pisciculteurs à la technologie de la polyculture et de l'inter-alevinage, qui est à présent devenue une technologie évoluée. La recherche d'importantes sources d'aliments et d'engrais pour la pisciculture pendant la période de crise du début des années 60 a entraîné un développement de l'aquaculture: les techniques piscicoles traditionnelles basées sur la plantation de fourrage vert comme aliment pour les poissons et l'utilisation du fumier d'animaux pour fertiliser l'eau de l'étang se sont orientées vers l'intégration poisson/culture et poisson/ bétail, etc. en vue de recycler les déchets. Cette pratique alliée au contrôle intégré des parasites comme moyen de lutte contre les maladies des poissons par l'amélioration de l'environnement écologique de l'étang garantissait l'essor de l'aquaculture vers des rendements plus élevés, une haute qualité et des recettes financières plus attractives. En 1958, la production nationale de l'aquaculture en eau douce dépassait, pour la première fois, celle de la pêche. La production de l'aquaculture en eau douce a augmenté d'année en année alors que celle de la pêche a diminué, sauf en temps de crise. En 1981, la production nationale de l'aquaculture en eau douce franchissait le cap d'un million de tonnes. En 1992, le total des produits aquatiques s'élevait à plus de 15 millions de tonnes, dont 32 % environ résultaient de la production de l'aquaculture en eau douce.

Reproduction artificielle des quatre espèces de carpes

La carpe commune et le carassin (*Carassius auratus*) peuvent frayer dans les eaux stagnantes, mais les carpes semi-migratrices comme les quatre espèces mentionnées plus haut se déplacent vers les tronçons d'amont des grands fleuves pour frayer, tandis que leurs oeufs semi-flottants éclosent au milieu des vagues. Les principaux points de la reproduction artificielle sont les suivants:

1. Soins aux stocks reproducteurs

L'obtention de stocks reproducteurs aux gonades bien développées repose fondamentalement sur la fourniture d'aliments complets et de conditions écologiques adéquates. L'élevage intensif de carpes reproductrices se déroule toute l'année, mais plus particulièrement en automne.

Malt, germes de riz, tourteau de haricots, tourteau d'arachides et aliments composés devraient être utilisés comme compléments alimentaires pour les carpes herbivores de reproduction; escargots et *Corbicula* pour les carpes noires; aliments composés et aliments en poudre pour les carpes à grosse tête et les carpes argentées. Le point essentiel dans le maintien d'un environnement écologique *ad hoc* pour les carpes de reproduction consiste à contrôler la qualité de l'eau et à fournir une eau légèrement courante durant toute l'année ou, au moins un mois avant le frai, pour stimuler le développement et la maturation des gonades et augmenter le taux de frai et le taux de fécondation.

2. Frai artificiel

Jusqu'à présent, trois agents stimulants ont été utilisés: PG, HCG et LRH (LRH-A). Le HCG est plus efficace sur la carpe argentée et la carpe à grosse tête, surtout à haute température, que sur la carpe herbivore, la carpe noire et la carpe de vase (*Cirrhina molitorella*), mais provoque à long terme un effet de dépendance. Le LRH-A présente de nombreux avantages: c'est un produit de synthèse ne nécessitant qu'un faible dosage, peu coûteux, sans effet nuisible et facile à gérer - mais aussi quelques inconvénients - effets instables et délai de réaction plus long. Additionné d'une petite dose de pimozide ou de réserpine, le LRH-A s'avère plus efficace (LIN HAOREN *et al.* 1985), car le pimozide inhibe les effets de la dopamine. Le LRH-A n'a cependant aucun effet sur le frai artificiel du poisson-chat (*Clarias*) et les deux substances précédentes doivent être utilisées (PAN JIONGHUA & ZHENG WENBIAO 1985).

3. Conditions écologiques créées pour le frai artificiel

De nombreux facteurs écologiques dans les eaux naturelles stimulent le frai, mais les principaux sont le courant, la montée de l'eau, la température optimale de l'eau et une quantité suffisante d'oxygène dissous. L'oxygène dissous devrait être maintenu à un niveau supérieur à 4-5 mg/l et la température de l'eau entre 22-28°C. Une eau légèrement courante 2 à 3 heures avant le frai incite le poisson à frayer ou à décharger la laitance. Le rapport de femelles et de mâles est habituellement de 1:1,5.

4. Fécondation et incubation

La fécondation naturelle est généralement adoptée dans la plupart des endroits parce qu'il est facile d'obtenir un taux de fertilisation élevé.

Le taux d'éclosion dépend de la qualité des œufs fertilisés. En outre, les facteurs environnementaux sont très importants, p.ex. la température optimale de l'eau se situe entre 25 et 27°C, le courant de l'eau doit être de 0,3 m/s environ et peut, au besoin, être adapté pour empêcher les œufs de couler au fond, provoquant ainsi la déformation des alevins. L'oxygène dissous doit être maintenu à 4-5 mg/l pour empêcher l'asphyxie des œufs fécondés. L'étang d'incubation utilisé pour l'insémination artificielle doit être désinfecté et débarrassé des poissons sauvages pour garantir une incubation normale.

Les reproducteurs doivent être sélectionnés dans différents systèmes fluviaux à intervalles réguliers pour des raisons de pureté de la race et de renouvellement.

POLYCULTURE SOPHISTIQUÉE ET INTER-ALEVINAGE

L'exploitation totale des ressources alimentaires d'un plan d'eau constitue un moyen important d'augmenter les avantages économiques de l'aquaculture. Les poissons d'élevage devraient dès lors comporter des espèces planctonophages comme la carpe argentée et la carpe à grosse tête dans la couche superficielle, des poissons herbivores comme la carpe herbivore et la brème dans la couche médiane et des espèces à alimentation benthique comme la carpe noire et la carpe commune ou le carassin dans le fond. En général, 7 à 8 espèces sont élevées en polyculture. La brème à museau obtus (*Megalobrama amblycephala*) a été domestiquée à partir de 1960 et étendue à l'ensemble du pays à partir de 1964 (KE HONGWEN 1985). Le tilapia, recommandé par la FAO en 1976, a été introduit à plusieurs reprises et étendu à tout le pays au début des années 1980. A présent, le tilapia compte parmi les principales espèces en polyculture.

Les espèces sélectionnées pour l'empoissonnement dépendent de la disponibilité d'alevins, de la disponibilité de ressources alimentaires et des conditions de l'étang. Dans les régions côtières où l'on peut collecter des alevins de mulet (*Mugil*), cette espèce pourrait être retenue. Dans un réseau fluvial possédant d'abondantes quantités d'escargots et de *Corbicula,* la carpe noire pourrait être retenue. Dans les zones où abondent les herbes aquatiques ou terrestres, la carpe herbivore et les brèmes pourraient être candidates à la polyculture. Si l'eau de l'étang est claire, les carpes herbivores devraient être dominantes; si l'eau est fertile, la carpe argentée et/ou la carpe à grosse tête seront les espèces

dominantes; si l'eau du réservoir est relativement profonde, on optera plutôt pour la carpe noire et la carpe commune.

Le cycle de production en aquaculture est relativement long. L'une des principales manières d'accroître le rendement consiste à raccourcir le cycle de production par l'élevage et le nourrissage précoces des reproducteurs, l'utilisation d'alevins de grande taille pour l'empoissonnement, etc. On ne peut cependant aller à l'encontre de la loi naturelle de croissance des poissons. La carpe argentée et la carpe à grosse tête atteignent leur poids maximum la deuxième année tandis que la carpe herbivore et la carpe noire atteignent leur poids maximum la troisième année. C'est pourquoi un cycle de production de 2 à 3 ans est généralement adopté dans les provinces de Jiangsu et Zhejiang. Afin d'élever des alevins de grande taille pour l'année suivante et fournir des poissons de taille commercialisable pour dégager de meilleurs avantages complémentaires saisonniers, il conviendrait d'échelonner l'empoissonnement d'alevins de taille et d'âge différents dans les étangs d'élevage ou d'empoissonner les étangs à alevins au moyen de poissons de consommation. Les proportions des différentes espèces peuvent être adaptées en fonction des habitudes de consommation ou de la demande du marché. La méthode consiste à empoissonner les étangs au moyen de poissons de tailles différentes en une seule fois et de les récolter par étapes ou d'empoissonner par étapes et de récolter les plus gros par étapes, en laissant les plus petits dans les étangs de manière à atteindre une densité raisonnable de poissons et une proportion optimale d'espèces. Une exploitation aquacole peut donc réduire la superficie des étangs à alevins et augmenter la superficie des étangs d'élevage pour obtenir de meilleurs rendements financiers (Fig. 1).

INTÉGRATION DE L'AQUACULTURE, DE LA CULTURE, DE L'ÉLEVAGE ET DES INDUSTRIES DE TRANSFORMATION

La croissance et les conditions du poisson d'élevage dépendent d'une offre suffisante de nourriture et de sa valeur nutritive. C'est pourquoi les aliments et le fumier forment le lien entre l'aquaculture et la culture, l'élevage, etc.

1. Intégration de l'aquaculture et de la culture

Dans le cours inférieur du fleuve Yangtze, la pratique de la pisciculture a, de tout temps, reposé sur l'utilisation de graminées

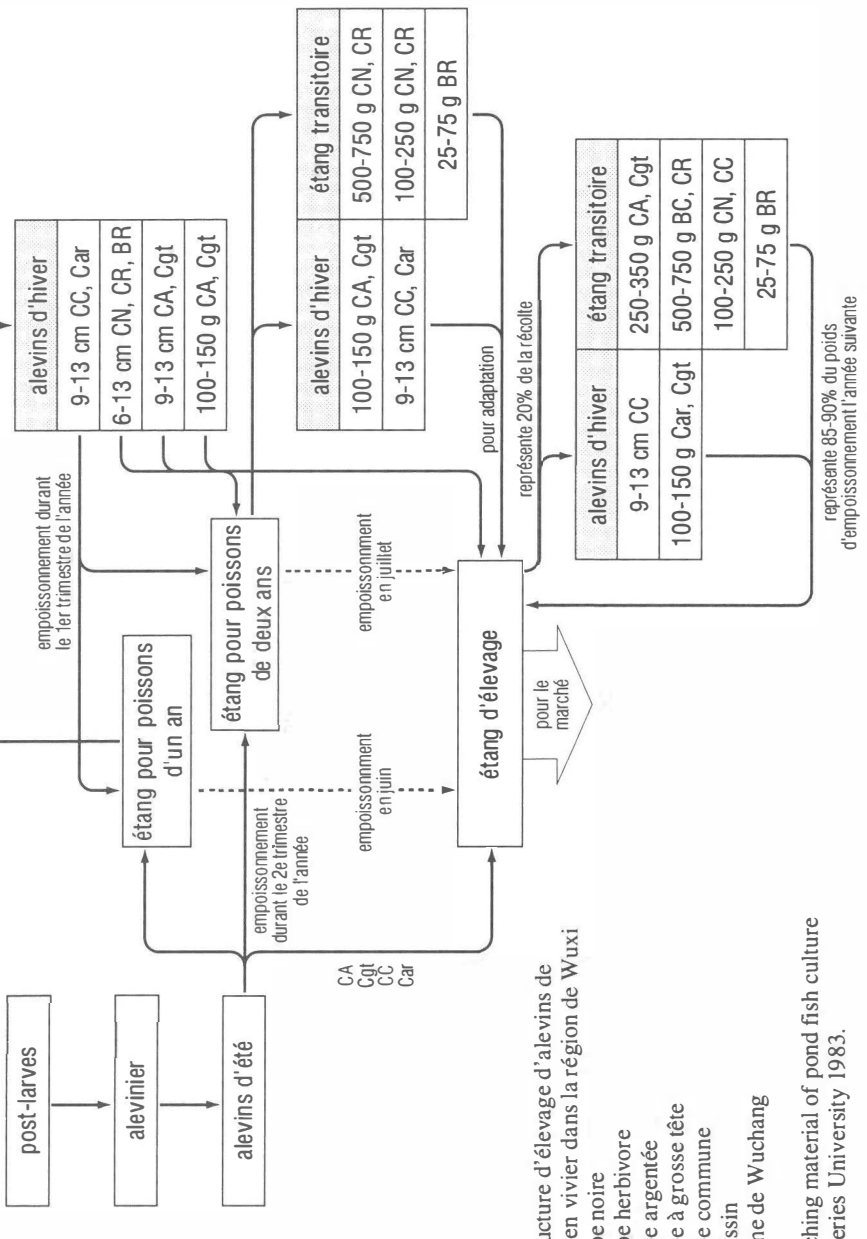


Fig. 1 — Structure d'élevage d'alevins de grande taille en vivier dans la région de Wuxi

CN Carpe noire
CR Carpe herbivore
CA Carpe argentée
Cgt Carpe à grosse tête
CC Carpe commune
Car Carassin
BR Brème de Wuchang

Source: Teaching material of pond fish culture Shangai Fisheries University 1983.

fourragères ou de macrophytes. Selon les besoins du consommateur dans le sud de la province Jiangsu, les principales espèces élevées sont la carpe herbivore et la carpe noire. Les aliments principaux sont les macrophytes, les escargots et les *Corbicula* collectés dans les lacs et fleuves. De petites quantités de son de riz, de son de blé et de drêches sont utilisées en compléments en cas de disponibilité insuffisante d'aliments naturels.

Dans le bassin hydrographique du lac Taihu, les macrophytes récoltés dans les eaux naturelles et les graminées fourragères représentent 98 % du fourrage vert total. Dans une zone sans macrophytes, le fourrage vert doit être planté. Plus de 10 variétés de graminées fourragères ont été introduites et étendues dans la province de Jiangsu depuis 1985. Les graminées fourragères les plus largement cultivées sont le ray-grass (*Lolium multiflorum*) et le sorgho (*Sorghum sudanese*) parce que les périodes d'offre de ces variétés peuvent se relier. Elles sont en outre faciles à planter et à gérer. La graminée fourragère offrant le plus haut rendement et disponible le plus longtemps est l'hybride *Pennisetum americanum* x *P. purpureum*, mais elle pose des problèmes de préparation des semences et d'hivernage.

Étant donné la densité de population et la rareté des terres dans le bassin hydrographique du lac Taihu, les barrages-réservoirs, les berges et parcelles de coin sont principalement affectées à la plantation fourragère. Une partie des rivières et ruisseaux est réservée à la culture de macrophytes comme la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes)*. La lentille d'eau sans racines (*Wolffia arrhiza*), la petite lentille d'eau (*Lemna minor*) et la lentille d'eau à plusieurs racines (*Spirodela polyrhiza*) sont cultivées dans le district de Linhu, dans la province de Zhajiang. *Wolffia arrhiza* est l'aliment favori des alevins de carpes herbivores et aussi le meilleur complément alimentaire pour d'autres carpes de Chine. Les excréments de carpes herbivores fertilisent l'eau de l'étang et nourrissent le plancton alimentant les planctonophages. Une prise de poids d'un kg de la carpe herbivore peut en général entraîner une prise de poids de 0,48 kg chez les planctonophages. Les fourrages verts et les aliments en poudre sont complémentaires de telle sorte que la méthode d'alimentation basée sur la fourniture d'aliments en poudre au début et à la fin de la période de production et de fourrages verts au milieu de cette période est adoptée pour combiner les fourrages verts et les aliments en poudre.

2. Intégration de l'aquaculture et de l'élevage

Le bétail et la volaille peuvent procurer divers fumiers aux viviers. Il existe différents types de fumiers et plusieurs combinaisons: p.ex. poissons/porcs, poissons/vaches, poissons/canards, poissons/poulets, poissons/moutons, etc. Le fumier de certains animaux tel que le fumier de porcs peut être directement déversé dans le vivier sans fermentation préalable et augmenter la production piscicole, qui peut être jusqu'à trois fois supérieure à celle obtenue avec des engrais chimiques, sans causer aucune maladie parmi les poissons (YANG YEJIN *et al.* 1988). Les pratiques le prouvent. Certains excréments comme ceux du ver à soie, d'une fertilité supérieure, doivent fermenter avant application parce qu'ils contiennent de l'acide urique. Les excréments frais de ver à soie sont toxiques pour le poisson et ne peuvent être utilisés que comme fumier de base. Une expérience d'élevage de poissons filtrants a été conduite avec 4 types de fumier. Cette expérience a révélé que le fumier de poulet était le plus efficace, suivi des fientes de canard, du fumier de porc et de la bouse de vache (FANG YINGXUE *et al.* 1988). Bien que la bouse de vache soit la moins fertile, elle présente un avantage unique: les détritus dans un étang chargé de bouse de vache représentaient 55% de la matière en suspension, soit un taux supérieur à celui d'étangs engraissés avec d'autres fumiers. Ceci favorise la croissance des poissons omnivores. Selon GUO XIANZHEN *et al.* (1987), les détritus et les bactéries y associées représentaient 1/2 à 2/3 des substances ingérées par le carassin du Japon (*Carassius carassius*). Dans les campagnes isolées, les fumiers d'animaux peuvent d'abord être fermentés pour produire du biogaz pour l'éclairage et le combustible, après quoi le liquide résiduel et le lisier sont utilisés pour fertiliser l'eau du réservoir. Les fumiers fermentés consomment moins d'oxygène dissous; la quantité d'azote très actif augmente et la teneur en acides aminés essentiels de la chair de poisson s'accroît (HAN YUQIN & DING JIEYI 1987).

Il importe d'appliquer des fumiers pour faire proliférer le plancton afin de répondre aux besoins des alevins et des juvéniles. Le phytoplancton facilement digéré par le poisson peut atteindre un pic 4 jours après l'application de fumier; le zooplancton, 4 à 7 jours après l'application. Les protozoaires, qui se multiplient par fission binaire, apparaissent en premier lieu, suivi des rotifères, qui se reproduisent par parthénogenèse, puis des cladocères et des copépodes. Les pisciculteurs appliquent les fumiers en se fondant sur leurs observations de la couleur de l'eau et du comportement des poissons.

3. Modèle multicomposant des systèmes intégrés poissons-bétail-fourrage

Si la plantation de fourrage vert est associée à l'utilisation de fumier d'animaux en aquaculture, on obtiendra un modèle multicomposant. En réalité, on utilise généralement de nombreuses espèces dans le même réservoir et un modèle bicomposant est très rare. Les plantations fourragères requièrent aussi des engrais. Les fumiers d'animaux ou une partie de ceux-ci sont d'abord utilisés pour stimuler la croissance des cultures. Moyennant une fertilisation adéquate, les graminées fourragères poussent bien toute l'année et atteignent des rendements de l'ordre de 15 000 kg/mu en moyenne. Par exemple, l'exploitation aquacole de Honglin, Changzhou, possédait 80 ha d'étangs et élevait 3000 porcs par an. La moitié du fumier de porc se déversait dans les étangs par des caniveaux en ciment pour fertiliser l'eau de l'étang; l'autre moitié était réservée aux cultures fourragères. La production de poisson atteignait 85 tonnes en 1987 avec un rendement unitaire de 700 kg/mu en moyenne. La disponibilité de fourrage vert était ainsi assurée et les risques de pollution de l'environnement rural par le fumier étaient évités. YANG HUAZHU *et al.* (1985) se sont rendu compte que le système complexe "porcs-fourrage-poissons" créait un nouveau système de flux énergétique par l'exploitation de la production primaire, tant aquatique que terrestre, augmentant le taux d'exploitation de l'énergie solaire.

4. Intégration de l'aquaculture et des industries de transformation

Les déchets et les eaux usées des usines transformant les sous-produits agricoles et des usines de transformation alimentaire, comme les brasseries, les amidonneries, les usines de transformation du soja et les usines de transformation des fourrages, voire même les soieries, peuvent être utilisés pour l'élevage de poissons. Deux types d'intégration sont possibles: d'une part, des étangs sont creusés autour de ces usines de transformation pour utiliser les déchets et les eaux usées; d'autre part, diverses usines de transformation à petite échelle sont construites au sein de l'exploitation aquacole. Par exemple, une usine de transformation du blé, une amidonnerie, une usine de transformation du soja et une usine alimentaire ont été érigées l'une après l'autre au sein de l'exploitation aquacole de Honglin. Elles peuvent traiter plus de 2 millions de kg de blé, dont 1,35 million de kg d'amidon pour l'industrie textile, 0,4 million de kg de son de blé, 1 million de kg d'eaux usées pour la pisciculture en étang, et 0,6 million de kg de gluten de blé pour la consommation humaine sont produits. Au début de 1987, une usine de production

d'aliments pour animaux a été créée, qui fournit plus de 2500 tonnes d'aliments pour les porcs et 50 tonnes d'aliments pour les poissons de l'exploitation aquacole même, tandis que le reste est commercialisé.

Lutte intégrée contre les parasites du poisson

La lutte intégrée contre les parasites du poisson peut garantir l'obtention de rendements élevés et une pisciculture intégrée hautement efficace et de bonne qualité. Jusqu'à présent, une centaine de maladies des poissons ont été répertoriées. Le recours à des techniques prophylactiques et de lutte intégrées permet d'enrayer les maladies des poissons qui se répandent dans la plupart des étangs alors que la maladie constitue toujours un problème majeur dans les grandes surfaces d'eau (Pan 1985). La lutte intégrée contre les parasites englobe:

1. L'amélioration de l'environnement écologique de l'aquaculture

a. On utilise souvent de la chaux vive pour nettoyer les réservoirs (selon un rapport du district de Linhu établi en 1953, l'entérite de la carpe herbivore et de la carpe noire a pu être réduite de 30 %);
b. La vase est curée à la main ou par voie mécanique pour améliorer la qualité du sédiment de l'étang;
c. Depuis le début des années 1970, des aérateurs ont été installés dans les étangs pour éviter l'asphyxie des poissons et augmenter la capacité de charge de 50 à 100 % (Lei Huiseng 1991);
d. En cas de besoin, l'eau de l'étang doit être renouvelée pour améliorer la qualité de l'eau. En hiver et au printemps, la transparence mesurée au disque de Secchi doit être maintenue à 25-30 cm, tandis qu'en été et en automne, le niveau trophique devrait être réduit et la transparence, maintenue à 30-40 cm;
e. Les résidus de fourrage vert et les poissons malades devraient être retirés pour des raisons d'hygiène.

2. La désinfection des alevins avant empoissonnement

Les alevins devraient être plongés dans une solution d'eau salée à 3-5 % ou de chlorure de chaux à 10 ppm, du sulfate de cuivre à 8 ppm, du permanganate de potassium à 20 ppm ou encore du Dipterex à 5 ppm, pendant 20 à 30 minutes, à une température inférieure à 15°C. Si la température est supérieure, le temps d'immersion doit être raccourci.

3. La désinfection des aliments

Les macrophytes devraient être plongés dans une solution de chlorure de chaux à 600 ppm pendant 20-30 minutes avant distribution. Les plates-formes d'alimentation devraient être régulièrement désinfectées. Il conviendrait d'adopter la procédure d'alimentation basée sur le principe "quatre éléments fixes": qualité fixe, quantité fixe, heure fixe et position fixe.

4. La désinfection du fumier

Lors de l'application du fumier, il conviendrait d'ajouter 120 g de chlorure de chaux par tranche de 500 kg de fumier organique pour le désinfecter.

5. Des additifs médicamenteux

Pendant les deux saisons d'épidémie de chaque année, des additifs médicamenteux devraient être appliqués avant mai-juin et août-septembre de manière à renforcer l'immunité des poissons. Plusieurs sacs sont suspendus près de la plate-forme d'alimentation avec un mélange de sulfate de cuivre et de sulfate ferreux (5:2) et la concentration de l'eau est portée à 7 ppm.

6. Le contrôle de routine

La contrôle de routine journalier des étangs devrait être exécuté avec soin et tenir compte de quatre aspects: ingestion des poissons, couleur de l'eau, changement de temps et épidémie des poissons; il convient ensuite de fumer l'étang, de nourrir les poissons, de renouveler l'eau de l'étang et de placer des aérateurs.

7. L'éradication des ennemis naturels tels que têtards, scolopendre d'eau (Cybister chinensis), *serpents d'eau, rats d'eau, etc.*

La pisciculture intégrée est généralement pratiquée en étang, mais elle peut également l'être dans des lacs, réservoirs et rizières. Dans un lac à macrophytes, les macrophytes peuvent être pleinement exploités aux niveaux multi-strates et multi-trophiques. Ainsi trois modèles dynamiques sont utilisés au lac Gehu, en fonction de ses caractéristiques écologiques et suivant les principes écologiques: une zone de protection du frai pendant toute l'année, une zone d'amélioration des ressources biologiques et une zone d'aquaculture dans l'enceinte d'un filet ont été aménagées. Dans la zone aquacole, la carpe herbivore et la brème sont

les espèces dominantes et représentent 45 à 70 % de l'empoissonnement avec 3-7% de poissons filtrants.

L'élevage de bétail ou de volaille peut être pratiqué sur les versants des montagnes entourant un réservoir ou sur les rives d'un réservoir. Le fumier des animaux pourrait être apporté au réservoir par écoulement. L'eau serait fertilisée et le rendement piscicole augmenterait. Etant donné la fertilité réduite du sol des réservoirs oligotrophes, il est recommandé de prévoir par ha de surface d'eau, un ha de terre de culture et 45 porcs ou 450 oiseaux de basse-cour (LU DINGYAN & ZHEN YONGGAN 1990). Le simple élevage de poissons s'est ainsi transformé en un système d'exploitation intégré du type herbes-volaille-bétail-poisson-mollusques. Dans certains réservoirs, des viviers occupant 20 % de la superficie ont été aménagés de manière à intégrer le réservoir, les viviers et les rizières en une entité économique. Dans le réservoir, la culture en cages, la culture en enclos et la culture dans l'enceinte d'un filet peuvent aussi être pratiquées. Les rizières peuvent servir non seulement d'aleviniers mais aussi d'étangs de croissance. Des techniques de polyculture peuvent également être employées dans des rizières, p.ex. la carpe herbivore, la carpe commune et le tilapia sont élevés en polyculture conjointement avec des produits aquatiques spéciaux comme l'anguille des marais et les crabes. En bref, la rizipisciculture est un système intégré peu coûteux, offrant des effets à court terme et un meilleur rendement économique. Elle contribue de manière fondamentale à sortir les paysans de la pauvreté (LI KANGMIN & PAN YINHE 1992).

Perspectives des technologies de pisciculture intégrée dans une économie de marché socialiste

L'économie chinoise se développe de manière inégale. Un écart profond sépare les zones côtières de l'arrière-pays. Il en va de même lorsqu'on compare l'économie du Nord du Jiangsu à celle du sud de cette province. En ce qui concerne l'aquaculture, le développement des deux régions est relativement différent. Dans une région peu industrialisée, possédant une eau de bonne qualité et une main-d'oeuvre peu coûteuse, il convient d'exploiter au maximum les ressources aquatiques pour accélérer le développement de l'aquaculture et étendre les technologies de pisciculture intégrée. Ce faisant, le développement de l'aquaculture pourrait stimuler le développement économique global des régions rurales.

ADAPTATION DU MODÈLE D'INTÉGRATION

Dans les conditions de l'économie de marché socialiste, l'aquaculture dans la région de Wuxi adapte habilement ses modèles d'intégration et se tourne vers le marché, en se fondant sur le profit économique. L'exploitation aquacole Helie est un modèle d'intégration poisson-bétail-volaille bien connu. Au début des années 1980, elle comptait 69,4 ha de viviers et élevait 100 têtes de bovins, 1000 têtes de porcs et 20 000 canards. Avec l'avènement de l'économie de marché, Helie a progressivement abandonné l'élevage de bovins, porcins et poulets mais a élargi son élevage de canards. En 1993, cette exploitation comptait 1 million de canards et ce chiffre devrait être porté à 2 millions en 1994, l'avantage économique dégagé de l'élevage de canards étant supérieur à celui dégagé de l'élevage de bovins, porcins et poulets. Le modèle d'intégration poisson-bétail-volaille s'est réduit à un simple modèle poisson-canard. Le rendement financier sera amélioré par la transformation des produits de la volaille comme le foie gras de canard et la viande de canard pour l'exportation, et par l'exploitation totale des sous-produits: plumes de canards pour la confection d'édredons, viscères comme aliments pour les tortues à carapace molle. Les chrysalides sont les déchets de l'usine de dévidage de cocons intégrée à l'exploitation et sont utilisées comme aliments fins pour les poissons. Elles sont à présent transformées pour produire de l'huile de chrysalide, des protéines de ver à soie, des éléments de soie, etc. ou transformées en poudre de chrysalide très prisée à l'étranger. L'avantage économique ne cesse de croître. Il serait donc stupide d'utiliser les chrysalides uniquement comme aliments pour poissons. L'exploitation aquacole Helie a également diversifié ses activités commerciales, p.ex. un restaurant spécialisé dans les canards rôtis, un grand magasin et une usine d'eau minérale depuis 1985; elle est à présent devenue une entreprise complexe combinant aquaculture-industrie-commerce. En 1993, son chiffre d'affaires global s'élevait à 218 000 000 RMB, avec un bénéfice de 18 000 000 RMB, réparti comme suit: 48 % pour le commerce, 41% pour l'industrie, y compris l'aviculture et la transformation de volaille, et 11 % seulement pour la pisciculture. Bien que l'aquaculture adhère toujours aux technologies traditionnelles de pisciculture intégrée, la surface des étangs se rétrécit d'année en année et ne couvre plus qu'une superficie de 53 ha, au point que la production de l'aquaculture représente la plus petite partie du chiffre d'affaires global.

Depuis plusieurs années, l'exploitation piscicole de Zhangzhuan, dans le compté de Wuxi, a adopté un modèle d'intégration porc-fourrage-poisson. Voyant son rendement économique diminuer, Zhangzhuan a abandonné l'élevage de porcs. Le fumier de porc utilisé pour la culture de graminées fourragères a été remplacé par la vase du réservoir et des vidanges. Chaque année, l'étang est dragué aux 2/3 et la vase ainsi retirée est utilisée pour la fertilisation des cultures. La vase du réservoir constitue un excellent engrais. Le rendement de fourrage vert atteint déjà plus de 10 000 kg/mu/an. Le coût de plantation d'un mu de fourrage vert additionné d'engrais commerciaux revient à 140 yens alors que le coût de fertilisation au moyen de vase revient exactement à la moitié, main-d'oeuvre comprise. De plus, l'environnement écologique de l'étang s'en trouve nettement amélioré.

Adaptation de la structure des espèces de poissons

Selon l'offre et la demande du marché, les espèces préférées et vendues à prix élevé représentent une importante partie de la polyculture et de l'inter-alevinage. Pour 1994, le Ministère des Productions halieutiques du district suburbain de Wuxi envisage d'affecter 20 à 30 % de la surface de ses étangs à la culture de produits aquatiques spéciaux pour répondre à la demande de gros consommateurs. Dans l'intervalle, la proportion de brèmes de grande taille ou de brèmes à museau obtus (*Megalobrama amblycephala*) (350 g-400 g), de même que celle de carassins (de plus de 150 g), très demandés sur le marché, a été augmentée. En général, les espèces dominantes (brèmes et carassins) représentent 50 % du rendement net. Le meilleur rendement économique est obtenu lorsque que le rendement unitaire net atteint 800-1000 kg/mu et que la valeur de production moyenne est de l'ordre de 2400-2500 yuans dans les faubourgs de Wuxi, mais les meilleurs rendements économiques varient largement en fonction des conditions locales.

La région de Wuxi se caractérise par une forte densité de population et peu de terres cultivées. Les étangs sont proches les uns des autres et ont des digues étroites. L'offre de graminées fourragères est limitée, ce qui réduit la proportion de carpes herbivores en polyculture. Cependant, eu égard à l'augmentation des coûts des aliments commerciaux et si la plantation de graminées fourragères le permet, une extension dynamique de la culture herbagère constituerait un excellent moyen d'augmenter l'avantage économique de la pisciculture. Si les ressources herbagères

sont abondantes, le volume de poissons herbivores pourrait représenter plus de 50 % du volume total de poissons utilisés pour l'empoissonnement. Dans une région riche en ressources hydriques, la culture de macrophytes est proposée pour résoudre le problème de pénurie de fourrages verts.

Plus de 10 produits aquatiques spéciaux sont répandus dans la province de Jiangsu, parmi lesquels l'anguille des marais (*Monopterus albus*), le crabe chinois (*Eriocheir sinensis*), la tortue à carapace molle (*Trionix sinensis)* et le clam perlé (*Hyriopsis cumingii*) sont les principaux. La perche (*Trachidermus fasciatus)* et une plante, le bouclier d'eau (*Brasenia schreberi*), peuvent aussi être exploités.

Le processus d'adaptation de la structure des espèces piscicoles et le développement de la culture de produits aquatiques spéciaux nécessitent quelques changements et le développement des technologies et des modèles de la pisciculture intégrée, comme la monoculture, l'apport d'aliments commerciaux, l'amélioration et la vulgarisation des techniques de reproduction artificielle de nouvelles espèces, etc. De plus, de nouveaux modèles d'intégration feront leur apparition: tortue-poisson, poisson-crevette, poisson-mollusques, poisson-crabe, poisson-crevettes-mollusques et poisson-tortue-mollusques. Par exemple, dans une polyculture du type tortues à carapace molle-poisson, où la tortue est l'espèce dominante, il y aura concurrence entre les tortues et les poissons prédateurs s'ils sont placés ensemble dans l'étang. Les tortues se déplacent lentement alors que les poissons carnivores nagent vite, mais les poissons carnivores devraient et pourraient être élevés en polyculture dans un réservoir de ce type. La pratique démontre que les résidus alimentaires résultant d'une prise de poids nette de 1 kg chez les tortues pourraient entraîner un gain de poids de 0,29 kg chez les poissons carnivores. Le problème de concurrence alimentaire pourrait être résolu en utilisant une plate-forme flottante. Les principaux aliments pour les tortues sont les protéines animales comme les petits poissons sauvages, la chair des moules d'eau douce, les *Corbicula,* les escargots, les déchets d'abattoirs, ainsi que les vers de terre, excellents aliments provenant de fumiers et déchets fermentés. La qualité de l'eau d'un étang à tortues se dégrade rapidement en raison de la grande quantité d'aliments apportés; il conviendrait donc d'y ajouter quelques poissons filtrants. Si, lors du peuplement, le poids des jeunes tortues excède 30 kg/100 m^2, il est déconseillé d'ajouter des poissons herbivores au réservoir (SUN *et al.* 1993). Le recyclage des matières, l'utilisation des déchets et la

combinaison optimisée de la structure interne d'un nouveau système de ce type devraient faire l'objet d'études plus approfondies.

Système de pisciculture intégrée, associé à un projet régional

Dans les conditions de l'économie de marché socialiste, le profit économique est généralement mis en exergue. Nous devons parallèlement tenir compte de l'avantage écologique. La pollution de l'eau s'aggrave dans le bassin hydrographique du Lac Taihu. L'aquaculture est confrontée à un grave problème de pénurie d'eau propre pour les étangs. La dégradation de l'environnement des étangs entraînera une rapide propagation des maladies des poissons, de telle sorte que l'aquaculture doit être insérée dans un projet de développement éco-agricole régional.

Un projet d'exploitation des ressources agricoles régionales se propose "d'établir plusieurs modèles de production agricole, de créer un système structurel stéréotypé, de mettre l'accent sur le développement global de l'agriculture, de la sylviculture, de l'élevage, des activités accessoires et de la pêche, pour obtenir une supériorité globale. Il n'y a nul besoin de définir l'élément principal d'un plan régional" (She Zhixiang 1993). L'aquaculture fait partie de la macro-agriculture. Elle peut être ou non le principal facteur écologique dans le projet d'exploitation global des ressources agricoles d'une région donnée. Mais dans une région propice à la pisciculture, elle pourrait être intégrée avec d'autres aspects de l'agriculture pour tirer le meilleur parti des ressources et, partant, on pourrait atteindre un équilibre écologique au niveau de la région. Dans le cas d'un développement agricole à grande échelle, les ressources hydriques, les terres, les forêts et les routes font l'objet d'une approche globale. Les ressources agricoles seront utilisées et optimisées de manière rationnelle. Dans un projet régional, la directive à suivre consiste à "développer certaines activités commerciales suivant les conditions locales" de manière à garantir l'accroissement durable et stable de la production (Yang Wanhe 1993). Par exemple, dans la région du fleuve Lixia, région de plaine s'étendant sur une superficie de 145,4 millions d'hectares, un projet d'exploitation globale a été mis en œuvre. Des modèles écologiques de sylviculture-agriculture, sylviculture-pêche, sylviculture-élevage, sylviculture-activités accessoires et d'intégration de sylviculture-élevage-activités accessoires-pêche ont été développés. Dans les basses terres, des tranchées ont été creusées et des monticules

aménagés. Il existe trois types de structures de monticules et tranchées: largeurs de monticules de 12 m, 15-20 m et 20-40 m respectivement. Les tranchées peuvent être empoissonnées, plantées de lotus et accueillir des poules d'eau. Sur les monticules, des arbres peuvent être plantés et, au pied des arbres, des plantes vivrières peuvent être semées et des animaux élevés. En général, la sylviculture est le facteur écologique dominant tandis que les autres composants varient suivant l'espace, le temps et la demande du marché. Si des cultures ne peuvent être plantées sous les arbres développant un feuillage abondant, on choisira des variétés susceptibles de se développer à l'ombre. Si cette option n'est pas praticable, on peut recourir à l'élevage. Si l'eau est trop peu profonde pour l'élevage de poissons, des plantes aquatiques peuvent être cultivées. Au cours de la dernière décennie, l'écosystème complexe intégrant la sylviculture, l'agriculture et la pisciculture a atteint une certaine ampleur et produit un rendement économique non négligeable, outre ses avantages écologiques et sociaux (SUI SHAN 1993).

Un modèle d'éco-agriculture à l'échelle de la cour d'une ferme a récemment fait son apparition à Wuxi, que l'on pourrait résumer comme suit: "trois plats de viande, un plat de légumes et un bol de riz". Le paysan cultive du riz dans la rizière adjacente à sa maison, y élève des carassins, des anguilles des marais et des escargots; la rizière est tendue d'un treillis de courges tandis que les asticots générés par la fermentation du fumier servent à nourrir les anguilles. Ce modèle à petite échelle a généré un rendement économique substantiel.

Nous pensons que l'aquaculture en Chine, alliée aux technologies de pisciculture intégrée comme principal composant, devrait se développer parallèlement avec d'autres activités relevant de la macro-agriculture, en fonction des ressources agricoles locales et de la demande du marché. Elle devrait également être associée à des projets locaux de protection de l'environnement et de recyclage des déchets et faire partie intégrante d'une combinaison optimisée. Les technologies de pisciculture intégrée pourraient alors être améliorées davantage et étendues à de nombreuses régions.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le professeur J.-J. Symoens de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer et M. R. Delleré du CTA pour leur aimable invitation et leur appui financier. Nous remercions également le professeur J.-C. Micha pour son aimable soutien; M. Car Renkui, ex-directeur du Centre, et M. Chen Jinfu, directeur du Centre, qui ont bien voulu réviser le présent document.

RÉFÉRENCES

FANG YINGXUE, GUO XIANZHEN, WANG JIKUN, YANG YEJIN, YANG YAPING & LIU ZHIYUN 1988. The effects of different animal manures on ecological factors and fish yields in ponds. — Aquaculture International Congress and Exposition, Vancouver, British Columbia, Canada.

GUO QINGHUA 1986. Lao Dao Si Han Dynasty Tomb in Mian County, Shaanxi Province. Agricultural Archaeology, Vol.**1.**

GUO XIANZHEN, FANG YINGXUE, WANG JIKUN, FANG XIUZHEN AND LIU ZHIYUN 1987. A preliminary study on sources of fish growth in manured ponds as indicated by delta C analysis. — *J. of Fisheries of China* (1): 53-59.

HAN YUQIN & DING JIEYI 1987. Experiment on the utilization of biogas residue and slurry in fish farming. — *In:* Selected papers of FFRC, Chinese Academy of Fisheries Sciences (1).

KE HONGWEN 1985. Cultivation of blunt-snout bream *Megalobrama amblycephala.* — *In:* Proceedings of the Asian Symposium on freshwater fish culture. China Society of Fisheries.

LEI HUISENG 1991. History of pond fish culture techniques. — *In:* "Developmental history of freshwater fish culture techniques in China." Science and Technology Publisher, Shangai.

LI KANGMIN 1988. Rice-Fish Culture in China: a review. — *Aquaculture,* **71** (1988): 173-186.

LI KANGMIN & PAN YINHE 1992. Rice-fields as fish nurseries and grow-out systems in China. — *In:* Rice-Fish Research and Development in Asia. ICLARM Contribution 555, pp. 151-164.

LIN HAOREN *et al.* 1985. Pimozide and reserpine potentiate the effects of LRH-A on gonadotropin secretion and ovulation and cultivated fishes in China. — *In:* Proceeding of the Asian Symposium on Freshwater Fish Culture.

LU DINGYAN & ZHEN YONGGAN 1990. Study on the integrated fish farming technology in small reservoirs. — Paper presented at the 2nd Asian Reservoir Fisheries Workshop (Hangzhou, China, 15-19 October 1990). IDRC Proc. Series, 19 pp.

PAN JINPEI 1985. Advance in research on fish diseases in China. — *In:* Proceedings of the Asian Symposium on Freshwater Fish Culture.

PAN JIONGHUA & ZHENG WENBIAO 1985. Culture of bearded catfish *Clarias* in China. — *In:* Proceedings of the Asian Symposium on Freshwater Fish Culture.

SHE ZHIXIANG 1993. Exploitaton, utilization and protection of agricultural resources. — *In:* Studies on Comprehensive Exploitation of Agricultural Resources in Jiangsu Province.

SUI SHAN 1993. Potentials and Models of Ecological and Economic Complex Systems in Lixia River Region. — *In:* Studies on Comprehensive Exploitation of Agricultural Resources in Jiangsu Province. Science & Technology Publisher, Shanghai.

SUN BAIQING *et al.* 1993. Surveys on the ecological structure of soft-shelled turtle-fish polyculture in ponds. — *J. of Aquaculture*, (5).

YANG HUAZHU, FANG YINGXUE & CHEN ZHONGLIN 1985. The major Chinese integrated fish farming systems and their effects. — *In:* Proceedings of Asian Symposium on Freshwater Fish Culture.

YANG WANHE 1993. Notes on Comprehensive Exploitation of Agricultural Resources. — *In:* Studies on Comprehensive Exploitation of Agricultural Resources in Jiangsu Province.

YANG YEJIN 1988. Preliminary studies on the effects of fresh and fermented pig manures on fish production. — Aquaculture International Congress and Exposition, Vancouver, British Columbia, Canada.

ZHONG LIN, LI YOUGUANG & XIE KANGNIAN 1985. Status of Artificial Propagation of Farm Fish in China. — *In:* Proceeding of the Asian Symposium on Freshwater Fish Culture. China Society of Fisheries.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Cooperation agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 357 - 370 (1995)

Original : Anglais

L'INTÉGRATION DE L'AGRICULTURE ET DE LA PISCICULTURE EN INDONÉSIE

PAR

C. DEVENDRA*

RÉSUMÉ. — L'intégration de l'agriculture et de la pisciculture est abordée en faisant référence aux objectifs de développement, à l'opportunité des systèmes intégrés de riziculture/pisciculture et à la situation régnant en Indonésie. Ce système intégré offre des potentialités et des avantages économiques énormes, vu qu'environ 8% seulement de la superficie des rizières, estimée à 1,6 million d'hectares, sont actuellement exploités. On relève trois types de systèmes intégrés de riziculture/pisciculture: (a) Mina-padi (cultures parallèles), (b) Penyelang (cultures intermédiaires), (c) Palawija ikan (assolement). En outre, une méthode plus restreinte, sawah tambak, est également utilisée. La production piscicole, à l'exclusion de la production issue des rizières-réservoirs, varie de 250 à 1000 kg/ha/an. L'augmentation bénéfique de la production de riz résultant de l'intégration avec la pisciculture est de l'ordre de 1,3 t métr./ha. Plusieurs essais d'intégration de canards et de caprins dans les systèmes rizi-piscicoles ont également été menés, pour se solder par des avantages économiques supplémentaires. Les taux de rendement des systèmes riz-riz-poissons et (riz + poisson) - (riz+poisson)-poisson se sont élevés à 127 et 173% respectivement. Le revenu moyen du poisson a permis de supporter 20-59% des coûts de la production totale de riz. Les répercussions sur la recherche et le développement sont abordées dans le contexte de l'efficacité de la gestion et de l'exploitation des ressources naturelles, des questions de durabilité et de la protection de l'environnement.

* Consultant; International Development Research Centre, Tanglin P.O. Box 101, Singapore 9124

1. Introduction

L'Indonésie possède d'abondantes ressources naturelles. Elles font partie intégrante de plusieurs zones agro-écologiques extrêmement complexes. MANWAN (1989) répertorie quatre grands agro-écosystèmes: les marécages irrigués, les marécages alimentés par l'eau de pluie, la terre ferme et les marais et marais à marées.

Le développement agricole poursuit trois grands objectifs: augmenter la production, augmenter le revenu des paysans et stabiliser l'environnement de production. Les problèmes sont complexes en raison de la coexistence de différents agro-écosystèmes et du fait que le développement agricole est associé à un déséquilibre aigu des systèmes de culture actuels. Ceux-ci sont fortement aggravés par la pression d'une importante population humaine et animale.

L'Indonésie s'étend sur une superficie de 200 millions d'hectares de terre ferme et compte quelque 188 millions d'habitants. Cependant, 60% de cette population, soit 100 millions de personnes, sont confinés sur 7% des 13 millions d'hectares de superficie de Java. Selon les projections, la population devrait passer à 250 millions d'habitants d'ici l'an 2000 et la seule île de Java devrait connaître un bond démographique de 50%, pour compter 150 millions d'habitants.

La pression croissante exercée sur les systèmes de culture et, parallèlement, la manière dont les ressources naturelles sont gérées et exploitées, détermineront dans une très large mesure leur capacité de subvenir aux besoins d'une population croissante. L'optimisation de la production alimentaire par le biais de systèmes de production durables s'impose dès lors de toute urgence.

Le présent exposé dresse un historique détaillé de l'agriculture en Indonésie et aborde en particulier l'intégration de ce secteur avec la pisciculture. Il examine les systèmes d'intégration actuels, la productivité, les avantages économiques et les implications pour le développement.

2. Objectifs de développement

L'exploitation efficace des ressources naturelles est associée à deux priorités: la production alimentaire pour répondre aux besoins d'une population en expansion, et l'organisation de plans de transmigration susceptibles de permettre une meilleure exploitation des agro-

écosystèmes disponibles. En ce qui concerne le riz, le premier de ces objectifs a été atteint puisque l'Indonésie a accédé, en 1984, à un statut d'auto-suffisance pour cette denrée. Aujourd'hui, le pays exporte du riz alors qu'auparavant il était un importateur net de cette denrée.

Bien que l'approvisionnement en vivres suffise à répondre aux besoins alimentaires en énergie de la population, les besoins en protéines animales sont loin d'être satisfaits. Le principal rôle de l'élevage et de la pisciculture serait dès lors d'augmenter l'apport d'aliments riches en protéines. Les données relatives à la consommation de viande et d'œufs de 1979 à 1983 indiquent que la demande de ces deux denrées a connu une plus forte augmentation que l'offre, tendance qui est toujours d'actualité (SOWARDI & ATMADILAGA 1982). La production de viande, de lait et d'œufs par habitant a cependant augmenté entre 1981 et 1991 et a enregistré des taux de croissance annuelle moyens respectivement de 4,2%, 7,6% et 5,1% (RAPA/FAO, 1992). La demande de produits animaux continuera également à croître en raison de l'augmentation des revenus et de l'amélioration du niveau de vie.

Dans ce contexte, les priorités de la stratégie nationale de développement se concentrent sur les agro-écosystèmes suivants dans lesquels plusieurs projets sont mis en œuvre:

- Zones confrontées à des problèmes d'humidité sur la terre ferme (sites de transmigration);
- Marécages irrigués;
- Marais et marais à marées (sites de transmigration);
- Zones d'amont des bassins fluviaux;
- Marécages alimentés en eau de pluie (zones sujettes à la sécheresse).

Les plans de transmigration visent à replacer les gens dans d'autres régions sous-exploitées, principalement des terres alimentées en eau de pluie, des marais et des marais tidaux comme à Sumatra, Kalimantan, Sulawesi et Irian Jaya. Dans les régions montagneuses de Batumarta, dans le sud de Sumatra, par exemple, des systèmes culture-élevage ont été mis à l'essai et se sont révélés être en mesure d'offrir la stabilité à des ménages d'agriculteurs dans cette région (ISMAIL *et al.* 1989, ANWARHANS 1993).

3. Systèmes rizipiscicoles

L'intégration du poisson dans la riziculture est l'un des développements les plus réussis de ces deux dernières décennies. L'intérêt particulier pour le poisson est ancien et de pratique courante, les paysans asiatiques en faisant l'élevage depuis des temps immémoriaux. Les poissons sauvages ont la réputation d'avoir envahi naturellement les rizières, mais cette situation s'est dégradée en raison de la réduction des populations de poissons sauvages, des maladies des poissons, des effets toxiques des produits chimiques et de l'appauvrissement des ressources hydriques.

Ces dernières années, ces circonstances ont suscité un regain d'attention pour la recherche sur l'association naturelle entre le riz et le poisson, qui a rencontré beaucoup de succès et exercé un impact énorme. Les avantages liés à ce type de systèmes d'exploitation sont les suivants:

- Réduction du coût de la culture grâce à la suppression des mauvaises herbes, des insectes et des parasites consommés par les poissons;
- Fertilisation accrue des plants de riz;
- Disponibilité de ressources alimentaires pour les poissons, dont le pollen provenant de la fleur de riz;
- Productivité accrue (riz et poisson), et
- Efficacité de la gestion et de l'exploitation des ressources naturelles.

L'élevage des poissons dans les rizières offre une niche naturelle et leur intégration constitue un excellent exemple de synergie dans les écosystèmes rizicoles. Chaque sous-système est complémentaire et, bien que capables de fonctionner de manière autonome, les deux sous-systèmes sont connexes et leurs productions s'additionnent. Ainsi le produit d'un système, comme les excrétions, deviendra l'intrant de l'autre sous-système, comme les aliments pour les poissons. Par conséquent, la synergie dans l'intégration et l'orchestration du sous-système génère un produit supérieur à la somme de leurs effets individuels (EDWARDS *et al.* 1988).

SATARI (1962) indique que l'introduction de poisson dans des rizières favorise la croissance du riz et des branches, augmente le taux de tallage et le nombre de grains par talle et réduit la proportion de grains vides. Les poissons réduisent la croissance des mauvaises herbes d'environ 30% entre le repiquage et les premières périodes de désherbage.

4. La situation en Indonésie

1. Région

L'intégration de la pisciculture et de la riziculture en Indonésie date de 1860 (Ardiwinata 1957, Vincke 1979). Depuis lors, elle a pris une importance économique considérable et la superficie sur laquelle ce système intégré est appliqué s'est progressivement étendue. De 1977 à 1984, cette superficie a connu une extension annuelle de 19% (ICLARM, 1987) et elle couvre à présent quelque 120 000 ha dans 17 des 27 provinces de l'Indonésie. Les principales régions de production sont les îles de Java (69%), Sumatra (15%) et Bali-Nusa Tenggara (14%). Les rendements de poissons/riz sont très variables (304-886 kg/ha), soit une moyenne nationale de 670 kg/ha (Directorate of Fisheries, 1985) qui augmente d'environ 5,5 %/an.

Quoiqu'il en soit, il reste encore d'énormes possibilités de développement des systèmes de rizipisciculture, puisque 8% seulement de la superficie des terres jugées propices à ce système, estimée à 1,6 million d'hectares, sont actuellement exploités. Le potentiel d'augmentation de la production de protéines de poissons par le biais de l'intégration riz-poisson est dès lors énorme.

2. Types de systèmes rizipiscicoles

Les types de systèmes rizipiscicoles ont été récemment passés en revue (Koesoemadinata & Costa-Pierce 1992). C'est pourquoi le présent exposé en donne un aperçu détaillé. Dans tous les systèmes, la carpe ordinaire (*Cyprinus carpio*) est le poisson le plus important et fait l'objet d'un élevage à grande échelle en Indonésie. Elle est suivie de la carpe javanaise (*Puntius javanicus*).

Les trois types de systèmes suivants sont identifiés:
(a) Mina-padi (cultures parallèles);
(b) Penyelang (cultures intermédiaires);
(c) Palawija ikan (assolement).

(a) Mina-padi (cultures parallèles)

Ce système, dans lequel la riziculture et l'élevage de poissons sont bien intégrés, est le plus largement répandu en Indonésie. Il comporte

trois périodes d'élevage de poissons:

- Première période entre la transplantation du riz et le désherbage (21-28 jours);
- Deuxième période entre la première et la deuxième période de désherbage (40-45 jours); et
- Troisième période de 50 jours pendant le deuxième désherbage et jusqu'à la floraison des plants de riz.

(b) Penyelang (cultures intermédiaires)

Les riziculteurs utilisent cette méthode en attendant que les plants de riz croissent dans les couches et soient transplantés en rizières (28-30 jours) ou en attendant des plantules de riz venant d'ailleurs. Ce système intermédiaire permet de pratiquer la pisciculture entre deux récoltes de riz, pendant 1 - 1,5 mois.

Le système a acquis une relative importance parce qu'il permet de pratiquer la pisciculture durant des périodes plus courtes avec une moindre intensité de récolte. Les récoltes multiples, impliquant quatre à cinq récoltes en deux ans, n'encouragent pas le recours à cette méthode, qui devient plus praticable avec des récoltes moins fréquentes. D'après les rapports, cette méthode gagne en importance dans les régions montagneuses de la partie occidentale de Java comme les provinces de Cianjur, Sukabumi, Bandung, Garut et Tasikmalaya. Dans ces régions, la rizipisciculture suit le schéma suivant: penyelang-minapadi-penyelang-minapadi (KOESOEMADINATA & COSTA-PIERCE 1992).

Il semblerait que cette méthode génère des rendements piscicoles inférieurs à ceux des systèmes palawija et minapadi (TASLIM & SYAMSIAH 1987), mais s'accorde beaucoup mieux avec la riziculture, y compris toutes les pratiques agronomiques.

Bien que deux sous-systèmes seulement soient impliqués, les animaux tels que les canards et les caprins peuvent aussi y être intégrés. La figure 1 illustre les avantages de cette intégration.

(c) Palawija (assolement)

La méthode est traditionnellement utilisée afin de fournir du poisson aux familles. Au lieu d'une période de jachère, les digues de la rizière sont surélevées afin de permettre l'élevage de poissons. Plus récemment, la méthode a été étendue afin de produire du poisson ou des alevins pour

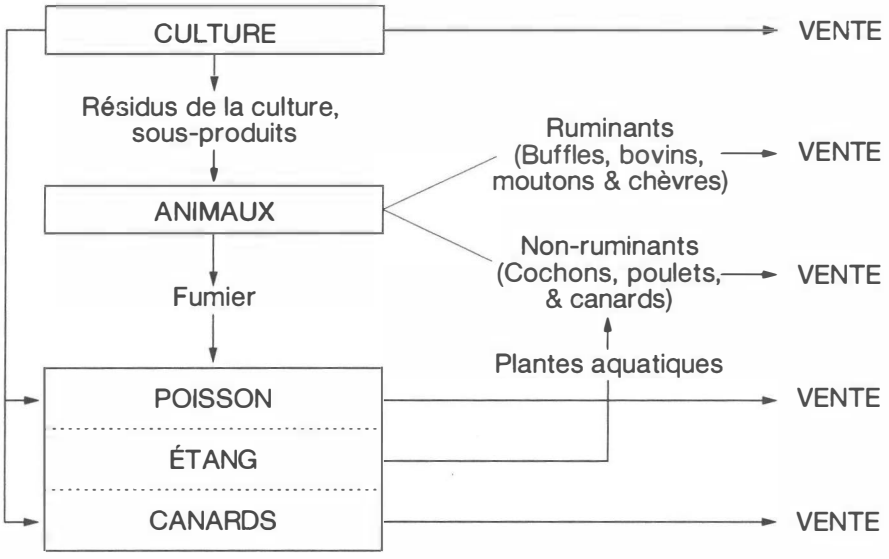


Figure 1. — Relations entre les interactions culture/élevage et la production de poisson (DEVENDRA 1993).

la vente en réponse à la demande du marché, et a même été préférée à la production de soja, de haricots mung, de maïs ou de légumes. Les paysans croient que les risques s'en trouvent ainsi réduits et que la disponibilité de protéines animales augmente.

Dans ce système, des alevins de 5-8 cm sont déversés et élevés pendant 3 à 6 mois. TASLIM & SYAMSIAH (1984) ont rapporté que les rendements de poissons provenant de 75 jours de palawija sont supérieurs à ceux obtenus des systèmes de minapadi pendant 50 jours ou de penyelang pendant 30 jours; ces rendements s'élèvent respectivement à 300, 150 et 100 kg/ha.

(d) Sawak tambak

Outre les trois systèmes décrits ci-avant, le sawak tambak est un autre système utilisé dans les basses terres côtières de l'Est de Java. La méthode est appliquée en raison des inondations annuelles qui surviennent durant toute la saison des pluies et pendant la saison sèche. La pauvreté du sol ne se prêtant guère à la seule culture, des digues ont été érigées pour appliquer cette méthode.

Les systèmes de production suivants sont utilisés (TRIBAWONO, 1980):

- Poisson et riz pendant la saison humide en parallèle (4-6 mois);
- Poisson et riz pendant la saison humide en parallèle (4-6 mois) suivis de riz pendant la saison sèche;
- Poisson dans les tranchées et riz pendant la saison sèche (6-7 mois);
- Élevage continu de poisson dans d'anciennes rizières, avec trois récoltes de poissons (durée de 4 mois chacune).

Les systèmes sont axés essentiellement sur la polyculture, dont le bandeng (*Chanos chanos*) et la carpe javanaise (*Puntius javanicus*) sont les principales espèces, accompagnés du tilapia "javanais" (*Oreochromis mossambicus*) et de la crevette d'eau douce (*Macrobrachium rosenbergii*). Les rendements de poissons des méthodes sawak tambak sont les plus élevés en Indonésie et varient de 2000 à 3500 kg/ha/an (TRIBAWONO 1980).

3. PRODUCTIVITÉ

Le tableau 1 donne un aperçu de la productivité de poissons des différents schémas d'élevage. Les données se fondent sur des études approfondies *in situ* menées dans les provinces de Sukhabumi, Cianjur et Bogor. La production de poissons, à l'exclusion de la production provenant des étangs de rizières, est de l'ordre de 250 à 1000 kg/ha/an. Dans trois des quatre provinces, le système minapadi-penyelang-minapadi a donné le plus haut revenu net.

Une recherche en station a été menée à Sukhamandi. Elle portait sur quatre variétés de riz (Cisadane: 135-140 jours, Ciliwung: 120 jours, IR64: 115 jours et Dokokan: 100 jours), associées ou non avec la pisciculture. Des alevins de carpe commune (12,5 g) ont été déversés dans les rizières 10 jours après la plantation du riz, à raison de 3600 et 3000/ha pendant la saison des pluies et la saison sèche.

Les résultats ont démontré que le poisson croissait plus rapidement et atteignait un poids supérieur durant la saison sèche, comparativement à la saison des pluies. La pisciculture associée à la riziculture n'augmentait pas les rendements céréaliers des quatre variétés de riz pendant les deux saisons. Comparativement à la riziculture seule, la rizi-pisciculture a généré un rendement total supérieur exprimé en rendement de riz équivalent (figure 2). Un accroissement du rendement de riz de 1,3 t métr./ha par rapport à la riziculture seule a également été rapporté par SYMASIAH *et al.*(1992).

Tableau 1

Production de poisson et rendement net par hectare et par an pour les différents schémas de culture pratiqués par les paysans dans certaines provinces choisies d'Indonésie

Situation / Schéma de culture	Production de poisson (kg)	Revenu net (US$)[a]	Taux de rendement (%)
Sukabumi			
Minapadi-penyelang-palawija	255	1.280	183
Minapadi-penyelang-minapadi	400	2.050	202
Minapadi-penyelang-minapadi	250	1.200	219
Cianjur			
Minapadi-penyelang-légumes-penyelang	302	450	
Minapadi-penyelang-minapadi	385	1.550	242
Minapadi-penyelang-minapadi	780	1.560	201
Bogor			
Minapadi-penyelang-minapadi	380	2.130	
Riz-palawija	256	140	110
Ciampea, Bogor [b]			
Rizière-réservoir, exploitation 1	80.000[c]	360	96
Rizière-réservoir, exploitation 2	24.000[c]	970	80
Palawija (6 mois)-riz	1.000	230	93

[a] Les valeurs d'origine en roupies indonésiennes ont été converties en US$ au taux de US$1 = Rp 1,647 en 1987

[b] Concerne poisson d'agrément

[c] En nombre de poissons

(KOESOEMADINATA & COSTA-PIERCE 1992)

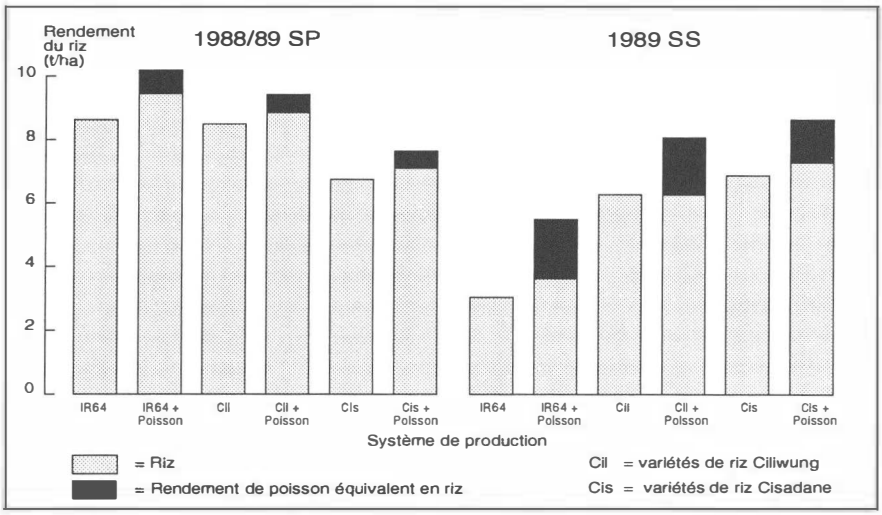


Fig. 2. — Comparaison des rendements du riz en monoculture et en systèmes de cultures parallèles riz-poisson à la ferme expérimentale de Sukamandi, saison des pluies (SP) 1988/89 et saison sèche (SS) 1989 (FAGI *et al.* 1992)

4. Intégration avec des canards

Eu égard au succès constant et aux avantages économiques de l'intégration riz-poisson, des efforts sont actuellement déployés en vue d'inclure un autre sous-système s'adaptant parfaitement à l'écosystème du riz: les canards. Ceci se justifie aussi en Indonésie du fait que les canards sont ordinairement élevés par le paysan pour produire un revenu supplémentaire ainsi que de la nourriture pour le ménage (viandes et œufs).

Le tableau 2 fournit des données préliminaires sur les résultats de cette intégration et, en particulier, sur ses avantages économiques. L'intégration riz-poisson-canards a généré des produits nets de US$ 2060/an contre US$ 950/an pour le riz en monoculture.

De même, la production de poisson, de l'ordre de 185 kg/ha, fut supérieure à celle des systèmes traditionnels.

Tableau 2

Données économiques comparatives entre le système riz-poisson-canard et le riz en monoculture par hectare pour une année d'exploitation à la station d'expérimentation Sukamandi, 1986-1987 (Suriapermana *et al.* 1988)

Système de culture	Production			Coûts de production (US$)	Valeur de production (US$)	Rendement net (US$)
	Riz (kg)	Canard (nb.d'oeufs)	Poisson (kg)			
Riz-riz-jachère	11 268	-	-	812,50	1762,25	949,75
(Riz+poisson-canard)-(riz-canard+poisson)-canard	11 708	27 031	185	1632,56	3692,29	2059,73

Note: Les valeurs d'origine en roupies indonésiennes ont été converties en US$ au taux de US$1 = Rp 1100 en 1985

Dans le prolongement de cette expérience, on examine aussi la possibilité d'intégrer des caprins dans le système. En Malaisie, on a rapporté un taux de croissance de 30-40%, suite à l'introduction de l'élevage de caprins associé à l'élevage de poissons et de canards; le rendement de la carpe herbivore était supérieur à celui de la carpe à grosse tête (Mukherjee 1985).

5. Avantages économiques

Les avantages économiques de l'intégration riz-poisson sont considérables, ainsi que le démontre le tableau 3 basé sur les données économiques comparatives de trois systèmes de rizipisciculture et de riz en monoculture dans l'ouest de Java. Le système (riz+poisson)-poisson-(riz+poisson)-poisson a généré le produit net le plus élevé.

Tableau 3

Données économiques comparatives (US$/ha) de trois systèmes de production intégrée riz-poisson et de riz en monoculture au village de Nangerang, sous-district de Binong, Subang, Java occidentale (1987/88)

(Fagi, Suriapermana & Syamsiah 1992).

Système de production	Coût des intrants	Valeur de production	Rendement net
Riz-riz-jachère	841,13	1850,85	1009,72
Riz-riz-poisson	894,24	2130,17	1235,93
(riz+poisson)-(riz+poisson)-poisson	914,56	2314,19	1399,63
(riz+poisson)-poisson-(riz+poisson)-poisson	1012,19	2442,33	1430,14

Notes: 1. Taille de l'exploitation: 0,32-0,87 ha, variété de riz: IR 64

2. Les valeurs d'origine en roupies indonésiennes ont été converties en US$ au taux de US$ 1 = Rp 1770 en 1988

En outre, Yunus *et al.* (1992) ont rapporté des informations précieuses sur les taux de rendement, tournant respectivement autour de 127% et de 173% pour les systèmes riz-riz-poisson et (riz+poisson)-(riz+poisson)-poisson. Le rendement net des investissements par an dans les schémas riz-riz-jachère, riz-riz-poisson et (riz+poisson)-(riz+poisson)-poisson était en moyenne de 115, 125 et 173% respectivement. Ils ont également indiqué, qu'en moyenne, le revenu du poisson permettait de couvrir 20 à 59% du coût de production total de riz dans les schémas riz-riz-poisson et (riz+poisson)-(riz+poisson)-poisson. Ces données confirment une nouvelle fois l'impact de l'intégration de la pisciculture et de la riziculture sur la productivité. Le poste de frais le plus élevé était représenté par la main-d'œuvre (68%), suivie des engrais et des taxes (24%), des produits chimiques (5%) et des alevins (3%).

5. Entraves à la production

La production intégrée riz-poisson doit surmonter toute une série de contraintes, à savoir:

- Sols pauvres;
- Disponibilité et gestion des ressources hydriques tant pour le riz que pour le poisson;
- Bonne qualité des alevins;
- Parasites et maladies des poissons;
- Insecticides et pesticides toxiques.

Parmi ces contraintes, la disponibilité en temps voulu d'alevins de bonne qualité et la disponibilité de ressources hydriques sont les principaux obstacles à l'expansion de la rizipisciculture. Il n'en reste pas moins que la production intégrée riz-poisson offre des potentialités considérables pour l'avenir et pourrait être développée dans les régions côtières et les terrains envahis par les eaux.

6. Implications pour la recherche et le développement

Il ne fait aucun doute que les systèmes de production intégrée riz-poisson, en particulier avec association éventuelle à l'élevage de canards ou d'autres animaux, représentent une stratégie potentiellement importante pour la gestion et l'exploitation des ressources naturelles. La stratégie correspond aussi aux objectifs de durabilité, de gestion efficace des ressources naturelles et de protection de l'environnement. Il y a lieu d'accorder une plus grande priorité à la recherche et au développement en vue de valoriser de tels systèmes et d'obtenir l'appui des institutions et du gouvernement en faveur des programmes de ce type. Les points suivants méritent une attention particulière:

- Opportunité et analyse rationnelle pour le choix des composants animaux;
- Approches interdisciplinaires incluant des liens participatifs inter-produits entre spécialistes de la production de l'élevage et de la pisciculture;
- Efficacité accrue de l'exploitation des ressources limitées existant dans les petites exploitations agricoles, exigeant l'intégration de composants soigneusement sélectionnés (cultures, animaux et poissons);

- Compréhension du rôle de chaque composant, de leurs interactions et développement d'une méthodologie pour étayer les mesures;
- Une solide perception des systèmes englobant les différents stades (diagnostic, conception, essai, application en milieu réel et vulgarisation) qui devra améliorer les programmes de recherche;
- Efficacité de l'utilisation des nutriments et contribution relative des composants du système;
- Une analyse socio-économique est essentielle pour établir un diagnostic des circonstances et des changements, y compris les aspects de traitement, d'exploitation et de commercialisation;
- L'approche systémique permettra également une évaluation de la durabilité et des effets sur l'environnement, de même que de l'impact économique.

RÉFÉRENCES

ANWARHANS, H. 1993. Research methodology for rubber-based crop-animal systems — *In:* DEVENDRA, C. & SEVILLA, C.C.(eds.), Proc. Int. Workshop on Crop-Animal Interactions, IRRI, Los Banos, Philippines (In press).

ARDIWINATA, P.O. 1957. Fish culture on paddy fields in Indonesia.— Proc. Indo-Pac. Fish Council, **7**: 119-162.

DEVENDRA, C. 1993. Sustainable Animal Production from Small Farm Systems in South East Asia. — FAO Anim. Prod. and Hlth. Paper, **106**: 143 pp.

DIRECTORATE OF FISHERIES. 1985. Prospects for the development of aquaculture in Indonesia. — Directorate General of Fisheries, Jakarta, Indonesia, (In Indonesian).

EDWARDS, P., PULLIN, R.S.V. & GARTNER, J.A. 1988. Research and education for the development of crop-livestock-fish farming systems in the tropics. — ICLARM Studies and Rev., **16**, 53 pp.

FAGI, A.M., SURIAPERMANA, S. & SYAMSIAH, I. 1992. Rice-fish farming research in lowland areas. — *In:* DELA CRUZ C.R., LIGHTFOOT, L., COSTA-PIERCE, B.A., CARANGAL, V.R. & BIMBAO, M.A.P.(eds.), Proc. Rice-fish farming research and development Workshop, ICLARM, Manila, Philippines, pp. 273-286.

ICLARM 1987. — *In:* Rpt. of the 8th Asian Rice Farming Systems Working Group Meeting, IRRI, Los Banos, Philippines, pp. 127-136.

ISMAIL, I., DJAJANEGRA, A. & SUPRIADI, H. 1989. Farming systems research in upland transmigration areas: case in Batumarta. — *In:* SUKAMANA, S., AMIR, P. & MULYADI D. (eds.), Developments in Procedures for Farming Systems Research, AARD, Jakarta, Indonesia, pp. 183-201.

KOESOEMADINATA, S. & COSTA-PIERCE, B.A. 1992. Development of rice-fish farming in Indonesia: past, present and future. — *In:* DELA CRUZ, C.R., LIGHTFOOT, K., COSTA-PIERCE, B.A., CARANGAL, V.R. & BIMBAO, M.A.P. (eds.), Proc. Rice-fish farming research and development Workshop, ICLARM, Manila, Philippines, pp. 45-62.

MANWAN, I. 1989. Farming systems research in Indonesia: its evolution and future outlook. — *In:* SUKAMANA, S., AMIR, P. & MULYADI, D. (eds), Developments in Procedures for Farming Systems Research, AARD, Jakarta, Indonesia, pp. 6-36.

MUKHERJEE, T.K. 1985. Integration of aquaculture and livestock farming: an experiment of study for rural development. — *In:* Proc. II Asian Conf. on Technology for Rural Development, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 377-391.

RAPA/FAO 1992. Statistical profile of livestock development in Asia-Pacific region. — RAPA Publ. 1992/21, FAO Regional Office, Bangkok, Thailand, 30 pp.

SATARI, G. 1962. Wet rice cultivation with fish culture: a study of some agronomical aspects. — Ph. D. Thesis, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia.

SOEWARDI, H. & ATMADILAGA, D. 1982. Livestock development policy in Indonesia. — *In:* FINE, J.C. & LATTIMORE, R.(eds), Livestock in Asia, I.D.R.C. Ottawa, Canada, pp. 125-129.

SYAMSIAH, I., SURIAPERMANA. S. & FAGI, A.M. 1992. Research on rice-fish culture: past experiences and future research program. — *In:* DELA CRUZ,C.R. LIGHTFOOT, K., COSTA-PIERCE, B.A., CARANGAL, V.R. & BIMBAO, M.A.P. (eds). Proc. Rice-fish farming research and development Workshop, ICLARM, Manila, Philippines, pp. 287-294.

TASLIM, H. & SYAMSIAH, I. 1987. Rice-fish farming systems in Binong, Subang, West Java, Indonesia. — *In:* Proc. 8th Meeting of the Asian Rice Farming Systems Working Group, IRRI, Los Banos, Philippines, Mimeograph, 22 pp.

TRIBAWONO, D. 1980. Fish culture in sawak tambak. — *In:* National Workshop to increase efficiency in the development of freshwater fish culture, Cisarua, Bogor, Indonesia Mimeograph, 21 pp.

YUNUS, M., HARDJAMULIA, A., SYMSIAH, I. & SURIAPERMANA, S. 1992. Evaluation of rice-fish production systems in Indonesia. — *In:* DELA CRUZ,C.R. LIGHTFOOT, K., COSTA-PIERCE, B.A., CARANGAL, V.R. & BIMBAO, M.A.P. (eds), Proc. Rice-fish farming research and development Workshop, ICLARM, Manila, Philippines, pp. 131-138.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 371 - 379 (1995)

Original : Anglais

BRÈVE INTRODUCTION AU "CONTRÔLE DE LA BIOSPHÈRE ARTIFICIELLE" DANS LE CHAMP DE RIZ ET À SON NOUVEAU SYSTÈME DE CULTURE

PAR

LIU CHUNG CHU* & LIU XIA SHI**

RÉSUMÉ. — L'objectif de l'agriculture moderne consiste non seulement à obtenir un rendement maximum d'une terre donnée, mais également à réduire les intrants, à protéger l'environnement, à préserver les ressources des sols et à en accroître la fertilité, de façon à augmenter continuellement le rendement de manière durable. Ceci est appelé "Agriculture durable", une nouvelle vision du temps présent. L'étude en profondeur de l'association Riz-*Azolla*-Poisson, nous a montré qu'en ajoutant de l'*Azolla* et du poisson dans un champ de riz, l'écosystème de ce dernier se modifiait et pouvait être contrôlé artificiellement; de cette façon, nous pouvons obtenir un rendement supérieur, principalement au travers d'un recyclage durable au sein de l'écosystème artificiel du champ de riz. Sept années d'expérience menées dans nos champs témoins et dans d'autres champs d'exploitations agricoles sur différents sites montrent que nous pouvons à présent obtenir simultanément 10-12 t/ha de riz et 4-6/t de poisson, et ce, en réduisant d'au moins 50% l'utilisation d'engrais chimiques et d'insecticides. Cette expérience démontre que par la manipulation artificielle de l'écosystème de champs de riz, on peut atteindre un triple but: augmenter les rendements, diminuer les intrants et réduire la pollution de l'environnement.

* Fujian Academy of Agricultural Sciences, 247 Wusi Road, Fuzhou Fujian 350 003 (People's Republic of China).

** Chinese Institute of Helicopter Design.

L'agriculture moderne a pour objectif non seulement d'obtenir un rendement maximum d'une parcelle de terre donnée, mais également de réduire les intrants, de protéger l'environnement, de préserver les ressources pédologiques et d'accroître la fertilité du sol, de façon à augmenter les rendements de manière stable et continue. C'est ce que l'on appelle l'"Agriculture durable", une nouvelle perspective de l'ère moderne.

Des études exhaustives sur les systèmes intégrés "riz-*Azolla*-poisson" ont démontré que l'objectif susdécrit pouvait parfaitement être réalisé en contrôlant, tout d'abord, la biosphère artificielle et en instaurant, ensuite, un nouveau système de culture.

Qu'est-ce que la biosphère artificielle ?

Une biosphère artificielle a été créée dans des champs de riz en modifiant la structure et les fonctions des champs de riz traditionnels. Le fondement de cette biosphère consiste à changer la communauté vivante dans laquelle le riz est l'élément principal en une communauté dans laquelle le riz, l'*Azolla* et le poisson forment l'anneau central pour la production de matières primaires. Elle renforce les fonctions de l'écosystème qui ne pouvaient être contrôlées antérieurement.

Les fonctions d'*Azolla* dans la biosphère artificielle d'un champ de riz sont les suivantes:

- il possède une haute capacité de photosynthèse susceptible d'accroître de manière considérable l'efficacité avec laquelle l'énergie solaire qui atteint le champ de riz est exploitée;
- il peut exploiter pleinement le CO_2 et l'énergie solaire pour son métabolisme;
- il fixe l'azote atmosphérique et utilise les traces de potassium de l'eau d'irrigation qui ne peuvent être exploitées par les plants de riz;
- il peut utiliser les excréments des poissons comme éléments nutritifs dans ses processus métaboliques;
- il émet de l'oxygène dans l'atmosphère et possède une certaine capacité d'améliorer la qualité de l'eau.

Par conséquent, la coordination de la structure de la biocénose et de la croissance d'*Azolla* facilitera la coordination du recyclage du substrat au sein de la biosphère artificielle du champ de riz. En l'occurrence, le substrat et l'énergie requis pour tirer une production

maximum du champ de riz dépendront largement du recyclage dans cette biosphère artificielle et ne nécessiteront plus trop d'intrants extérieurs. Le rêve caressé de longue date d'augmenter la production, de comprimer les intrants et de réduire la pollution deviendra ainsi réalité. C'est notre principale découverte.

Des expériences ont été conduites, qui nous permettront d'optimiser l'exploitation de l'espace et la durée de la culture, et d'augmenter autant que possible la population halieutique dans le système riz-*Azolla*-poisson de manière à promouvoir l'absorption et la transformation d'*Azolla* par les poissons. Simultanément, les excréments de poissons et la fertilité du sol augmenteront afin d'obtenir un rendement rizicole élevé et contribuer ainsi à un recyclage hautement efficace dans les champs de riz. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de coordonner la combinaison des espèces, la quantité d'inoculant et la durée de croissance d'*Azolla* et des poissons tout en maintenant, à un niveau adéquat, la quantité d'aliments requis, dont *Azolla* est le principal composant. En d'autres termes, le modèle stéréotypé "riz-*Azolla*-poisson" serait coordonné artificiellement et quantitativement.

Voici notre analyse des résultats obtenus ces six dernières années:

1. Rendements rizicoles et piscicoles et quantité d'engrais appliquée au système.

Le tableau 1 montre que pour un rendement rizicole pratiquement équivalent à celui d'un système d'exploitation traditionnel, la quantité d'engrais appliquée dans le nouveau système de culture a été largement réduite, puisqu'elle représente généralement 50 % des doses utilisées dans le système d'exploitation traditionnel. En d'autres termes, le nouveau système de culture exploite pleinement le potentiel de recyclage du substrat et de l'énergie dans l'écosystème rizicole. Outre un rendement rizicole équivalent, on obtient également une production halieutique de 3750 kg/ha ou davantage. Ceci correspond à un rendement de 20 t de riz/ha du nouveau système d'exploitation (tableau 3).

Tableau 1

Application d'engrais, rendements rizicole et piscicole dans le nouveau système de culture

année traitement	Biomasse d'*Azolla* (p. sec) (t/ha)	application d'engrais (kg/ha) N	P_2O_5	K_2O	rendement rizicole précoce	tardif	total	rend. pisci-cole (t/ha)
1987 nouveau syst. de culture	30	37,0	42,5	42,5	5,8	4,4	10,2	4,0
engrais chimique	/	207,8	194,3	127,4	6,6	6,4	13,0	
1988 nouveau syst. de culture	30	67,3	69,4	50,9	4,4	4,5	8,9	4,3
engrais chimique	/	274,8	180,4	152,9	4,8	4,8	9,6	
1989 nouveau syst. de culture	30	89,0	75,0	63,7	5,9	6,1	12,0	4,7
engrais chimique	/	254,0	230,3	225,0	6,0	5,3	11,3	
1990 nouveau syst. de culture	30	75,0	75,0	67,5	5,9	5,1	11,0	5,4
engrais chimique	/	225	225	202,5	4,9	5,2	10,1	
1991 nouveau syst. de culture	30	75,0	75,0	40,0	6,7	4,8	11,5	8,2
engrais chimique	/	149,0	251,0	158,0	6,3	4,5	10,8	
1992 nouveau syst. de culture	30	51,0	51,0	40,0	5,8	6,6	12,4	9,8
engrais chimique	/	149,0	251,0	158,0	5,2	4,7	9,9	

Tableau 2

Récolte de riz et de poisson basée sur l'étude d'exploitation intensive de 11 parcelles dans la Province de Fujian, Chine, 1992

site		superficie de la parcelle (ha)	rendement rizicole début de saison	fin de saison	total	rend. piscicole (t/ha)
Faubourg de Shaowu	I	0,045	7,0	5,1	12,1	3,7
Nan Ken Long						
Jingxi Town	II	0,096	6,1	7,5	13,6	3,4
Jianning	I	0,056	2,4			9,2
Village Dixi	II	0,061	2,6			12,0
Village Lixin	III	0,036	7,2	7,5	14,7	4,6
Jiang Kou Town						
Jianyang County	I	0,083	5,8	7,1	12,9	4,0
Village Xianghuxiang	II	0,071	6,2	6,0	12,2	4,6
Village Shangwei	III	0,063	6,3	5,7	12,0	5,5
Faubourg de Fuzhou	I	0,062	6,9	7,3	14,2	12,0
Ferme au "Rice &						
Wheat Institute"	II	0,061	6,1	7,2	13,3	9,9
	III	0,087	6,0	8,4	14,4	7,6
Moyenne			**6,4**	**6,9**	**13,3**	**7,0**

Tableau 3
Comparaison des teneurs protéiques et lipidiques entre le poisson séché et le riz décortiqué

	protéines brutes (%)	lipides (%)	rapport éléments nutritifs poisson/riz	
			protéines	lipides
Riz	7,82	1,83	–	–
Oreochromis niloticus	57,85	27,49	7,40	15,06
Clossoma brachypromum	52,71	23,38	6,73	12,81
Ctenopharyngodon idella	73,61	7,80	9,41	4,27
Clarias fuscus	57,51	22,40	7,35	12,24
Moyenne	**60,42**	**20,27**	**7,70**	**11,11**

2. RECYCLAGE D'AZOTE ET DE POTASSIUM DANS LE NOUVEAU SYSTÈME DE CULTURE DU CHAMP DE RIZ.

Comme nous l'indiquons dans une autre partie de notre recherche, *Azolla* est non seulement un bon engrais azoté biologique mais aussi un bon engrais potassique biologique.

*2.1. Transfert et bilan du N d'*Azolla *dans le poisson, les plants de riz et le sol.*

La figure 1 illustre le schéma du recyclage de l'azote d'*Azolla* dans le riz, le poisson et le sol. Il apparaît clairement que l'azote fixé par *Azolla* a été transféré dans les protéines de poisson à raison de 24 à 30 % environ, a été absorbé par les plants de riz à raison de 17 à 29 % et que les 22,9 à 42,4 % restants sont demeurés dans le sol. Il est donc clair que le taux d'utilisation d'*Azolla* dans ce nouveau système de culture a nettement augmenté par rapport à son utilisation comme simple engrais vert.

Dans le nouveau système de culture, si l'on utilise 30 000 kg d'*Azolla*/ha comme engrais vert de base, 33 750 kg d'*Azolla* frais/ha comme fourrage et 2365 kg d'*Azolla* sec/ha comme aliment composé (*Azolla* sec représente 70 % du poids total des aliments composés), la quantité d'azote fournie s'élève à 300 kg/ha environ.

*2.2. Transfert et équilibre du K d'*Azolla *dans le riz, le poisson et le sol.*

Il ressort clairement du schéma de recyclage du potassium d'*Azolla* illustré à la figure 2 que le taux d'utilisation du potassium d'*Azolla* dans le riz est de 14,1 - 17,6 % seulement et est légèrement plus élevé dans le riz tardif que le riz précoce. Selon ces données, la quantité de potassium

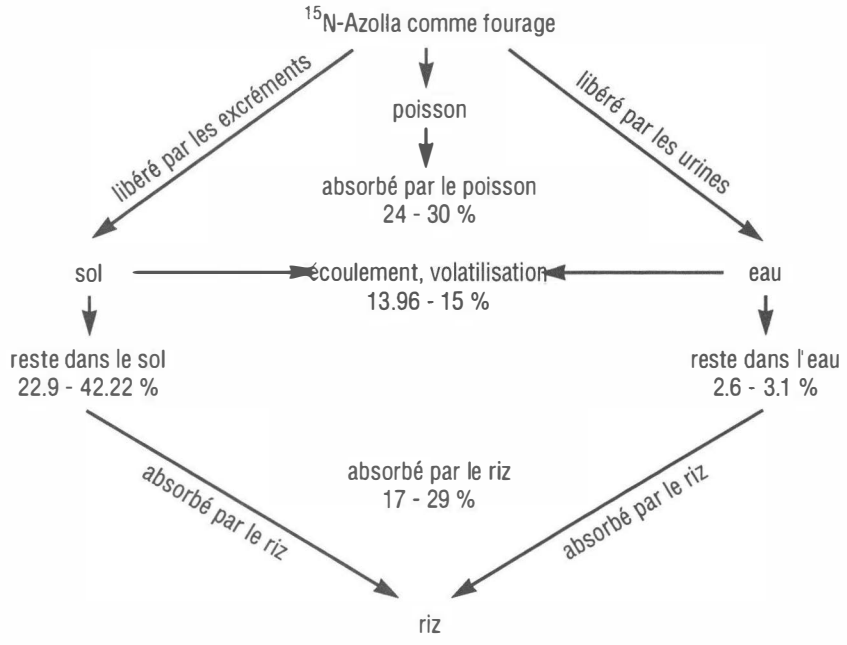


Fig. 1 — Schéma de recyclage d'*Azolla*-15N dans le nouveau système de culture

fournie par *Azolla* au nouveau système de culture s'élève à quelque 200 kg/ha.

Il est permis d'affirmer que l'azote et le potassium fournis par ce nouveau système de culture peuvent être suffisants pour produire 15 t de grains/ha. La raison pour laquelle nous appliquons un peu de N et de K dans la pratique réside dans le fait que les poissons se déplacent généralement le long des fossés ou dans les bassins. Leurs excréments libérés dans les bassins ne peuvent être directement utilisés par les racines du riz. En outre, le potassium fourni par les excréments des poissons arrivent trop tard pour pouvoir être absorbé par les plants de riz au début de leur croissance. Si l'on parvient à améliorer davantage les techniques de gestion de ce nouveau système de culture, on pourrait peut-être arriver à une situation telle que la quantité de N et de K requise pour produire 15 t de grains/ha dépendrait uniquement du recyclage au sein de cette biosphère artificielle. La réalisation de cet objectif signifierait une grande révolution dans la production de riz avec un faible emploi d'intrants. Elle reflète également le potentiel de ce système pour l'accroissement des rendements du riz.

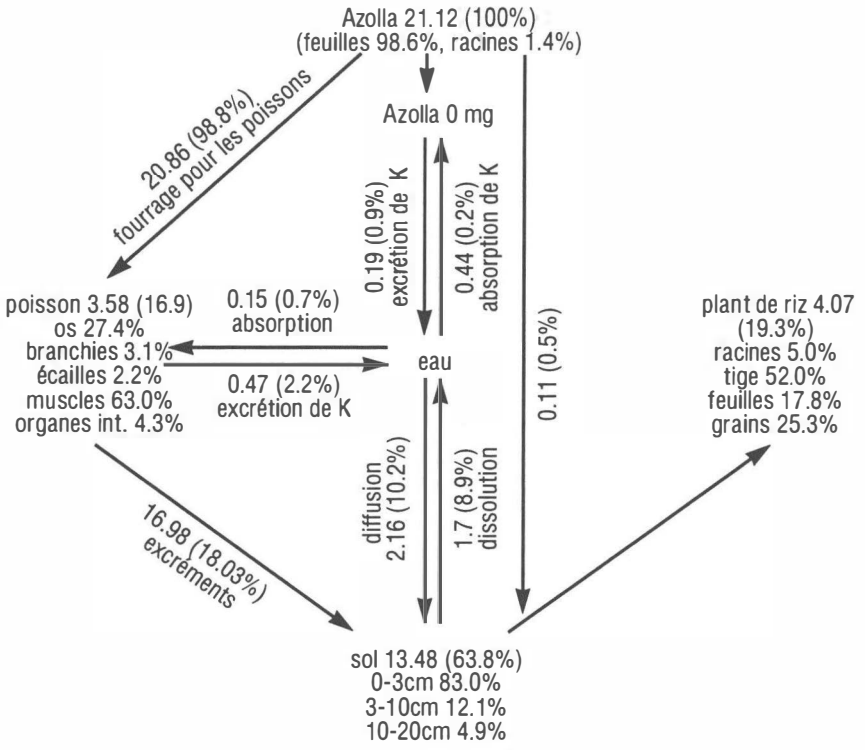


Fig. 2. — Transfert et équilibre d'*Azolla*-K dans le riz, le poisson et le sol

3. Effet du nouveau système de culture sur le sol

Les schémas de transfert de N et de K montrent que, dans ce nouveau système de culture, ces deux éléments, outre qu'ils sont absorbés par le riz et le poisson, demeurent en quantités importantes dans le sol. Il importe dès lors d'étudier également la dynamique du sol N, P et K. La figure 3 illustre les changements dynamiques de N total dans le cadre du nouveau système de culture et dans les parcelles traitées avec des engrais chimiques. Il apparaît à l'évidence que, dans ce nouveau système de culture, la quantité totale d'azote augmente, tant au niveau du sol superficiel que dans les bassins, en particulier dans les bassins de poissons. Ceci est dû aux activités fréquentes des poissons dans la zone du bassin.

4. Effet du nouveau système de culture sur la réduction de la pollution de l'environnement

Il est bien connu que l'application d'engrais chimiques et de pesticides constitue le principal facteur de pollution environnementale dans la production agricole. Au-delà du fait que le nouveau système de culture fait un usage nettement moins intensif d'engrais chimiques et de pesticides, nous avons observé, dans le cadre de nos investigations, une tendance à la baisse des émissions de CH_4 du sol de la rizière. Voilà qui offre des perspectives très prometteuses pour la lutte contre la pollution.

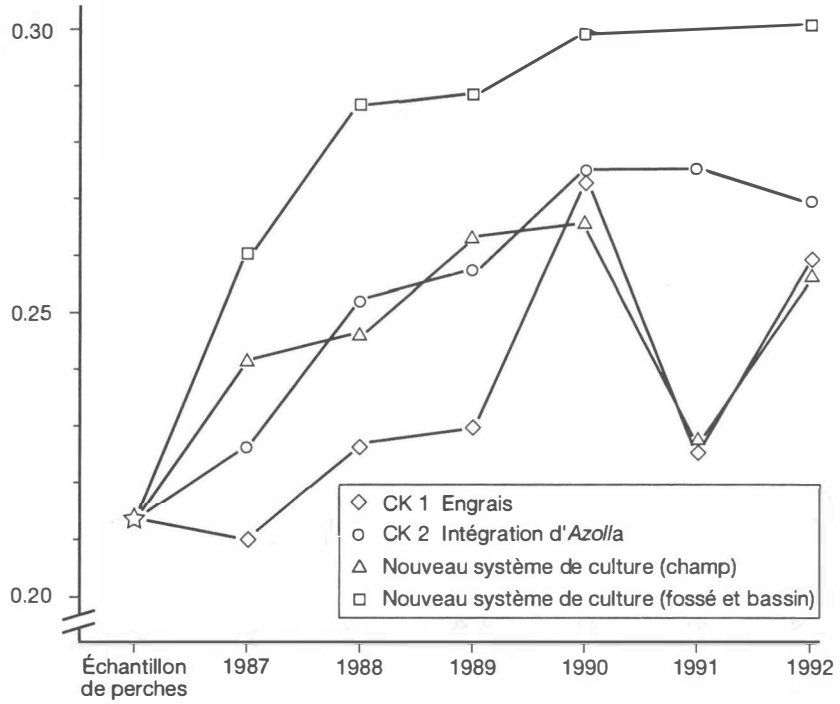


Fig. 3. — Fluctuation de la quantité totale d'azote du sol dans le nouveau système de culture et dans le système d'exploitation traditionnel dans le cadre d'un essai à long terme, 1987-1992, Fujian, Chine.

La technique générale de ce nouveau système de culture consiste à aménager des bassins et fossés qui occupent environ 15 % de la surface totale de la rizière; repiquage du riz suivant la méthode double-étroite-large; sélection des espèces de poissons suivant une combinaison optimale; sélection des variétés d'*Azolla* suivant une combinaison optimale; *Azolla* sec et son administration; technologie pour la gestion du champ.

Tableau 4
Emissions de CH_4 dans différents traitements

Traitement	Parcelle traitée chimiquement	Nouveau système de culture
Émission de CH_4 (mg CH_4/m²/jour)	878.54 ± 244.40	660.21 ± 159.31
Parcelle traitée chimiquement/ nouveau système de culture	133.07%	

Remarque: Moyenne statistique d'échantillons prélevés durant la période de floraison du riz de 14 jours

SÉANCES DU 18 MAI 1994

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 383 - 402 (1995)

Original : Français

LA RIZIPISCICULTURE À MADAGASCAR : SITUATION ACTUELLE, PERSPECTIVES D'AVENIR ET CONTRAINTES

PAR

H. RANDRIAMIARANA*, A. RABELAHATRA** & J. JANSSEN***

RÉSUMÉ. — La rizipisciculture qui existe à Madagascar depuis les années 1900, consiste à élever simultanément du poisson et du riz dans les rizières irriguées afin d'obtenir une production piscicole complémentaire à celle du riz. Etant donné que le riz est la nourriture de base de la population malgache, la culture du riz reste l'activité principale. Le potentiel de la production rizipiscicole à Madagascar est estimé à, au moins, 30 000 tonnes par an. Cette estimation est basée sur une surface de 150 000 hectares de rizières irriguées propices à la rizipisciculture et un rendement de 200 kg/ha/cycle. La principale contrainte qui a empêché depuis 1900 le développement de la rizipisciculture était l'absence de techniques d'élevage rizipiscicole adéquates. Ce n'est que dans les années 70, avec l'appui d'une assistance internationale, que cette contrainte majeure a été résolue. Néanmoins, le développement de la rizipisciculture n'a démarré qu'en 1985 avec le début du premier d'une série de trois projets successifs. Depuis, l'essor de la rizipisciculture ne cesse d'augmenter, en particulier sur les Hautes-Terres, zone d'intervention de ces projets. Dans cette région, il y a actuellement environ 13 500 hectares de rizières irriguées empoissonnées appartenant à un peu moins de 80 000 paysans et totalisant une production annuelle d'environ 1100 tonnes de poissons de consommation dont une grande partie est autoconsommée. Il n'existe pas encore de données statistiques

* Direction des Ressources halieutiques, B.P. 1699, Antananarivo 101 (Madagascar).
** Direction des Ressources halieutiques, B.P. 1699, Antananarivo 101 (Madagascar).
*** Projet PNUD-FAO, MAG-88-005, B.P. 76, Antsirabe 110 (Madagascar).

sur le développement de la rizipisciculture dans les autres régions de Madagascar. Environ deux tiers de ces paysans pratiquent la rizipisciculture de façon "traditionnelle", c'est-à-dire sans aménagements ni empoissonnement autre que naturel; un tiers la pratique de façon "familiale", c'est-à-dire, qu'ils commencent à appliquer les techniques d'élevage vulgarisées. Le rendement du secteur "traditionnel" est estimé à environ 50 kg/ha/4-6 mois et celui du secteur "familial" à 100 à 150 kg/ha/4-6 mois, malgré le niveau d'application des techniques encore assez faibles de ce dernier. L'espèce la plus utilisée est la carpe commune var. royale *(Cyprinus carpio).* Les tilapias *(Tilapia zillii, T. rendalli* et *Oreochromis niloticus)* ainsi que le carassin doré ou "trondo gasy" *(Carassius auratus)* sont également utilisés en polyculture avec la carpe commune. Les techniques d'élevage vulgarisées sont simples et ne requièrent aucun investissement majeur et sont à la portée de tous les paysans ayant des rizières irriguées avec une maîtrise de l'eau. Les plus importants aménagements à effectuer sont le rehaussement des diguettes, la construction d'un étang-refuge et de grillages à l'entrée et la sortie d'eau; la densité à la mise en charge préconisée est de 2500 alevins par hectare. Etant donné qu'il n'y a qu'un cycle de culture de riz par an, il y a un cycle d'élevage de poissons qui s'étale sur quatre à six mois. Pour l'instant, l'espèce vulgarisée est la carpe commune qui est la mieux adaptée aux conditions qui prévalent sur les Hautes-Terres à Madagascar. En fonction de l'altitude, qui varie de 800 à 2000 m dans cette région, la saison de croissance de la carpe commune s'étale sur 6 à 10 mois (température journalière moyenne entre 18 et 24°C). Avec une bonne fertilisation obtenue par une compostière bien entretenue, et sans alimentation de complément, des rendements de 200 à 250 kg/ha/4-6 mois ont été obtenus avec des essais en milieu rural. Une augmentation de la densité à 5000 alevins par hectare n'a eu aucun effet sur le rendement dans des conditions d'élevage identiques. Des essais avec une alimentation complémentaire n'ont pas donné des résultats fiables et interprétables. Depuis la vulgarisation des techniques rizipiscicoles en 1985, il y a un vrai engouement pour cette activité, mais son développement est limité par l'insuffisance d'alevins et la méconnaissance des techniques d'élevage. Une nouvelle stratégie de développement a été mise au point et testée par un projet pilote avec l'appui d'une assistance technique internationale. Cette stratégie comporte deux phases. D'une part, une phase verticale caracterisée par la mise en place d'un secteur privé autonome de production d'alevins et encadré par l'administration (phase administration-paysans) et, d'autre part, une phase horizontale caractérisée par la vulgarisation rizipiscicole effectuée par ce secteur privé dans le but d'augmenter la demande d'alevins et par conséquent, la vente d'alevins par producteur d'alevins. Si la première phase vise la privatisation de la production d'alevins, la seconde quant à elle vise la privatisation de la vulgarisation rizipiscicole. Si, à présent, cette stratégie dont les premiers résultats sont prometteurs, semble résoudre les deux plus importantes contraintes au développement de la rizipisciculture, il faudrait encore la confirmer, en particulier la deuxième phase de la privatisation de la vulgarisation avant de pouvoir l'appliquer dans toutes les régions propices à la rizipisciculture. Ceci dépendra de la volonté politique des dirigeants et du budget qu'ils alloueront à cette activité et de celle des bailleurs de fonds, afin de faire converger leurs efforts pour assister le Gouvernement au développement de ce secteur prometteur dont l'impact social au niveau du monde rural malgache est très important.

1. Introduction

La rizipisciculture à Madagascar consiste à élever simultanément des poissons et du riz dans les rizières irriguées, afin d'obtenir une production piscicole complémentaire à celle du riz, qui, étant la nourriture de base du Malgache, reste l'activité principale.

Il faudra cependant mentionner que les crevettes d'eau douce peuvent également être élevées en rizière, ce qui remet en cause l'appellation donnée à cette exploitation.

Le présent article traite de la situation à Madagascar de ce type d'élevage tel qu'il y est pratiqué.

Dans un premier chapitre, elle retrace l'historique de la rizipisciculture avec les objectifs, les différentes phases de développement et les recherches effectuées.

La situation actuelle de la rizipisciculture à Madagascar sera développée dans un second chapitre. Elle mettra l'accent sur les méthodes de production de poissons en rizières, les techniques de la rizipisciculture, la rentabilité de l'exploitation et sur la nouvelle méthode d'approche de développement de ce secteur qui a été testée au cours de ces six dernières années.

En tenant compte du rôle de la rizipisciculture, de ses contraintes, de ses inconvénients et de ses avantages, les deux derniers chapitres envisagent l'avenir de la rizipisciculture à Madagascar et décrivent la politique de développement de cette exploitation.

2. Historique du développement: ses différentes phases

La rizipisciculture existe à Madagascar depuis les années 1900 (KIENER 1962, VINCKE 1975). Des riziculteurs des Hautes-terres emprisonnaient et élevaient dans des casiers rizicoles les poissons amenés naturellement par les eaux ou qui s'y sont introduits lors des inondations.

Il s'agissait en fait d'une rizipisciculture traditionnelle extensive qui le resta jusqu'en 1952, année à partir de laquelle un programme de mise en valeur des eaux continentales de Madagascar, inclut le développement et le perfectionnement de la pisciculture en rizière déjà existante. Des expérimentations furent réalisées dans les rizières aménagées dans les stations piscicoles ou appartenant à des particuliers.

La rizipisciculture ne s'est pratiquement pas développée pour autant. Il manquait toujours les données indispensables et homogènes à partir

desquelles on pouvait mettre au point les techniques d'élevage à vulgariser. Les alevins d'espèces intéressantes pour l'ensemencement des rizières faisaient défaut. Le personnel d'encadrement technique était insuffisant.

Face à cette situation, à partir de 1972, le Centre technique forestier tropical et le Département des Recherches forestières et piscicoles qui a pris sa relève axaient leurs recherches sur les techniques de production massive des alevins et celles d'élevage, en particulier:

- la biologie des espèces de poissons économiquement intéressantes (carpe, tilapia, etc.);
- sélection et conservation des souches;
- les influences respectives des densités d'empoissonnement, des engrais, des aménagements piscicoles (trous-refuges, drains, surélévation des diguettes) et du nourrissage sur les poissons d'élevage;
- les variétés de riz.

Les premiers résultats obtenus ont permis cette fois-ci de mettre en oeuvre et de vulgariser un programme de développement de la rizipisciculture. En 1979, un plan de développement et d'encadrement des pêches et de l'aquaculture prévoyait notamment la promotion de la rizipisciculture. Cette politique se justifiait par l'existence en abondance de rizières irriguées. En effet, Madagascar dispose de 800 000 à 900 000 ha de rizières irriguées dont une partie non négligeable estimée à environ 150 000 ha sont propices à la rizipisciculture; ce qui, sur la base d'un rendement de 200 kg/ha/4 à 6 mois, correspond à un potentiel de production de 30 000 tonnes de poissons de consommation par an. La rizipisciculture participe ainsi à l'objectif d'autosuffisance alimentaire prôné par le gouvernement malgache, surtout dans le milieu rural qui risque davantage la malnutrition du fait de la démographie galopante (taux de natalité de 3% par an) et des difficultés de ravitaillement.

Dans la réalisation de ce programme, les autorités malgaches tout en débloquant des fonds propres importants, ont fait appel à l'assistance technique et financière de bailleurs de fonds étrangers. Aussi, de 1980 à ce jour, quatre projets de développement de l'aquaculture, y compris la rizipisciculture se sont succédés avec l'appui de différents organismes extérieurs comme PNUD/FAO, FED.

Parallèlement aux travaux de recherches effectués dans les stations piscicoles, ces projets de développement contribuent à des recherches appliquées et à des recherches de développement qui avaient pour avantages de répondre aux besoins immédiats des rizipisciculteurs et les

résultats sont consignés dans différents documents techniques . Ces projets font de la vulgarisation comprenant la sensibilisation, l'information, la formation, l'encadrement et le soutien ainsi que le suivi-évaluation de l'élevage de poissons en rizières.

Le chapitre suivant donnera en détail les études réalisées dans le cadre de cette nouvelle méthode d'approche de développement de la rizipisciculture à Madagascar qui a donné les résultats attendus et qui devient le thème central de la politique de développement de la rizipisciculture à Madagascar.

Ces dernières années, la rizipisciculture connaît à Madagascar un véritable essor grâce au bon fonctionnement d'une nouvelle politique de développement mise en place.

3. Situation actuelle

Ce chapitre traite de l'état de développement actuel de la rizipisciculture dans les régions d'Antsirabe, d'Ambositra et de Fianarantsoa. C'est en effet dans cette partie des Hautes-terres malgaches que ce type d'exploitation a pris de l'importance actuellement et ce grâce au projet PNUD/FAO-MAG/88/005 "Promotion de l'aquaculture et privatisation de la production d'alevins".

3.1. Especes d'élevage

L'espèce d'élevage utilisée est essentiellement la carpe commune var. royale (*Cyprinus carpio*) en raison de sa croissance rapide, de sa prolificité et de sa facile adaptation au biotope rizière. En outre, la carpe est très appréciée par les consommateurs. En fonction de l'altitude qui varie de 800 à 2000 m dans les régions considérées, la saison de la croissance s'étale sur 6 à 10 mois avec une température journalière moyenne comprise entre 18 et 24°C. Le tableau 1 donne à titre indicatif une idée sur les températures de l'eau et de l'air sur les Hautes-terres.

On remarquera une augmentation de la température de l'eau et de l'air à partir d'octobre, puis une régression progressive à partir du mois de mars avec une période fraîche de juin à août.

Le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) peut être aussi élevé en rizière à des altitudes inférieures à 1200 m, étant plus sensible au froid mais son élevage est surtout recommandé en polyculture avec la carpe et le carassin doré (*Carassius auratus*).

Tableau 1

Valeurs moyennes mensuelles de la température de l'eau et de l'air (en °C), station piscicole d'Ampamaherana-Fianarantsoa (1350m d'altitude), campagne 1991-1992.

		Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Air	Minimum	11,8	14,4	15,3	15,1	17,1	16,2	16,8	15,1	13,8	12,1	10,7	11,2
	Maximum	21,3	20,4	22,1	19,9	19,4	21,1	21,7	20,0	17,6	16,0	14,2	14,8
	Moyenne	**16,6**	**17,4**	**18,7**	**18,3**	**18,3**	**18,7**	**19,3**	**17,6**	**15,7**	**13,6**	**12,5**	**13,0**
Eau	Minimum	18,3	21,7	21,4	21,5	21,5	19,6	21,5	21,2	17,5	13,4	13,4	14,8
	Maximum	23,7	25,1	28,1	23,9	23,9	24,6	25,1	23,9	23,5	16,5	15,9	18,0
	Moyenne	**21,0**	**23,4**	**24,8**	**21,1**	**22,7**	**22,1**	**23,3**	**22,6**	**20,4**	**15,0**	**14,7**	**16,4**

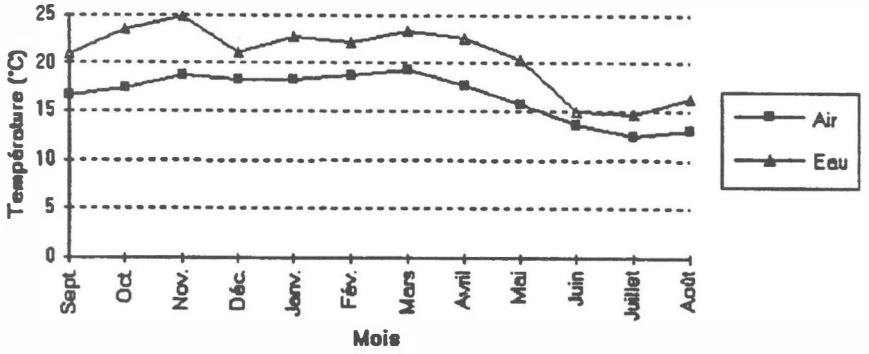


Fig.1. — Valeurs moyennes mensuelles de la température de l'eau et de l'air, station piscicole d'Ampamaherana, campagne 1991-1992

3.2.MÉTHODES DE PRODUCTION DE POISSONS EN RIZIÈRES IRRIGUÉES

La rizière se présente comme un milieu favorable à la croissance des poissons malgré la faible profondeur de l'eau. La chaîne alimentaire qu'elle contient est perdue pour la consommation si elle n'est pas valorisée.

3.2.1. Adaptation de la rizipisciculture en fonction du riz irrigué

Le riz est la nourriture de base du Malgache. Des modifications sont donc nécessaires pour adapter l'élevage des poissons aux conditions des rizières et aux exigences culturales du riz. L'empoissonnement a lieu 8-15 jours après le repiquage, 1 mois après le semis direct ou même avant le repiquage si la rizière est munie d'étang-refuge.

En riziculture, la hauteur de l'eau de 3-5 cm au départ est progressivement augmentée avec la croissance du riz pour atteindre 20

cm jusqu'à la phase reproductive (90e-100e jour). Pour certains poissons, cette hauteur d'eau peut présenter des inconvénients. Idéalement, la hauteur de l'eau en rizipisciculture devrait être deux ou trois fois plus haute que celle en riziculture seule.

Des assecs sont nécessaires lors des applications des pesticides, d'herbicides ou d'engrais. Ces opérations sont incompatibles avec l'élevage de poissons si la rizière ne comporte pas d'aménagements piscicoles. Le sarclage mécanique, surtout s'il est effectué dans une mince couche d'eau, peut présenter un certain danger pour les poissons car cela rend les eaux fort boueuses (VINCKE 1975), mais si la rizière est aménagée, il y a moins de risques.

On draine la rizière une ou deux semaines avant la moisson afin de faciliter le travail des machines ou des ouvriers sur la plate-forme et dans l'objectif de rendre plus homogène la maturation du paddy. Il faudra donc prévoir la récolte des poissons si aucun aménagement (étang-refuge ou drains) n'a été effectué au préalable ou si un bassin n'est pas disponible à proximité des rizières.

3.2.2. Aménagement des rizières pour la pisciculture

3.2.2.1. Maîtrise de l'eau. – On ne doit empoissonner les rizières que s'il y a une parfaite maîtrise de l'eau aux risques soit d'inondation avec fuite des poissons d'élevage, soit d'assèchement prématuré des rizières et asphyxie des poissons.

Chaque rizière est munie d'un dispositif d'alimentation et de contrôle d'eau ainsi que d'un système de vidange fonctionnant en même temps comme trop-plein.

Il faut absolument installer des grillages à l'entrée et à la sortie d'eau de la rizière. Ces grillages empêchent l'entrée des poissons sauvages non désirés dans la rizière et la fuite des poissons élevés.

3.2.2.2. Surélévation des diguettes. – Toutes les diguettes doivent être consolidées et avoir au moins 50 cm de hauteur et 50 cm de largeur, afin d'éviter les débordements, leur rupture et d'empêcher les poissons sauvages d'entrer.

3.2.2.3. Étangs-refuges. – Pour abriter les poissons contre les prédateurs, pour leur permettre de se mettre en eau plus fraîche et plus profonde, pour leur fournir un refuge pendant les heures chaudes de la journée et

les travaux culturaux, et pour faciliter la récolte des poissons, des aménagements comme les grands drains le long d'une diguette et les étangs-refuges dans la rizière augmentent les taux de survie et garantissent une bonne production. Pour être efficaces, ces étangs-refuges doivent avoir 1 à 2 m de largeur et 0,60 à 0,80 m de profondeur. En général, la superficie de ces étangs-refuges correspond à 5%-10% de la surface de la rizière.

3.3. Techniques de la rizipisciculture

3.3.1. Empoissonnement

Suivant la distance à parcourir pour le transport des alevins, il est possible de placer 100 à 200 alevins dans chaque récipient contenant 10 litres d'eau.

L'empoissonnement doit avoir lieu tôt le matin pour éviter les fortes chaleurs de la journée que les alevins ne supportent pas. C'est dans les étangs-refuges qu'on déverse les alevins avec précaution, après avoir égalisé progressivement les températures de l'eau dans le récipient de transport avec celles de la rizière.

Dans une rizière aménagée et fertilisée suivant les normes, la densité d'empoissonnement est de 25 alevins à l'are (rizipisciculture extensive). On peut augmenter cette densité jusqu'à 50 alevins à l'are si on nourrit les poissons quotidiennement (rizipisciculture semi-intensive). En polyculture, les normes d'empoissonnement doivent toujours être respectées.

3.3.2. Sarclages

Ils permettent de lutter contre les plantes adventices qui concurrencent le riz du point de vue éléments nutritifs. Les travaux de sarclages rendent les eaux boueuses mais ne présentent pas de danger pour les poissons qui, devant les mouvements sur la plate-forme, fuient pour se réfugier dans les étangs-refuges.

Des essais menés ont montré qu'avec les *Tilapia rendalli* et *Tilapia zillii* herbivores qui ont complètement nettoyé les rizières, il n'était pas besoin de sarcler. Avec la carpe, le sarclage est réduit à moitié par rapport à la riziculture classique.

3.3.3. Fertilisation

Une bonne fertilisation du sol et de l'eau de la rizière assure un bon rendement en riz comme en poissons.

Pour fertiliser le sol des rizières avec maîtrise d'eau, le Service de l'Agriculture recommande en moyenne 10 tonnes de fumier par ha. En supplément, il faut prévoir une fumure minérale de 300 kg de NPK 11.22.16 avant le hersage et 60 à 65 kg/ha d'urée 40 jours après le repiquage.

Pour la fertilisation de l'eau, on utilise les compostières moins coûteuses (4-5 m²/5 ares de rizières). La fumure organique peut également être ingurgitée directement par les poissons.

Certains engrais sont toxiques pour les poissons: ammoniaque liquide, chloride d'ammoniaque et bicarbonate d'ammoniaque.

3.3.4. Traitement par les produits phytosanitaires

Si des insectes infestent la rizière, l'emploi de pesticides devient nécessaire pour assurer le production de riz. A Madagascar, le seul pesticide ayant fait l'objet d'une étude d'impact sur les poissons d'élevage en rizière a été le Lindane en granulé à 6%. Il sert à lutter contre le borer blanc du riz (*Maliarpha separatella*) avec une dose de 0,5 kg/are et appliqué 45 jours après le repiquage. Le Lindane n'a causé pratiquement aucun dégât aux poissons quand il a été épandu sur la plateforme repiquée lors d'une mise à sec. Selon l'IRRI (1964) cité par VINCKE (1975), la carpe commune est moins sensible au Lindane que les différentes espèces de tilapia. Contre le pou du riz dont le traitement doit intervenir dès son apparition, on utilise actuellement à Madagascar, le Sumithion 5% ou l'Electron 5% qui est appliqué lors d'un assec en 2-3 doses à raison de 15 kg/ha/traitement. Un troisième insecticide, le Decis 25 EC est à l'essai, en remplacement du DDT et du HCH. Contre le ver blanc (*Heteronychus* sp.), c'est le Lindane fort Dusban qui est employé. En cas d'attaques simultanées par le pou de riz et le borer, on emploie le Kasuthion 2% en quatre applications de 35 kg/ha.

Les effets de ces insecticides sur les poissons et les autres organismes présents dans l'eau devraient être étudiés d'urgence.

Après l'application des produits phytosanitaires, il faut absolument rincer abondamment la rizière afin de diminuer les risques de mortalité des poissons.

3.3.5. Alimentation

En complément de la nourriture naturelle, le rizipisciculteur doit alimenter régulièrement les poissons surtout quand la densité est supérieure à 25 alevins/are. Il augmente ainsi considérablement ses

rendements dans ce cas jusqu'au double même. Les poissons peuvent être nourris soit aux déchets, soit aux produits ou sous-produits de culture, d'un prix abordable et d'une certaine valeur alimentaire tels que déchets d'abattoir, drèches de brasserie, déchets ménagers, son de riz, manioc frais ou cossettes, maïs, pois du Cap, patate. Ils peuvent également être alimentés de termites, sauterelles, vers de terre, etc. On peut aussi préparer une provende avec différents ingrédients qu'on distribue régulièrement aux poissons. Différents mélanges peuvent être composés avec du son de riz, du tourteau d'arachide ou de coton, de la poudre d'os, du sang séché, etc. A défaut de son de riz, on peut utiliser la farine de maïs qui a sensiblement la même valeur alimentaire. Les provendes peuvent aussi être distribuées sous forme de boulettes humidifiées et pressées à la main.

On estime généralement que la ration journalière doit être environ l'équivalent du 10% de la biomasse du poisson se trouvant en rizière. La ration est réajustée régulièrement en tenant compte de la croissance des poissons; en principe, le réajustement a lieu toutes les quinzaines et arrive jusqu'à 3 - 4% à la fin du cycle. Les poissons s'habituent très vite au nourrissage, spécialement la carpe. Il suffit de déposer la nourriture aux mêmes endroits. Au cas où il n'est pas possible de nourrir artificiellement les poissons, il est conseillé de favoriser l'apport de nourriture naturelle par la fumure organique.

3.3.6. Récolte du riz et du poisson

En général, on draine la rizière une ou deux semaines avant la moisson. Cette opération a pour but de rendre la maturation du paddy plus homogène; la plate-forme asséchée facilite également les travaux de récolte. Quand les poissons se trouvent dans les étangs-refuges, on procède tout de suite à la pêche, sans précaution particulière s'ils sont destinés à la vente ou à la consommation familiale.

3.3.7. Élevage en contre-saison

Au cas où l'on désire continuer l'élevage dans la même rizière, il est indispensable d'avoir à proximité un bassin de stockage de superficie adéquate pour y déverser les poissons provenant de la rizière. Avant le réempoissonnement qui ne doit pas cette fois dépasser la densité de 2 à 3 kg à l'are, la rizière doit être refertilisée et les aménagements remis en état. Pour pouvoir bénéficier d'un gain de croissance appréciable, il est bon de remettre en tas le fumier en divers endroits à raison de 15 à 20

kg/are. En procédant ainsi, on provoque le développement de la nourriture naturelle, du plancton surtout. Ce développement peut être accélére par la décomposition des pailles de riz laissées dans la rizière après la récolte. Il est également souhaitable de maintenir l'eau à un niveau assez élevé (30-40 cm), les poissons ayant déjà atteint une certaine taille. L'élevage complémentaire s'arrête généralement un mois avant les travaux de labour de la rizière pour permettre l'assec de cette dernière en vue de la prochaine saison de culture de riz.

3.3.8. Rendement en riz et en poissons

Le tableau 2 montre le rendement en riz et en poissons selon les différents traitements des rizières et la densité d'empoissonnement pratiquée.

Tableau 2

Rendement en riz et en poissons selon le type de traitement de la rizière

	Rendement / ha / cycle		
Traitements de rizière	Riz (kg/ha/cycle)	Poisson (kg /4 mois) 25/are	50/are
Rizière sans apport quelconque	1000 - 2000	100 à 200	200
Rizière fertilisée	3500 - 4500	—	—
Rizière fertilisée et aménagée	4000 - 5000	300	600

3.3.9. Bilan financier d'une rizière empoissonnée

Évaluation économique d'une rizipisciculture extensive en 1991, unité de 10 ares, valeurs exprimées en Fmg (1 franc français = 350 Fmg)

Charges:	- alevins	: 30 x 250 al. =	7 500
	- semences	: 400 x 5 kg =	2 000
	- fumier	: 20 x 100 kg =	2 000
	- NPK	: 480 x 30 kg =	14 400
	- urée	: 600 x 6 kg =	3 600
	- insecticides	:	1 000
	- autres	:	1 500
	total des charges		**32 000**

Récolte poissons à la fin du cycle rizicole (4 mois)

Revenus:	- paddy	: 200 x 450 kg =	90 000
	- poisson	: 2000 x 30 kg =	60 000
	total des revenus		**150 000**
	revenus moins charges		**118 000**

En comptant 23 journées de travail, on peut valoriser une journée de travail de rizipisciculture extensive à 5130 Fmg.

Récolte poissons à la fin du cycle contre-saison (6 mois)

Revenus:	- paddy	: 200 x 450 kg =	90 000
	- poisson	: 2000 x 45 kg =	90 000
	total des revenus		**= 180 000**
	revenus moins charges		**148 000**

En comptant 25 journées de travail, on peut valoriser une journée de travail de rizipisciculture extensive avec élevage de contre-saison à 5920 Fmg. Le rizipisciculteur peut obtenir une rentabilité par unité de surface de 11800 Fmg par are de rizière aménagée, fertilisée et empoissonnée suivant les normes contre 6550 Fmg par are de riziculture améliorée (sans poissons).

3.4. Quelques données sur la rizipisciculture à Madagascar

Afin de mieux appréhender la situation de la rizipisciculture à Madagascar, le tableau 3 détaille son évolution statistique de 1987 à 1992.

La différence nette entre le nombre de pratiquants de la rizipisciculture durant ces campagnes vient du fait que de 1987 à 1990 le recensement a été réalisé par les agents de terrain qui ne comptaient que les rizipisciculteurs qu'ils encadrent. C'est seulement pendant la campagne 1991/1992 qu'une enquête par sondage sur l'impact quantitatif de la rizipisciculture a été effectuée par le projet et a permis d'avoir ces résultats. Une autre enquête est lancée pour l'année 1993/1994 afin de pouvoir confirmer les chiffres obtenus précédemment.

Tableau 3
Recencement sur la rizipisciculture de 1987 à 1992

	Nombre Rizipisciculteurs	Nombre Rizières	Surface moyenne(are)	Surface totale Rizière (ha)	Rendement kg/ha/cycle	Production (t)
86/87	890	1 290	10,3	133		
87/88	2 767	3 975	9,3	371	187	
88/89	4 981	6 994	8,2	572	±150	86
89/90	8 361	10 227	9,0	920	175	161
90/91	13 763	21 708	6,1	1 317	194	255
91/92	76 302	211 808	6,3	13 381	81	1085

Dans la région du Vakinankaratra où le Projet a travaillé depuis 1985, 32 % des exploitants agricoles pratiquent la rizipisciculture sur une surface de 16 % des rizières irriguées. Tandis qu'à Fianarantsoa, les rizipisciculteurs représentent 24% des agriculteurs sur 20% des rizières irriguées alors que le projet n'y a intervenu qu'à partir de 1989 mais ayant déjà les expériences acquises dans la zone Nord. Ces résultats confirment l'engouement de la population rurale pour la rizipisciculture.

Il est cependant à noter que si le nombre de rizipisciculteurs et la superficie de rizière empoissonnée sont impressionnants, la qualité technique a beaucoup de manque à gagner car le rendement varie de 0 à 300 kg/ha/cycle alors que la moyenne est de 81 kg/ha/cycle. Néanmoins, une production annuelle d'au moins 1000 tonnes n'est pas négligeable surtout pour une activité considérée comme marginale.

Généralement, on ne retrouve que la moitié de la production sur le marché car l'autre moitié a été autoconsommée, distribuée comme cadeau aux parents/voisins ou a servi de monnaie d'échange pour les travaux culturaux.

La rizipisciculture représente la plus grande part du marché de la demande en alevins avec 72% du nombre d'acheteurs pour 86% des alevins achetés lors des cessions.

3.5. Nouvelle stratégie de développement de la rizipisciculture

Les principales contraintes au développement de l'élevage de poissons en rizière sont doubles: la méconnaissance des techniques d'élevage appropriées et le manque d'alevins. Et même si l'Etat pouvait produire et distribuer des alevins au prix coûtant, il est certain que sa capacité de production et de distribution restera toujours limitée par rapport à la demande.

Pour faire face de façon pérenne à ces contraintes, une nouvelle stratégie a été mise au point et testée:

Une première phase verticale est caractérisée par la mise en place d'un secteur privé autonome de production d'alevins et encadré par l'administration (phase administration-paysans). Elle se fait par le biais d'un réseau de vulgarisateurs piscicoles et vise la privatisation de la production d'alevins.

Une deuxième phase horizontale est centrée sur la vulgarisation rizipiscicole effectuée par ce secteur privé. Ce dernier n'assure donc pas uniquement la production d'alevins mais également dans l'intérêt de

commercialiser leur production, la sensibilisation et la vulgarisation des techniques appropriées auprès des paysans rizipisciculteurs (phase paysans - paysans). Cette phase vise la privatisation de la vulgarisation piscicole. Il faudra encore tester et confirmer, en particulier cette deuxième phase qui est la plus importante et la plus délicate.

Les résultats de cette nouvelle approche qui a été appliquée depuis 1985 sont prometteurs et encourageants: les producteurs privés d'alevins sont actuellement (campagne 1993/1994) au nombre de 79 avec une production d'environ 2 300 000 alevins. Pour la campagne 1992/1993, le secteur privé a cédé 1 059 412 alevins pour les paysans rizipisciculteurs tandis que les stations piscicoles étatiques n'ont cédé que 362 378 alevins. Ces données démontrent la prise en main de plus en plus importante de la cession d'alevins par le privé et le désengagement progressif de l'administration.

La figure 2 permet d'apprécier les courbes d'évolution de la cession d'alevins effectuée par l'administration et de celle réalisée par le secteur privé à partir de la campagne 1985/1986 jusqu'à la campagne 1992/1993. On peut y noter que la courbe de la cession d'alevins effectuée par l'administration décroît progressivement à partir de la campagne 1990/1991 et qu'en sens inverse, celle réalisée dans le secteur privé s'accroît sensiblement et dépasse le nombre d'alevins cédés par l'administration à partir de la campagne 1991/1992. On observe une légère baisse de la courbe du nombre total d'alevins cédés aux paysans pendant la campagne 1991/1992 surtout due aux événements sociaux et politiques qui se sont produits à Madagascar pendant cette période.

4. Perspective d'avenir et contraintes

En tenant compte des contraintes actuelles notamment en ce qui concerne l'insuffisance en alevins, l'absence d'une autonomie de gestion des stations piscicoles étatiques, la méconnaissance des techniques d'élevage et l'encadrement technique très limité des rizipisciculteurs, l'avenir de la rizipisciculture à Madagascar est directement lié à la disponibilité en alevins et à la vulgarisation des techniques rizipiscicoles.

Une nouvelle stratégie d'approche a été mise au point et testée par un projet-pilote avec l'aide du PNUD et de la FAO. Des mesures accompagnatrices consistent en la privatisation des stations piscicoles étatiques secondaires, l'amélioration des souches et la formation des cadres de la Direction des Ressources halieutiques

La politique adoptée pour le développement de l'aquaculture en eau douce à Madagascar est donc basée sur ces faits.

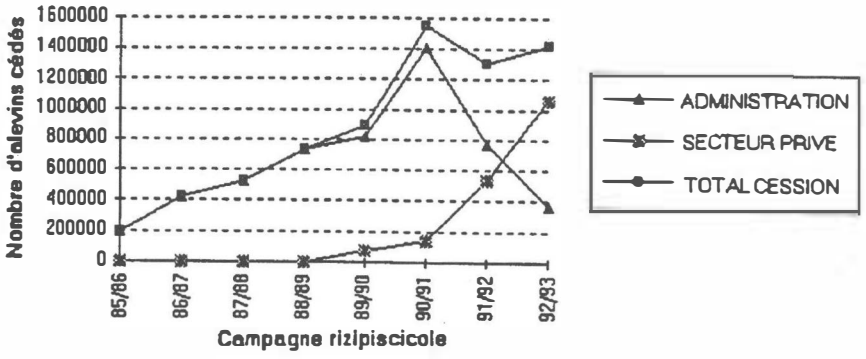


Fig. 2. — Évolution de la cession d'alevins dans la zone du Projet MAG/88/005

4.1. Les contraintes et problemes pour le développement de l'aquaculture en eau douce

Afin de pouvoir expliquer le choix de la stratégie à adopter pour l'avenir de la rizipisciculture, les contraintes majeures au développement de cette activité seront d'abord énumérées.

4.1.1.Contraintes techniques

4.1.1.1. Méthode de riziculture améliorée. – Certaines méthodes de la riziculture améliorée deviennent des obstacles pour la rizipisciculture notamment:

- le choix de variétés précoces ce qui fait que les poissons n'auront pas suffisamment de temps pour grandir;
- les variétés à tiges courtes, ce qui fait que la hauteur d'eau, donc de l'espace vital des poissons, est réduite;
- l'utilisation de pesticides dont certains sont nocifs pour les poissons;
- la pratique habituelle de l'irrigation de rizière en rizière, sans stagnation d'eau, ce qui entraîne le lessivage des matières fertilisantes, d'où le peu de nourritures nouvelles pour les poissons;
- l'utilisation maximale des surfaces pour la culture au risque de l'effondrement des diguettes qui peut entraîner la fuite des poissons d'élevage et

l'inexistence d'aménagements rizipiscicoles (drain, étang-refuge, surélévation des diguettes, grillage à l'entrée et à la sortie de l'eau).

4.1.1.2. La technique rizipiscicole traditionnelle. – La méconnaissance de la technique rizipiscicole améliorée en milieu rural comporte des contraintes pour le développement de la rizipisciculture car elle pourrait remettre en question sa rentabilité surtout à cause de:

- L'habitude d'attendre l'entrée de poissons "sauvages" dans les rizières, ce qui ne permet pas un élevage rationnel;
- L'insuffisance en alevins de qualité disponibles à proximité des riziculteurs, le service de l'État ne pouvant faire des cessions d'alevins que le long des axes routiers et ponctuellement;
- La quantité de techniciens spécialisés ou connaissant la technique rizipiscicole encore minime surtout en milieu rural, et, vu le problème budgétaire de l'État, l'impossibilité d'en recruter et d'en affecter partout;
- La disponibilité en matériel didactique qui n'est utilisé que dans les zones de projets;
- L'inexistence de données statistiques de base en dehors des zones d'intervention de projet, qui ne permet pas une évaluation fiable des activités menées ainsi que des potentialités exactes de chaque région.

4.1.2. La situation socio-économique

Certaines contraintes sont dues à des faits socio-économiques constatés, notamment:

- L'inexistence d'une forme d'organisation des paysans producteurs qui oblige à des systèmes d'information individuelle;
- La coincidence de démarrage des activités rizipiscicoles avec la période de soudure où les paysans n'ont aucun argent liquide et qu'il y a rupture des réserves en nourriture;
- Les paysans malgaches ont l'habitude de ne faire que des épargnes animalières ou foncières, ce qui démontre qu'ils n'ont aucune habitude de prévision ou de gestion financière;
- Le problème de partage des eaux des canaux d'alimentation car la période d'empoissonnement coïncide avec celle des repiquages;
- Le système foncier qui consiste à partager les parcelles après le décès des parents, dans un système de famille patriarcale;
- Les infrastructures de communications sont insuffisantes et vétustes, ce qui rend plus difficile le passage des informations.

4.1.3. Choix politique

La situation politique de Madagascar peut aussi influencer le développement de la rizipisciculture non seulement par la discontinuité de programme mais aussi par les faits suivants:
- Le problème de disponibilité de financement pour la vulgarisation, ce qui réduit les possibilités et retarde les actions à entreprendre;
- Le manque de coordination entre les actions de développement d'où les paysans peuvent avoir en même temps plusieurs intervenants et interlocuteurs différents;
- L'impact des produits de la rizipisciculture est faible relativement du point de vue macro-économique d'où il s'en suit que le choix et les efforts pourront être dirigés en priorité vers les produits d'exportation.

5. Politique de développement de la rizipisciculture

Dans le programme-cadre de développement de la pêche et de l'aquaculture pour les années 1992 à 1996, le thème concernant la rizipisciculture a été intitulé "Intensification de la vulgarisation auprès des pisciculteurs et consolidation de la privatisation de la production d' alevins".

Les objectifs sont donc d'avoir un secteur privé autonome producteur d'alevins en milieu rural et des techniques d'élevage vulgarisées auprès des rizipisciculteurs par ce secteur privé.

5.1. Stratégie de la réalisation

Pour réaliser les objectifs qui ont été retenus, les axes stratégiques suivants sont adoptés:
- consolidations des activités entreprises;
- concentration des moyens disponibles;
- réorientation des rôles des stations piscicoles étatiques;
- amélioration de l'intervention de l'administration;
- amélioration des souches.

Les activités menées par le projet pilote sont à consolider pour que le système soit autonome et permettra à l'administration d'évaluer la validité de la stratégie de vulgarisation adoptée et la pérennité de l'activité rizipiscicole.

Compte tenu des moyens financiers, matériels et humains à la disposition de la Direction des Ressources halieutiques, vouloir démarrer l'activité de développement dans tout Madagascar ferait disperser les efforts et risquerait des échecs certains.

Les stations piscicoles étatiques avaient pour objectif jusqu'à maintenant de produire des alevins pour les rizipisciculteurs alors que leur coût de production et de distribution comporte une charge trop lourde pour l'administration et peu efficace pour les paysans. Il faut ainsi réorienter le rôle de ces stations dans la production de géniteurs performants, la formation et les activités de recherche-développement, quitte à privatiser certaines de ces stations.

Les compétences disponibles dans les services décentralisés ne sont pas suffisantes pour pouvoir mener un projet aussi spécifique; le personnel devrait donc être recyclé en matière d'aquaculture et de vulgarisation.

5.2. Projets de développement

- Le projet MAG/6023 intitulé "Promotion et vulgarisation de la rizipisciculture" est effectué avec un financement UE/FED dans la région du Sud (Bezaha-Toliara) et dans la région du Nord (Andapa-Antsiranana). Ce projet, prévu pour une durée de 5 ans à partir de 1993, a comme objectif principal l'amélioration de la production d'alevins et l'élargissement des actions d'encadrement et de vulgarisation afin de mettre en place un noyau de rizipisciculteurs capables d'entraîner le développement de cette activité dans ces régions.
- Le projet PNUD/FAO/MAG/92/004 Volet pisciculture est intitulé "Consolidation de la vulgarisation auprès des pisciculteurs et privatisation de la production d'alevins". Ce projet qui a pris la relève des activités du précédent (MAG/88/005) tient pour objectif la consolidation de l'autonomie aussi bien technique qu'au niveau gestionnel des producteurs privés d'alevins des régions d'Antsirabé et Fianarantsoa, afin qu'ils puissent assurer la vulgarisation des techniques rizipiscicoles auprès des paysans de façon durable. Ce projet ne durera que 2 ans mais il est prévu de soumettre à d'autres bailleurs de fonds un plus grand projet de développement.
- Dans le cadre de la coopération avec le Gouvernement japonais, la JICA (Agence japonaise de coopération technique) a envoyé un expert en matière d'aquaculture à Madagascar pour 2 ans afin d'effectuer une

prospection pour un projet de vulgarisation de la (rizi)pisciculture dans les autres régions où il n'y a pas encore de projet, notamment sur le Centre-Est de l'île (Manjakandriana-Ambatondrazaka).

- Plusieurs autres projets des organismes gouvernementaux ou des ONG (projets FAO, projet GTZ, Projets UNICEF, projets WWF, projets Chrétiens, etc.) interviennent dans le secteur rizipiscicole surtout en l'intégrant aux autres activités de développement rural. La Direction des Ressources halieutiques est chargée de l'appui, de la formation, du suivi et de la coordination des activités de ces organismes de développement.

Le nombre de rizipisciculteurs et la surface des rizières empoissonnées resteraient stables dans la région du Vakinankaratra mais augmenteraient sensiblement d'environ 17% par an dans les autres régions notamment celles encadrées par des projets comme Fianarantsoa, Andapa, Bezaha, Ifanadiana, Manjakandriana, etc.

La qualité technique s'améliorerait de plus en plus de par l'existence et l'utilisation de matériel didactique (audio-visuel) nouvellement conçu par le projet MAG/88/005.

L'approvisionnement en alevins constituerait le goulot d'étranglement du développement de la rizipisciculture pendant 2 ou 3 ans, ce qui provoquerait une multiplication massive des producteurs privés d'alevins mais la séléction se fera au gré du marché.

Le besoin en argent, provoqué par les conjonctures économiques actuelles, de la population rurale changerait l'élevage de poissons en rizière considéré comme secondaire, en véritable spéculation, ce qui augmenterait la quantité de produit sur le marché et diminuerait peut être sa valeur qui est actuellement supérieure à celle des viandes.

6. Conclusion

L'opération de vulgarisation de la rizipisciculture est de longue haleine et les résultats obtenus auront surtout un impact social au niveau des paysans par l'amélioration de leur condition de vie grâce au surplus de revenu obtenu et pour combler le déficit en protéines animales qui sévit en milieu rural.

La stratégie de développement adoptée n'est certes pas la seule ni la meilleure mais son avantage réside dans le fait qu'elle tient compte des contraintes existantes dans le pays et semble être motivante pour les paysans vu le processus d'entraînement. Sa réalisation dépendra aussi

des décisions politiques des dirigeants de par le budget qu'ils alloueront à cette activité.

Quant au financement extérieur, il serait souhaitable que les bailleurs de fonds s'intéressent à cette activité pour que le démarrage soit effectif et les moyens plus importants en vue d'atteindre des résultats plus probants.

RÉFÉRENCES

ANDRIANAIVOJAONA, KASPRZYK & DASYLVA 1992. Pêches et aquaculture à Madagascar - Bilan Diagnostic.

ANDRIANAIVOJAONA, KASPZYK & DASYLVA 1993. Pêches et aquaculture à Madagascar - Plan Directeur.

FAO,1992a. Compte rendu de la campagne rizipiscicole et piscicole 1989-1990 sur les Hautes-Terres de Madagascar. — FAO - FI: DP/MAG/88/005. Doc. Tech. N° 3.

FAO, 1992b. Manuel pour le développement de la pisciculture à Madagascar, — FAO - FI: DP/MAG/88/005. Doc. Tech. N° 4.

FAO, 1993a. Compte rendu de la campagne rizipiscicole et piscicole 1990-1991 sur les Hautes-Terres de Madagascar. — FAO - FI: DP/MAG/88/005. Doc. Tech. N° 6.

FAO, 1993b. Étude de l'impact quantitatif des activités rizipiscicole et piscicole dans les régions Pilote du Vakinankaratra et du Betsileo, campagne 1991-1992. — FAO -FI/DP/MAG/88/005. Doc. Tech. N° 9.

FAO, 1993c. Compte rendu de la campagne rizipiscicole et piscicole 1991-1992 sur les Hautes-Terres de Madagascar. — FAO - FI: DP/MAG/88/005. Doc. Tech. N° 10.

M.E.A.D.R. 1994. Politique sectorielle pour le développement rural de Madagascar.

RABELAHATRA, A. 1991. La rizipisciculture en Afrique. — FAO - FIRI/C 836, 64 pp.

VINCKE, M. 1975. La rizipisciculture et les élevages associés en Afrique. — Rapport FAO/NU WM/G. 2084, 48 pp.

VINCKE, M. & MICHA J.-C. 1984. La pisciculture en rizière. — Doc. Tech. Département des Pêches, FAO, Rome, 30 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 403 - 411 (1995)

Original : Français

L'INTÉGRATION D'*AZOLLA* DANS LES SYSTÈMES AGRO-PISCICOLES À MADAGASCAR

PAR

L. GHESQUIÈRE*, C. COLOT*, V. RAKOUZAFY*, B. RAZAFIMAHERY*
& C. VAN HOVE**

RÉSUMÉ. — *Azolla* a mauvaise presse depuis quelques années dans certains milieux scientifiques. Cette attitude négative se base semble-t-il essentiellement sur deux constats. D'une part l'azolliculture, qui avait connu une expansion remarquable en Chine et au Vietnam dans les années 60 et 70, y est depuis lors en forte régression; d'autre part les efforts considérables consentis par les responsables politiques nationaux et par l'International Rice Research Institute (IRRI) en vue d'introduire l'azolliculture aux Philippines n'ont pas abouti aux résultats escomptés. Il n'y a pas lieu de nier ces évidences mais bien plutôt d'en comprendre les raisons et d'établir si celles-ci ont valeur universelle. L'intention des auteurs est de comparer d'abord les situations prévalant dans ces régions d'Asie à celles de l'Afrique et de Madagascar et de montrer que les conclusions tirées de l'expérience acquise dans les premières ne sont pas extrapolables aux secondes; ils présentent ensuite les arguments qui les ont conduits à développer un programme de vulgarisation de l'azolliculture à Madagascar et les réalisations de ce programme; ils tirent enfin les principales leçons que celles-ci leur inspirent. L'expérience acquise, largement positive, soulève cependant un certain nombre de questions, les deux principales étant: quel rôle peut jouer *Azolla* en alimentation animale ?, et quelle est la place d'*Azolla* dans les exploitations agricoles intégrées ?

* Projet ADRAI, B.P. 134, Antsirabe (Madagascar).
** Laboratoire de Biologie végétale, Faculté des Sciences, Université Catholique de Louvain, Place Croix du Sud 5 bte 14, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

La situation dans le Sud-est asiatique

Les régions d'origine de l'azolliculture (sud de la Chine et nord du Vietnam) se caractérisent par des variations climatiques saisonnières considérables. Celles-ci ne permettent d'y obtenir des productivités intéressantes que pendant quelques mois par an et obligent à des opérations d'entretien exigeantes en main d'œuvre le reste du temps.

Les conditions écologiques y sont de plus particulièrement favorables à la prolifération de divers insectes prédateurs capables de provoquer de véritables ravages dans les cultures d'*Azolla*.

Ces régions présentent par ailleurs une densité de population très élevée, ce qui oblige à produire un maximum de denrées alimentaires directement utiles à l'homme sur toutes les terres cultivables et donc à abandonner de plus en plus la monoculture traditionnelle d'*Azolla* en saison froide, celle-ci étant remplacée par des cultures maraîchères ou autres.

Ces exigences de productivité élevée et l'évolution économique récente des régions concernées y encouragent enfin l'utilisation d'engrais azotés de synthèse.

On comprendra que la somme de ces quatre contraintes ait pour conséquence un désintérêt progressif pour l'azolliculture. Il y a lieu de penser cependant que certaines d'entre elles pourraient être levées dans l'avenir grâce aux résultats de la recherche. C'est ainsi par exemple que l'utilisation simultanée de plusieurs variétés d'*Azolla* présentant des exigences thermiques différentes devrait permettre une production plus régulière au long de l'année; des progrès très nets ont d'ailleurs été réalisés dans ce domaine récemment. On doit par ailleurs espérer que le problème des prédateurs puisse être résolu au moins partiellement par des méthodes de lutte biologique et/ou de manipulations génétiques (des recherches dans ce domaine nous paraissent prioritaires). Il faut enfin mentionner que l'emploi d'engrais azotés de synthèse n'est pas incompatible avec la culture d'*Azolla*, bien au contraire et ceci pour deux raisons: d'une part, contrairement aux *Rhizobium* des Légumineuses, les *Anabaena* d'*Azolla* ne sont que très peu affectés par la présence de composés azotés dans le milieu et continuent à fixer l'azote atmosphérique même en présence de concentrations élevées d'engrais azotés; d'autre part il a été démontré que la présence d'un tapis d'*Azolla* à la surface des rizières limite considérablement les pertes d'azote dues à la volatilisation de l'ammoniac. Or il va de soi que les productivités qu'il

est indispensable d'atteindre pour nourrir l'humanité dans les prochaines années ne pourront l'être que moyennant l'emploi d'engrais de synthèse. Tant pour des raisons économiques qu'écologiques, il sera dès lors essentiel de réduire au maximum les pertes d'azote par volatilisation et *Azolla* constitue actuellement le seul moyen vraiment efficace pour réaliser cet objectif.

Si le déclin actuel de l'azolliculture en Chine et au Vietnam s'explique au moins en grande partie par les raisons évoquées ci-dessus, l'échec des efforts considérables consentis aux Philippines est plus difficile à interpréter. Ni les fluctuations climatiques, ni la densité de population, ni la situation économique ne semblent en effet pouvoir être invoquées ici. La présence de prédateurs est, quant à elle, tout aussi préoccupante qu'en Chine; associée au fait que la productivité d'*Azolla*, au moins dans certaines régions telles que celle de Los Baños, soit particulièrement faible, pour des raisons d'ailleurs non identifiées, elle pourrait expliquer qu'*Azolla* n'ait pas été adopté par les paysans dans ce pays.

La situation en Afrique

Il se fait que dans certaines régions du monde, en particulier d'Afrique, aucune des raisons mentionnées ci-dessus ne justifie qu'on se désintéresse d'*Azolla*. Les conditions climatiques y sont en effet stables et favorables; les densités de population sont faibles; la situation économique actuelle n'y permet ni la production ni l'importation d'engrais azotés; jusqu'à présent enfin les prédateurs n'y posent pas problème (mais on doit évidemment craindre que cette situation change, au moins dans certaines régions, au fur et à mesure que l'azolliculture s'y développera).

Les résultats des recherches menées par l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) de 1980 à 1990 ont par ailleurs démontré que moyennant une sélection variétale judicieuse la culture d'*Azolla* s'y caractérise par des productivités très élevées par rapport à celles obtenues en Asie du Sud-Est. Cette productivité est de plus stable dans le temps et ne requiert qu'une main d'oeuvre réduite pour autant que l'eau ne constitue pas un facteur limitant. Les recherches menées en Afrique ont en outre mené à la conclusion que c'est dans le contexte de systèmes agricoles complexes intégrant culture et élevage qu'*Azolla* a le plus de chances d'être valorisé, ce qui rejoint le point de vue de nombre de chercheurs asiatiques.

Dans le rapport final de son programme de recherche sur *Azolla* l'ADRAO concluait que priorité devait dorénavant être donnée à des actions de vulgarisation, la recherche ayant rempli son rôle en la matière. Le passage de la recherche à la vulgarisation n'est cependant pas tâche aisée, spécialement peut-être en Afrique, pour des raisons variées. Toujours est-il que malgré des efforts considérables et le soutien de la FAO le message de l'ADRAO ne semble pas avoir été entendu jusqu'à présent par les responsables de la politique agricole de nombreux pays d'Afrique et qu'aucune action de vulgarisation n'a dès lors pu y être mise en oeuvre dans le cadre des institutions officielles.

La situation à Madagascar

Une espèce d'*Azolla* (*A. pinnata* var. *pinnata*) est largement répandue à Madagascar et y a fait l'objet d'un certain nombre de recherches tant de la part du Centre national de la Recherche appliquée au Développement rural (FOFIFA) que de la FAO et de l'Université d'Antananarivo, depuis une dizaine d'années. Il faut bien reconnaître cependant que les résultats en furent décevants et ne débouchèrent pas sur des applications en milieu paysan.

Il se fait par ailleurs que nous avons eu l'occasion de développer un programme de vulgarisation de l'azolliculture dans ce pays à partir de juillet 1990, dans le cadre d'une petite organisation non gouvernementale.

Nous présenterons successivement les éléments sur lesquels nous avons basé notre action, les objectifs poursuivis, les résultats obtenus et les principales questions que ceux-ci suscitent.

Bases du projet

La conception du programme s'est fondée sur les prémisses suivantes:

1. Les conditions écologiques prévalant dans de nombreuses régions de Madagascar semblent à priori favorables au développement de certains écotypes d'*Azolla*;
2. Dans pratiquement tous les essais de productivité comparée de diverses espèces et souches d'*Azolla* que nous avons réalisés, tant en laboratoire que sur le terrain dans différentes régions d'Afrique et d'Asie, *A. pinnata* var. *pinnata* s'est avéré peu performant et, au sein

de cette variété, les souches originaires de Madagascar paraissent particulièrement faibles; il est peut-être utile de signaler ici que le développement spectaculaire de l'azolliculture qu'a connu naguère la Chine était lié à l'introduction d'espèces exotiques;

3. Les paysans malgaches possèdent une excellente maîtrise de la riziculture irriguée;
4. La situation économique de ces paysans ne leur permet pas d'avoir accès aux engrais azotés de synthèse et l'indispensable augmentation des rendements passe donc nécessairement par un recyclage efficace de la matière organique et par la stimulation de la fixation biologique de l'azote;
5. Il est abondamment démontré que lorsqu'*Azolla* se développe bien, il permet des augmentations très significatives du rendement en riz, base de l'alimentation à Madagascar;
6. Bien que scientifiquement moins bien documentés, de nombreux éléments indiquent qu'*Azolla* constitue un engrais vert utile pour d'autres cultures, telles que celles de la colocase ou de diverses plantes maraîchères ainsi qu'un aliment valable pour divers animaux d'élevage;
7. L'expérience récente, tant asiatique qu'africaine, indique que c'est dans le contexte d'exploitations agricoles intégrées qu'*Azolla*, utilisé à la fois comme engrais et comme aliment, est le plus facilement adopté par les paysans;
8. La majorité des exploitations agricoles malgaches, de type familial et traditionnel, est précisément basée sur la mise en valeur simultanée de productions végétales (riz, colocase, plantes maraîchères) et animales (bovins, porcs, volaille et, dans une moindre mesure mais en voie d'expansion, poissons);
9. Même s'il faut admettre que des recherches complémentaires seront encore nécessaires, l'expérience acquise justifie que priorité soit actuellement donnée à des actions de développement;
10. Compte tenu de l'hétérogénéité des conditions climatiques et pédologiques à Madagascar et de la modestie des moyens financiers dont dispose le projet, il y a lieu de restreindre l'action à une zone très limitée, sélectionnée sur base des atouts qu'elle présente en ce qui concerne les chances de succès de l'opération; si le test s'avère négatif dans de telles conditions, rien ne sert d'aller plus loin; s'il est positif on peut espérer étendre progressivement l'action dans des régions moins favorables;

11. L'action doit viser à impliquer très concrètement les agriculteurs, qui seront en fin de compte juges de la valeur des pratiques culturales proposées.

Objectifs du projet

L'objectif principal du projet est de permettre aux petits paysans d'améliorer leurs productions en utilisant les pratiques culturales valorisant *Azolla*. Pour cela, les agriculteurs doivent disposer de matériel végétal performant, en quantités suffisantes et au moment opportun et posséder les informations nécessaires pour maîtriser l'application des pratiques culturales. Il fallait donc sensibiliser les paysans par l'organisation de séances d'information, la distribution de documents techniques et la réalisation d'essais démonstratifs, mettre en place des pépinières de production d'*Azolla*, assurer l'encadrement des agriculteurs novices en la matière, identifier d'éventuelles difficultés liées aux conditions locales et tenter d'y remédier par des recherches d'accompagnement et l'adaptation des pratiques culturales. Idéalement le projet devait enfin être à même d'estimer quantitativement l'impact économique de ses réalisations.

Implantation du projet

Le projet s'est installé dans le petit village de Tsiafahy, situé à proximité d'Antsirabe, où l'Église locale a mis à sa disposition un terrain irrigué et un bâtiment inachevé. Ceux-ci ont été aménagés de façon à :

- illustrer de façon démonstrative les diverses possibilités d'emploi d'*Azolla*, par la réalisation de parcelles rizicoles et maraîchères, de poulaillers sur pilotis surplombant les pépinières d'*Azolla*, d'une compostière, etc.;
- produire la biomasse d'*Azolla* nécessaire à la mise en place de pépinières en milieu rural;
- permettre des actions de formation;
- mener des essais comparatifs en vue de répondre à des problèmes rencontrés en milieu paysan.

CHRONOLOGIE DES ACTIVITÉS

La première action menée par le projet a consisté à créer, avec l'aide de deux jeunes travailleurs recrutés dans le village, des petits étangs destinés à tester diverses souches d'*Azolla* indigènes et exotiques en vue de sélectionner les mieux adaptées et les plus productives dans la région des hautes terres. Certaines souches performantes ayant été identifiées il fut procédé à leur multiplication en pépinières en vue d'en obtenir des quantités suffisantes pour pouvoir inoculer quelques casiers rizicoles du village lors de la saison culturale suivante.Cette période fut également mise à profit pour 1) familiariser les deux jeunes recrues aux divers aspects de l'azolliculture, 2) organiser des séances d'information avec projections de diapositives à l'intention des villageois et 3) créer un jardin potager et un poulailler jouxtant les pépinières.

Un paysan particulièrement dynamique accepta de servir de cobaye; il entreprit, en étroite et amicale collaboration avec les responsables du projet, de cultiver *Azolla* et de l'utiliser comme engrais vert dans sa rizière et son potager et comme aliment pour ses quatre porcs et pour sa volaille; il construisit de plus un petit étang de pisciculture.

Dès la contre-saison de 1991, plusieurs villageois, encouragés par les résultats obtenus par leur concitoyen, sollicitèrent l'appui du projet ce qui monopolisa toutes les énergies de celui-ci pour des actions de formation et d'encadrement et pour la multiplication de pépinières en milieu paysan.

La saison culturale suivante a connu un développement remarquable de l'azolliculture à Tsiafahy et a amené les paysans impliqués à créer une association basée sur leurs intérêts communs, à commencer par la création de pépinières mais s'étendant progressivement à l'achat de matériel tel que décortiqueuse et moulin, le tout avec l'appui moral et matériel du projet.

Lors de la contre-saison de 1992 le projet dut faire face à un nombre croissant de demandes d'intervention en provenance non seulement de paysans de Tsiafahy mais encore de diverses communautés villageoises de la région d'Antsirabe, ce qui l'obligea à renforcer progressivement son équipe; aux deux agronomes expatriés et au paysan "pionnier" engagé entretemps par le projet comme vulgarisateur à temps plein se sont joints deux ingénieurs agronomes et trois techniciens malgaches; l'expérience ayant confirmé l'intérêt de combiner les emplois d'*Azolla* comme fertilisant et comme aliment et les paysans de la région étant en

général fort mal informés des exigences sanitaires et diététiques des animaux d'élevage, un des ingénieurs et deux des vulgarisateurs ont été engagés sur base de leurs compétences en matière d'élevage. Le projet fait en outre régulièrement appel, pour les actions de vulgarisation, à des paysans indépendants, sélectionnés pour leur dynamisme, et qui sont indemnisés à la journée.

Les techniques d'information et de formation furent en outre améliorées par l'actualisation des séries de diapositives didactiques, par la création et la diffusion de deux bandes dessinées et d'un poster en langue vernaculaire et par l'élaboration de fiches techniques.

Depuis lors l'azolliculture n'a cessé de s'étendre dans la région mais les moyens dont dispose le projet ne lui permettent plus de faire face qu'à environ 20 % des demandes d'interventions. Plusieurs organismes de développement contribuent heureusement à cette extension, le rôle du projet étant dans ce cas d'assurer la formation des agents de terrain de ces organismes. Il faut ajouter que dans les zones d'intervention les plus anciennes la plupart des paysans ont effectivement adopté les techniques culturales et les divers modes d'utilisation d'*Azolla*, qu'ils maîtrisent complètement.

Questions en suspens

Les travaux réalisés dans le cadre du présent projet ont permis d'identifier des écotypes d'*Azolla* manifestant des productivités satisfaisantes dans les conditions écologiques des hautes terres de Madagascar et d'élaborer une méthode permettant le passage de la recherche à la vulgarisation dans ce même contexte. Cette méthode, dont les grandes lignes ont été esquissées ci-dessus, a manifestement abouti à des résultats positifs puisqu'un grand nombre de paysans (nous ne disposons pas de données statistiques précises mais estimons ce nombre à au moins un millier) ont dès à présent adopté l'azolliculture et ses applications variées.

Il n'en reste pas moins que plusieurs questions restent posées; nous nous limiterons à en présenter deux.

La première question a trait au rôle que peut jouer *Azolla* en alimentation animale, qu'il s'agisse de porcs, de volaille, de poissons ou d'autres animaux encore. Si la valeur fertilisante d'*Azolla*, en particulier pour le riz, n'est plus à démontrer, comme nous l'avons déjà souligné, les informations sur sa valeur alimentaire ne sont que fragmentaires et peu

fondées scientifiquement et nous devons bien reconnaître que l'argument principal en faveur de l'utilisation d'*Azolla* dans ce domaine est jusqu'à présent basée sur l'empirisme:"de très nombreux paysans de Chine et du Vietnam ont traditionnellement utilisé *Azolla* comme aliment". Nous sommes personnellement sensibles à cet argument mais il faut convenir qu'il serait bon de l'étayer par des données scientifiques solides.

La seconde question est liée à la première: quelle est la place que doit avoir *Azolla* dans des exploitations agricoles intégrées? Il est clair qu'il n'existe pas une réponse unique à cette question; l'utilisation d'*Azolla* sera sans doute différente dans une ferme basée exclusivement sur la production de porcs et de poissons par exemple et dans une autre incluant riz, poissons, légumes, porcs, poules, canards, et pourquoi pas lombrics et biodigesteur.

Il est clair également que la même question doit être posée à propos de chacun des composants intervenant dans de tels systèmes.

En d'autres termes l'exercice ne devrait-il pas consister à identifier les qualités requises des intrants nécessaires à chaque composant et les qualités des différents produits de ces mêmes composants? Disposant d'un tel ensemble d'informations et connaissant de plus les sources extérieures d'intrants disponibles il devrait en principe être possible d'optimiser les interactions entre tous les composants du système quitte à en exclure certains dont le rôle n'apparaîtrait pas évident.

Nous sommes conscients de la somme de travail et de la diversité des compétences qu'exigera une telle étude mais n'est-elle pas un préalable indispensable si nous voulons gérer rationnellement des exploitations agricoles complexes?

Le présent Séminaire sur "L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical" offre assurément l'occasion de préparer un programme de recherches coordonné sur ces questions.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 413 - 418 (1995)

Original : Anglais

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES DE LA PISCICULTURE INTÉGRÉE À LA STATION DE RECHERCHE PISCICOLE DE FOUMBAN, CAMEROUN

PAR

Jan J. BREINE*,**, Guy G. TEUGELS*,*** & Frans OLLEVIER*

RÉSUMÉ. — En 1991, la "Katholieke Universiteit Leuven" et le Musée Royal de l' Afrique Centrale (M.R.A.C.) (Belgique) ont entamé, en collaboration avec l'Institut de Recherche Zootechnique et Vétérinaire (I.R.Z.V.) du Cameroun, un projet intitulé "Recherche sur l'Aquaculture et la Pêche au Cameroun". La partie du projet consacrée à la pisciculture est basée à Foumban, dans la Province occidentale. Ce projet est notamment axé sur la recherche et la production à l'aide de produits locaux et de techniques simples. Les tilapias (*Oreochromis niloticus*) sont élevés jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille permettant leur commercialisation. Des alevins de tilapias sont produits pour approvisionner les pisciculteurs locaux. Les déchets agricoles locaux, comme le son de riz, sont utilisés comme aliments. Les taux de croissance moyens sont de 0,7 g/jour. De l'herbe à éléphant et du fumier de lapin sont utilisés comme engrais. L'influence du fumier de lapin sur la qualité de l'eau et la croissance du tilapia fait l'objet d'une étude; on observe une importante prolifération du phytoplancton; comparativement à d'autres engrais organiques, on enregistre un moindre effet défavorable sur la qualité de l'eau. Le taux de croissance du tilapia dans des étangs fertilisés était 5,1 fois supérieur à celui des tilapias élevés sans un tel traitement. Actuellement on évalue quelles sont les proportions et

* Laboratorium voor Ecologie en Aquacultuur, Katholieke Universiteit Leuven, Naamsestraat 59, B-3000 Leuven (Belgique).

** Institut de Recherche Zootechnique et Vétérinaire, Foumban (Cameroun).

*** Laboratoire d'Ichtyologie, Musée Royal de l' Afrique Centrale, Leuvensesteenweg, B-3080 Tervuren (Belgique).

fréquences optimales d'adjonction de fumier de lapin. Un alevinier a été construit en vue de l'introduction et de la propagation du poisson-chat *Heterobranchus longifilis* de la famille des Clariides. Le taux de croissance de cette espèce élevée dans des conditions expérimentales en Côte d'Ivoire y était deux fois supérieur à celui du *Clarias gariepinus*. Des taux de croissance similaires ont été observés à la station de Foumban (3,04 g/jour). Les premiers résultats en étangs ont démontré que le fumier de lapin était consommé par l'*Heterobranchus longifilis*. Une analyse du fumier a révélé une concentration protéique supérieure à celle relevée dans le son de riz. D'autres études sur le fumier de lapin comme source alimentaire directe pour l'*H. longifilis* sont actuellement en cours.

Introduction

Le Cameroun se situe à l'Ouest de l'Afrique centrale, juste au-dessus de l'Equateur, et est entouré du Nigéria , du Tchad, de la République Centrafricaine, du Congo, du Gabon et de la Guinée Equatoriale.

En octobre 1991, la "Katholieke Universiteit Leuven" et le Musée Royal de l' Afrique Centrale, Tervuren, Belgique, ont entamé, en collaboration avec l'Institut de Recherche Zootechnique et Vétérinaire (I.R.Z.V.) du Cameroun un projet intitulé "Recherche sur l'Aquaculture et la Pêche au Cameroun".

Notre station de recherche piscicole est située à Foumban, dans la Province occidentale, à 350 km de Douala, la capitale économique, et à 400 km de Yaoundé, la capitale politique. Foumban se trouve à une altitude de 1160 m et la température y oscille entre 15 et 34°C. La saison sèche s'étend de la mi-novembre jusqu'à la mi-mars et est suivie d'une seule saison des pluies. A l'heure actuelle, la Station possède vingt-sept étangs couvrant une superficie totale de 6163 m^2. L'eau est fournie par gravité, au départ d'un petit lac artificiel. Dix-sept étangs sont utilisés pour la recherche et l'élevage expérimentaux, les autres étant réservés à la production et à l'alevinage. La Station est donc de taille relativement modeste, mais il est bien connu qu'en Afrique, les stations de pisciculture à petite échelle sont bien plus prospères que les grandes stations généralement contraintes de réduire considérablement leurs activités lorsqu'elles ne bénéficient plus d'aucun appui financier extérieur. C'est pourquoi nous recourons essentiellement aux moyens locaux et appliquons des techniques simples et bon marché pouvant être diffusées dans nos activités de vulgarisation avec les paysans locaux.

Résultats préliminaires

1. Production de Tilapia du Nil

Au début du projet, les étangs qui se trouvaient en mauvais état, ont été réparés. Chaque étang a été équipé d'un système simple d'amenée et de sortie à l'aide de tubes en PVC de manière à pouvoir être rempli ou drainé individuellement. Les étangs sont fertilisés chaque semaine à l'aide d'herbe à éléphant fraîche à raison de 5 kg/are.

Deux variétés locales du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus)*, l'une provenant de Lagdo (rivière Bénoué, affluent du Niger), et l'autre provenant du lac Mape (rivière Sanaga) ont été introduites à des fins de reproduction. La proportion d'empoissonnement est d' un mâle pour trois femelles. Le croisement entre les mâles Magba et les femelles Lagdo a donné les taux de production de juvéniles et de survie les plus élevés. Des alevins sont déversés chaque mois dans les étangs d'élevage. Au bout de quatre à cinq mois, on en détermine le sexe. Les femelles sont utilisées pour la production de farine de poisson, tandis que les mâles sont conservés dans les étangs pendant une période supplémentaire de 5 à 6 mois jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille permettant leur commercialisation (poids moyen 250 g). Ils sont quotidiennement nourris de son de riz (10% de la biomasse jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids moyen de 50 g, puis 5 g par poisson). Le taux de croissance moyen est de 0,7 g/jour (Fig. 1). Ce taux de croissance relativement faible est certainement imputable aux températures relativement basses de l'eau (19 - 25,8°C).

2. Élevage intégré de tilapia du Nil et de lapins

Début 1993, nous avons entamé des recherches sur la pisciculture intégrée avec l'*Oreochromis niloticus* et des lapins. Dans la région, les lapins bénéficient d'une popularité croissante en tant que ressource alimentaire et l'analyse du fumier de lapin s'est soldée par des résultats prometteurs. Les lapins sont abrités dans des clapiers construits près des étangs, ce qui nous permet d'évaluer la quantité de fumier produite et de contrôler la quantité de fumier déversé dans les étangs .

Une étude des effets du fumier de lapin sur la qualité de l'eau (Breine *et al.*, étude soumise) a démontré que, contrairement à d'autres engrais, ce fumier n'exerce aucun impact négatif sur la qualité de l'eau; aucun effet sur la concentration de nitrate et d'ammonium n'a été relevé; on a observé

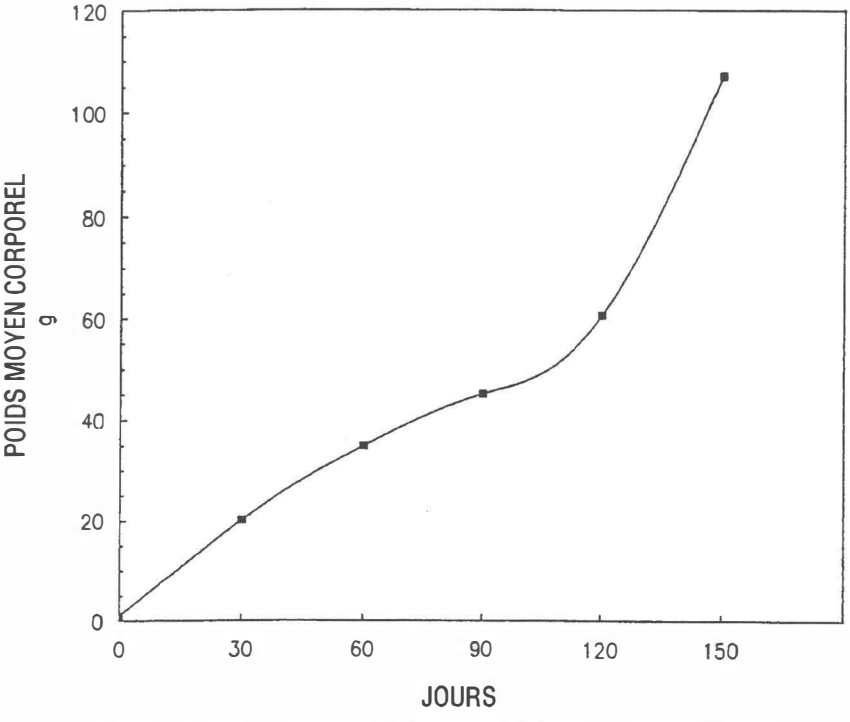


Fig. 1. — Croissance de l'*Oreochromis niloticus* en étangs fertilisés à la Station de recherche piscicole de Foumban, Cameroun, avec un régime à base de son de riz.

une diminution de la concentration en nitrites et une légère baisse de la concentration d'oxygène dissous sans que celle-ci n'atteigne des valeurs critiques; le pH et la dureté carbonée ont légèrement augmenté. L'action fertilisante est accélérée par l'adjonction de fumier trempé.

L'importante prolifération du phytoplancton indique que le fumier de lapin exerce un impact significatif sur la production primaire d'aliments. Avec une concentration protéique de 15%, il dépasse même celle du son de riz (9 à 11%). Une étude des effets du fumier de lapin sur la croissance des alevins de tilapia du Nil (BREINE *et al.*, étude soumise) a révélé que le taux de croissance des alevins recevant de la nourriture (son de riz - 10% de la biomasse totale) et du fumier de lapin (5 kg/are/quinzaine) est 11,4 fois supérieur à celui du groupe témoin et 2,3 fois supérieur à celui des alevins ne recevant que du fumier de lapin. Ce dernier présente un taux de croissance 5,1 fois supérieur à celui du groupe témoin (Fig. 2). Le faible taux de croissance global est tout simplement lié au poids initial des alevins (2,6 g en moyenne).

Nous essayons actuellement d'évaluer quelles sont les proportions et fréquences optimales d'adjonction de fumier de lapin (BREINE *et al.*, en prép.). Des études comparatives avec du fumier de poules sont également en cours.

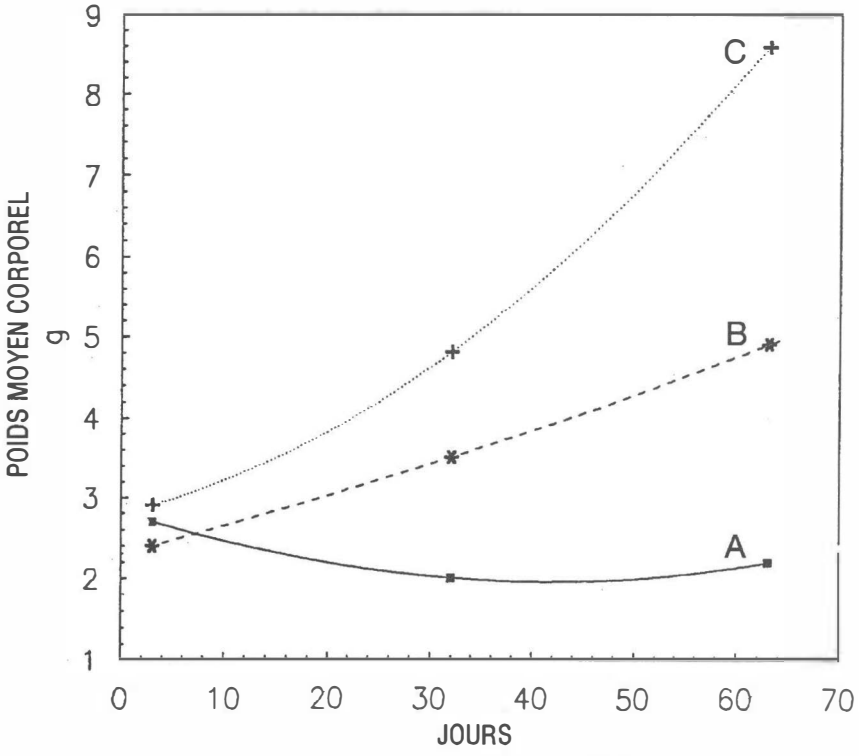


Fig. 2. — Croissance d'alevins d'*Oreochromis niloticus* en conteneurs: Groupe A: témoins; groupe B: recevant du fumier de lapin; groupe C: recevant du fumier de lapin et du son de riz (10% de la biomasse). (BREINE *et al.*, étude soumise).

3. ÉLEVAGE INTÉGRÉ DE L'*HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* ET DE LAPINS

Plus récemment, nous avons entamé des recherches sur la pisciculture intégrée avec le poisson-chat *Heterobranchus longifilis* de la famille des Clariides et des lapins. Nous avons introduit deux variétés de ce poisson-chat dans notre station: une variété locale provenant de la rivière Mbam (affluent du fleuve Sanaga) et une autre provenant de Côte d'Ivoire. Nous avons opté pour ce poisson-chat en raison des résultats de croissance très prometteurs obtenus par LEGENDRE *et al.* (1992), qui avait comparé les

taux de croissance de l'*Heterobranchus longifilis* et du *Clarias gariepinus*, un autre poisson-chat de la famille des Clariides largement utilisé en aquaculture en Afrique: dans des conditions identiques, le taux de croissance du premier était deux fois supérieur à celui du second. D'un point de vue économique, il est donc conseillé de travailler avec le premier. A Foumban, la variété provenant de Côte d'Ivoire présente des taux de croissance comparables (3,04 g/jour) à ceux obtenus par LEGENDRE *et al.* (1992) en utilisant une nourriture contenant 40% de protéines (farine de poisson et son de riz).

Un alevinier polyvalent a été construit en vue de la reproduction artificielle du poisson-chat, ce qui nous permettra également d'approvisionner les paysans locaux en alevins.

Des expériences menées avec du fumier de lapin comme ressource alimentaire directe pour l'*Heterobranchus* sont actuellement en cours. Le fumier séché est déversé chaque semaine dans les étangs contenant des poissons-chats (2,5 kg/are). On a constaté que les poissons-chats mangent le fumier qui flotte durant quatre à cinq jours et, par conséquent, l'utilisent directement comme ressource alimentaire. Sa teneur relativement élevée en protéines et en graisses nous permet d'escompter de meilleurs résultats que ceux observés avec d'autres engrais organiques.

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche VL.I.R. est financé par l'Administration Générale belge de la Coopération au Développement. Les auteurs tiennent à remercier Mme E. Van den Bergh (Katholieke Universiteit Leuven; I.R.Z.V., Foumban) pour ses précieux commentaires ainsi que MM. Yiagnini et B. Mbah (I.R.Z.V., Foumban) pour leur assistance technique.

RÉFÉRENCES

BREINE, J.J., TEUGELS, G.G., PODOOR, N. & OLLEVIER, F. Rabbit dung as a water fertilizer in tropical fishculture and its effect on the growth of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae). — *Aquaculture,* article soumis pour publication.

BREINE, J.J., TEUGELS, G.G. & OLLEVIER, F. The optimal rate and frequency of rabbit dung for fertilizing ponds in tropical fish farming, en préparation.

LEGENDRE, M., TEUGELS, G.G., CAUTY, C. & JALABERT, B., 1992. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840, and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae). — *Journ. Fish Biol.*, **40**: 59-79.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 419 - 433 (1995)

Original : Français

ÉLEVAGE DU *CLARIAS GARIEPINUS* AU CONGO

PAR

Edouard KALI-TCHIKATI*

RÉSUMÉ. — Le *Clarias gariepinus* fortement apprécié de la population congolaise n'était jusque récemment pas encore produit en pisciculture au Congo. Pour s'assurer d'un approvisionnement en alevins malgré le manque de reproduction de cette espèce en étang, plusieurs essais de reproduction artificielle ont été menés au Centre piscicole national de Djoumouna. Il a été établi qu'en utilisant l'hypophyse de carpe, on pouvait reproduire *C. gariepinus* tout le long de l'année et obtenir entre 5,7 et 30,3 alevins /m²/cycle d'élevage. La croissance de ces alevins s'est faite dans des étangs en terre, en polyculture avec *Oreochromis niloticus*. Les densités d'empoissonnement ont été de 0,71 alevin/m² pour *C. gariepinus* et 2,20 alevins/m² pour *O. niloticus*. La production obtenue correspond à une augmentation de biomasse de 7,6 fois le poids initial de *Clarias* et 3,4 fois celui d' *O. niloticus*. De nombreux problèmes expliquent la faiblesse relative des résultats mais l'objectif du contrôle de la population d' *O. niloticus* a été atteint. Une analyse des coûts a été faite et a révélé que la production de *C. gariepinus* avec les résultats obtenus au Congo génère des bénéfices mais que la marge bénéficiaire est plus étroite que pour *O. niloticus*. Des recommandations ont été faites tendant vers un objectif de production massive de *C. gariepinus*.

* Centre piscicole national de Djoumouna, B.P. 675, Brazzaville (Congo).

1. Introduction

De tous les poissons d'eau douce consommés au Congo, le poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*) se situe parmi les mieux appréciés mais il se trouve malheureusement que la pisciculture congolaise n'a jusque récemment été essentiellement basée que sur la production des tilapias.

L'absence d'alevins et le manque de reproduction en étangs constituent la contrainte majeure pour l'élevage de cette espèce.

Grâce à un financement de la Fondation internationale pour la Science (FIS) ayant permis une importation d'hormones, il y a quelques années, le Centre piscicole national de Djoumouna a commencé des essais de production de *Clarias gariepinus* couvrant la reproduction artificielle et le grossissement en étang.

Le pays ne disposant pas d'aliment performant pour son grossissement, *C. gariepinus* a été élevé en polyculture avec *Oreochromis niloticus* (syn. *Tilapia nilotica*) pour lui permettre de se nourrir des recrues de ce dernier, l'objectif principal étant de contrôler la population de *O. niloticus* pour éviter la surpopulation des étangs et produire du *O. niloticus* marchand de grande taille avec une production marchande additionnelle de *C. gariepinus*.

Le présent travail rend compte des essais qui se sont déroulés de 1991 à 1992; les problèmes liés aux différentes phases de l'élevage de cette espèce sont analysés et discutés tout comme son impact économique.

Le but du travail est de cerner les problèmes, de proposer des solutions et de juger de l'opportunité de l'élevage de cette espèce dans les conditions congolaises.

2. Matériel et méthodes

Clarias gariepinus qui a une large distribution géographique en Afrique a un cycle de reproduction débutant au commencement de la saison des pluies lorsqu'il y a une montée des eaux et une inondation des rives.

Les alevins de poisson-chat sont difficiles à trouver dans la nature ou dans les étangs, suite à la forte mortalité des oeufs et des larves. Il a donc été nécessaire de recourir à la reproduction artificielle.

En l'absence d'une écloserie moderne, cette opération a été faite en plein air dans des conditions artisanales.

Les femelles ont été injectées 10 à 15 h auparavant (en fonction de la température ambiante) avec des broyats d'hypophyse de carpe à la dose de 3 mg/kg.

Les oeufs ont été récoltés par stripping et fécondés avec de la laitance obtenue par dissection des testicules, les mâles étant sacrifiés.

L'incubation des oeufs fixés aux racines de jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) a été faite pendant 3 jours dans des hapas immergés dans des bacs en béton admettant un courant d'eau nécessaire pour l'oxygénation des oeufs.

Les larves obtenues après éclosion ont été prégrossies pendant 56 jours dans 2 étangs en terre de 147 m² de superficie moyenne, à une densité variant entre 77 et 100 alevins par m².

Un des deux étangs d'alevinage a été protégé par une barrière en tôles galvanisées dressée tout autour de l'étang pour réduire la prédation contre les larves.

Le grossissement s'est effectué pendant 6 mois dans 5 étangs de barrage en terre en polyculture avec *O. niloticus*. La superficie moyenne des étangs a été de 5700 m².

Ces étangs ont été empoissonnés avec des alevins de *C. gariepinus* ayant un poids moyen de 3,6 ± 1,08 g à la sortie du prégrossissement. L'écart entre l'empoissonnement des tilapias et celui des *Clarias* a été de 30 jours.

La densité unique d'empoissonnement utilisée a été de 0,71 alevin/m², soit 32% de la population initiale de *O. niloticus* empoissonnée à 2,2 alevins de 27,58 g/m².

Bien que *C. gariepinus* soit omnivore (BARD *et al.* 1975, KENMUIR 1983) il est essentiellement carnivore et se nourrit principalement de cichlidés, larves d'insectes, crustacés, etc. (PLISNIER *et al.* 1988); cependant du fait de la polyculture avec *O. niloticus*, le son de blé et la drêche de bière ont aussi été utilisés comme aliments.

Le tableau 1 précise les normes d'utilisation de ces aliments dans les étangs aussi bien en alevinage qu'en grossissement.

Le fumier de poule a été appliqué pour la fertilisation des étangs.

Tableau 1
Normes d'alimentation utilisées.

Aliment	Alevinage	Grossissement
Son de blé	1 kg / are / semaine	11 à 6% / jour
Fumier	50 kg / are / cycle	0
Drêche	0	11 à 6% en mat. sèche/jour

3. Résultats

3.1. Production d'alevins

Bien que *C. gariepinus* puisse se reproduire naturellement de manière aléatoire et limitée dans un étang (Micha 1975), tous les alevins élevés au Centre piscicole national de Djoumouna ont été obtenus par reproduction artificielle.

Avec un taux d'éclosion des oeufs évalué entre 16,5% en saison sèche et 55,8% en saison de pluie (De Graaf *et al.* 1990), la production des alevins dans les étangs a été de 5,75 alevins /m²/cycle dans l'étang non protégé contre les prédateurs et de 30,31 dans l'étang protégé (tableau 2).

Les taux de survie en alevinage ont été de 7,57 et 36,75% respectivement pour l'étang non protégé et l'étang protégé contre les prédateurs.

Tableau 2
Production d'alevins dans les étangs

Étang	Nombre total de larves empoissonnées	Densité moyenne par m²	Nombre moyen d'alevins récoltés/m²	Durée moyenne d'alevinage (jours)	Taux moyen de survie (%)
Étang non protégé	92 400	77	5,75	59	7,57
Étang protégé	174 900	100	30,31	54	36,75

Source: De Graaf 1989

Il faut souligner un manque d'uniformité dans les populations des alevins car les plus grands ont été récoltés à 5 g tandis que les plus petits l'ont été à 1,8 g.

3.2. Production marchande récoltée

Après une durée moyenne d' élevage de 194 jours, une biomasse de 668,35 kg de *Clarias gariepinus* a été récoltée à partir d'une biomasse initiale de 87,87 kg soit une augmenation de poids de 7,6 fois. Le rendement net moyen correspondant a été de 379,26 kg/ha/an (tableau 3).

Les adultes de *C. gariepinus* ont été récoltés à un poids moyen de 657,50 g.

Signalons là aussi un manque d'uniformité dans la population car certains sujets ont été récoltés à 300 g quand d'autres l'ont été à 1000 g.

La croissance moyenne obtenue en grossissement a été de 3,37 ± 1,96 g/jour. À partir d'une population initiale de 20410 individus, seuls 1572 individus ont été retrouvés à la récolte après 194 jours d'élevage. Le taux de survie correspondant a ainsi été de 7,70%.

Tableau 3
Performances de production.

Superficie utilisée (m^2)	28 796	Biomasse finale (kg)	668,35
Densité d'empoissonnement (N/m^2)	(0,71)*	Pmf (g)	(657,50)*
B.I. (kg)	87,87	Croissance journalière (g/j)	(3,37)*
Pmi (g)	(3,6)*	Taux de survie (%)	(7,70)*
Durée d'élevage (jours)	(194)*	Rendement net (kg/ha/an)	(379,26)*

* les chiffres entre parenthèse sont des moyennes
B.I. = Biomasse initiale
Pmi = Poids moyen initial
Pmf = Poids moyen final

3.3. Production correspondante de tilapia

Les tilapias (*Oreochromis niloticus*) empoissonnés à un poids moyen de 27,58 g ont été récoltés à 142,35 g; la biomasse est passée de 1572,40 à 5430,83 kg soit une augmentation de poids de 3,4 fois.

La proportion d'alevins dans la population finale de tilapia a été de 11,23% et le rendement net moyen de 2183,3 kg/ha/an (tableau 4).

Le quotient nutritif trouvé pour l'ensemble de l'élevage (*Oreochromis* et *Clarias*) a été de 5,6 et le rendement net de 2511,82 kg/ha/an.

Tableau 4
Production de tilapia.

Superficie utilisée (m^2)	28 796	Pmf marchands (g)	(142,35)*
Densité d'empoissonnement (N/m^2)	2,22	Proportion d'alevins (%)	11,23
Pmi (g)	(27,58)*	B.F. (kg)	5430,83
B.I. (kg)	1572,40	Rendement net (kg/ha/an)	2183,35

*Les chiffres entre parenthèses sont des moyennes

4. Impact économique

Tous les coûts sont donnés en anciens francs CFA soit 1 dollar EU = 300 F CFA.

D'après Marquet (1990), le coût de construction d'un étang par la méthode de cubage de terre déplacé est de 50 000 F CFA/are et son équipement (tuyau d'entrée d'eau, moine et pêcherie) est de 53 000

F CFA (voir annexe 1).

Il ressort donc (voir tableau 5) que les dépenses d'investissement se sont élevées à 383 800 F CFA pendant notre cycle d'élevage.

Tableau 5
Dépenses d'investissement (F CFA)

Chapitre	Coût total	Coût annuel	Coût par cycle
Construction des étangs	14 350 000	717 500	358 750
Equipement des étangs	265 000	14 000	7 000
Matériel	180 500	36 100	18 050
Total	**14 795 500**	**767 600**	**383 800**

Le coût de production d'un alevin de *Clarias gariepinus* dans les conditions du Congo a été déterminé à 16,4 F CFA (De Graaf 1989, De Graaf *et al.* 1990) tandis que les alevins d' *Oreochromis niloticus* sont vendus à 750 F CFA/kg.

En prenant en compte les charges de personnel, d'empoissonnement et d'alimentation, on se rend compte (tableau 6) que les dépenses de fonctionnement se sont élevées à 4 059 106 F CFA.

Aucune charge de transport n'a été prise en compte car toute la production est vendue sur place à la station.

Tableau 6
Dépenses de fonctionnement

Chapitre	Quantité (kg)	Coût unitaire (F CFA)	Coût total (F CFA)
Personnel	-	-	1 351 816
Alevins de tilapia	1572,40	750	1 179 300
Alevins de Clarias	20 411*	16,4 F/unité	334 740
Son de blé	23 585	50	1 179 250
Drêche de bière	1 400	10	14 000
Total	**-**	**-**	**4 059 106**

* 20 411 individus de *Clarias* et non 20 411 kg de *Clarias*

Les prix de vente du poisson produit ont été fixés à:
- 1000 F CFA/kg pour les *Clarias* marchands;
- 750 F CFA/kg pour les tilapias marchands et les alevins sélectionnés;
- 500 F CFA/kg pour les tilapias de taille moyenne (intermédiaire entre les alevins et les marchands).

La recette générée par l'élevage a été de 3 341 070 F CFA (tableau 7).

Tableau 7
Recettes obtenues

Chapitre	Quantité (kg)	Valeur unitaire (F CFA)	Montant total (F CFA)
Tilapias marchands vendus	2846,86	750	2 135 145
Tilapias moyens vendus	567,50	500	283 750
Alevins de tilapias vendus	610,10	750	457 575
C. gariepinus vendus	464,60	1000	464 600
Total	**4489,06**	-	**3 341 070**

Signalons que seuls 464,60 kg de clarias ont réellement été vendus soit 69,52% de la production; une quantité de 203,75 kg de *Clarias* (soit 30,48% de la production) a été déclarée perdue.

Pour les tilapias, une perte a également été enregistrée, elle s'élève à 25,90% de la production.

Tableau 8
Balance (F CFA)

Chapitre	Clarias	Tilapia	Total
Amortissement de l'investissement	-191 900	-191 900	- 383 800
Dépenses de fonctionnement	- 2 029 553	- 2 029 553	- 4 059 106
Recettes obtenues	+ 464 600	+ 2 876 470	+ 3 341 070
Balance	**- 1 756 853**	**+ 655 017**	**- 1 101 836**

Toutes les charges étant prises en compte, notre élevage s'est révélé déficitaire car une balance négative de -1 101 836 F CFA a été enregistrée (tableau 8).

5. Discussion

Le premier problème de l'élevage de *C. gariepinus* réside dans l'approvisionnement difficile en alevins, d'où la pratique de la reproduction artificielle.

La technique d'incubation utilisant la jacinthe d'eau comme support est comparable à celle des "kakabans" utilisée pour la reproduction des carpes (HUET 1972, cité par DE GRAAF 1989).

Le taux d'éclosion obtenu en saison de pluies (55,8%) avec des températures se situant au dessus de 25°C est comparable à ceux obtenus par d'autres auteurs: entre 50 et 69% d'après MICHA (1975), VIVEEN *et al.* (1985) puis PECTOR (1991). En saison sèche, le taux d'éclosion (16,5%) a été tellement faible qu'il faut le compenser par l'utilisation

d'un plus grand nombre de géniteurs (DE GRAAF 1989) ce qui induit un coût de production plus élevé.

La production de 30,3 alevins/m²/cycle a été appréciable car elle couvre largement les besoins du centre. L'utilisation du seul étang protégé de 147 m² en 6 cycles/an produirait 26 724 alevins alors que les besoins pour empoissonner les 2,87 ha en polyculture sont de 20 445 alevins à la densité utilisée. Cependant, cette production n'a été possible qu'en l'absence de prédateurs.

En effet, les grenouilles ont fait baisser la production à 5,7 alevins/m²/cycle, soit 5027 alevins en 6 cycles / an dans l'étang non protégé (DE GRAAF 1989). Dans les mêmes conditions, la plupart des auteurs rapportent des productions variant entre 10 et 20 alevins/m²/cycle (MICHA 1975, JANSSEN 1985, HOGENDOORN 1979, cité par HUISMAN 1986, VIVEEN *et al.* 1985).

Les espèces de grenouilles rencontrées dans les étangs sont: *Rana occipitalis, Ptychadena pumilio* et *Xenopus tropicalis* (DE GRAAF 1989). MICHA & FRANK (1975) ont aussi rapporté une forte prédation par des grenouilles *Discoglossus* et *Xenopus.*

La proportion d'alevins d'*Oreochromis niloticus* dans la population finale des tilapias a été de 11,23% seulement contre 44 à 54% en monoculture de tilapia (RUWET *et al.* 1975, KALI-TCHIKATI 1991). Ces résultats permettent d'affirmer que l'élevage de *C. gariepinus* à Djoumouna a atteint son objectif principal qui est le contrôle de la population d'*O. niloticus.* Cependant malgré la prédation exercée par *C. gariepinus*, il n'a pas été possible de produire du *O. niloticus* de grande taille (poids moyen final = 142 g).

Le poids moyen de *O. niloticus* n'a évolué que de 27,58 à 142 g après 224 jours d'élevage alors qu'avec le même aliment, ce poids aurait pu être atteint en monoculture; il y a donc eu une faible croissance du tilapia due à un défaut d'alimentation.

L'augmentation de biomasse du *Clarias* n'a été que de 7,6 fois; certains auteurs dans les mêmes conditions ont rapporté des performances nettement plus importantes: 57,5 fois d'après JANSSEN (1985) et 120 fois d'après VIVEEN *et al.* (1985).

Le rendement net obtenu (0,379 t/ha/an) a aussi été faible; certains auteurs rapportent dans les mêmes conditions des rendements nets de *C. gariepinus* variant entre 6,894 t/ha/an (JANSSEN 1985) et 7,446 t/ha/an (VIVEEN *et al.* 1985).

Cette faiblesse relative des résultats peut s'expliquer surtout par le

fait que le taux de survie observé aussi bien en alevinage (7,57% pour les étangs non protégés) qu'en grossissement (7,70%) a été dramatiquement bas. En considérant tout le cycle d'élevage, la survie arrive à 0,58% alors que, travaillant aussi dans des étangs non protégés contre les prédateurs, d'autres auteurs ont obtenu des survies appréciables de 60 à 82% (EL BOLOCK 1975, JANSSEN 1985, VIVEEN *et al.* 1985, HUISMAN 1986, COCHE & EDWARDS 1989).

En plus des prédateurs déjà signalés, la forte mortalité enregistrée au cours de nos travaux peut sûrement être attribuée au cannibalisme de *C. gariepinus*, les plus grands alevins dévorant les plus petits. Ce phénomène constitue un réel problème pour l'élevage de *C. gariepinus* car à toutes les phases d'élevage, nous avons observé le manque d'uniformité dans la population, ce fait engendrant forcément l'exacerbation du cannibalisme, particulièrement en présence d'une pénurie d'aliment. COCHE & EDWARDS (1989) estiment que l'absence d'un aliment adéquat après la résorption du sac vitellin stimule le cannibalisme.

D'autres raisons justifiant dans une moindre mesure la faiblesse des résultats sont:

- La densité d'empoissonnement qui a été de 0,71 alevins/m^2 (soit un rapport prédateur - proie de 1:3). Même si HOGENDOORN & WIEME (1975) puis VINCKE (1987, cité par MICHA 1991) suggèrent des densités respectives de 0,33 puis de 0,5 à 1,5 alevins/m^2 qui sont comparables aux nôtres, il se trouve que beaucoup d'auteurs (JANSSEN 1985; VIVEEN *et al.* 1985 et COCHE & EDWARDS 1989) conseillent des densités plus élevées, de l'ordre de 2 à 3 alevins/m^2. MEECHAM (1975, cité par GUERRERO 1982) conseille même une densité plus forte de l'ordre de 33 alevins/m^2 avec *Oreochromis shiranus* comme proie à un ratio de 1:15.
- L'apport d'aliment artificiel qui a été moindre. Au cours de nos travaux, il n'a été assuré que pendant 113 jours au lieu de 224 (soit 50% de la durée totale), d'où le quotient nutritif élevé de 5,6. Un quotient nutritif de 1,5 à 2,5 a été rapporté par JANSSEN (1985) en polyculture.
- Les conditions d'élevage et de récolte qui n'ont pas été idéales. Les étangs utilisés étant des étangs de barrage, certains spécimens de *C. gariepinus* ont pu passer d'un étang à l'autre pendant les pluies et rejoindre le milieu naturel. Le fond de ces étangs étant vaseux, d'autres spécimens ont sûrement pu se cacher dans la vase jusqu'à la fin de la vidange. Ces étangs qui sont de grande taille nécessitent une main

d'œuvre importante pour la récolte; d'autres spécimen ont alors pu être volés pendant cette opération.

Pour les mêmes raisons, l'analyse économique a révélé un lourd déficit.

Le tableau 8 est révélateur de la nature du déficit car on constate que seule la "filière tilapia" a permis de réaliser un bénéfice, bien que le kg de *Clarias* soit vendu à un prix supérieur à celui du tilapia.

Si, comme l'affirme VINCKE (1985, cité par MICHA 1991) il faut 7 à 8 kg de tilapia pour produire 1 kg de *Clarias,* on serait tenté de croire que dans les mêmes conditions une monoculture de tilapia aurait donné un bilan financier plus intéressant par la valorisation des alevins consommés par les 668 kg de *Clarias* produits (soit 5 tonnes).

Cependant on constate que ce déficit (-1 101 836 F CFA) se réduit rapidement (-772 280 F CFA) dès qu'on se trouve en présence d'une alimentation correcte (tableau 9). Toutes choses étant égales par ailleurs, le scénario 1 (annexe 2) admet une alimentation sur 100% de la durée d'élevage soit 244 jours au lieu de 113 comme cela s'est passé.

Ce déficit se transforme d'ailleurs en bénéfice dès qu'on se trouve en présence de l'effet conjugué d'une alimentation correcte (A.C.) et d'une réduction des pertes après récolte (R.P.). A 10% de pertes on réalise un bénéfice de 306 829 F CFA (tableau 9).

Tableau 9
Amélioration probable du bilan financier (F CFA)

Chapitre	Situation initiale	Scénario 1 (A.C.)	Scénario 2 (A.C. et R.P.)
Amortissement de l'investissement	-383 800	-383 800	-383 800
Dépense de fonctionnement	- 4 059 106	-5 231 313	-5 231 313
Recettes	+3 341 070	4 842 832	5 921 942
Balance	**-1 101 836**	**-772 280**	**+306 829**

La figure 1 permet de constater qu'on commence à perdre de l'argent dès que les pertes de poissons entre la récolte et la vente dépassent 14%.

Le scénario 2 (annexe 3) admet en plus d'une alimentation correcte, sur 100% de la durée d'élevage, une réduction des pertes après récolte faisant passer ces pertes de:

- 30,48% à 10% pour les *Clarias;*
- 25,90% à 10% pour les *Oreochromis.*

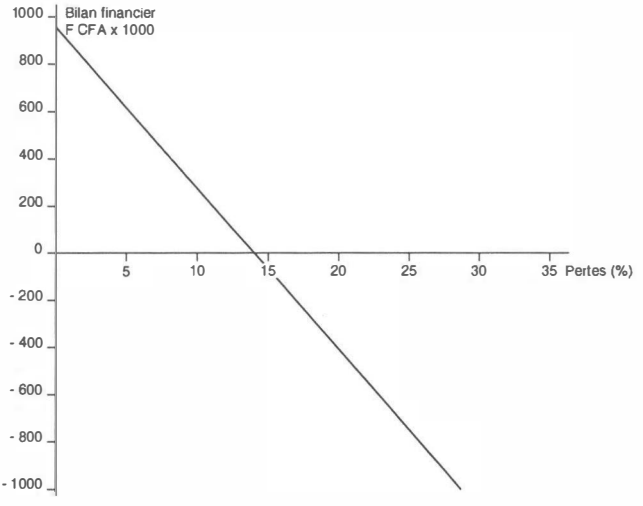


Fig. 1. — Bilan financier en fonction des pertes (A.C. + R.P.).

Ces scénarios sont parfaitement réalisables dans les conditions congolaises et sont révélateurs de la capacité du système d'élevage choisi pour générer des bénéfices.

6. Conclusions et recommandations

Les essais de production de *Clarias gariepinus* menés au centre piscicole de Djoumouna, malgré un environnement difficile caractérisé par une mauvaise qualité des étangs pour le grossissement, un manque d'aliment, une forte prédation par les grenouilles en alevinage et de nombreux vols après la récolte, ont atteint l'objectif principal pour lequel ils ont été menés: le contrôle de la population de tilapias.

Cependant, malgré l'atteinte de cet objectif, la production du clarias a été caractérisée par de nombreux problèmes qui justifient la faiblesse des résultats:

- Un mauvais choix de la densité d'empoissonnement;
- Un faible rendement après le grossissement dû à une faible survie de *C. gariepinus;*
- D'énormes pertes entre la récolte et la vente de la production.

La conséquence de tout cela a été un lourd déficit. Il peut être amélioré par une alimentation correcte et une réduction des pertes après récolte.

L'élevage du *Clarias* au centre piscicole de Djoumouna peut donner des résultats intéressants et des recommandations ont été émises:

- Faire l'alevinage uniquement dans des étangs protégés contre les prédateurs;
- Trier les alevins avant le grossissement pour ne commencer cette phase d'élevage qu'avec des alevins calibrés pour réduire les risques de cannibalisme;
- S'assurer de la disponibilité de l'aliment pour tout le cycle avant le début de l'élevage;
- Faire le grossissement uniquement dans les étangs sur dérivation pour augmenter la survie;
- Augmenter la densité d'empoissonnement à 2 poissons/m^2;
- Faire un contrôle plus rigoureux après la récolte pour réduire les pertes enregistrées.

ANNEXES

Annexe 1: Frais d'investissement et du personnel

1. CONSTRUCTION DES ÉTANGS
   - Méthode du cubage de terre déplacé
     50 000 F/are à raison d'1 m^3 à 1 000 F/ouvrier/jour.
   - Pour 287 ares, il faut: 287 x 50 000 F/are = 14 350 000 F CFA.
     Durée d'amortissement d'un étang: 20 ans.

2. ÉQUIPEMENT D'UN ÉTANG

2.1. Tuyaux d'entrée d'eau

Un tuyau PVC de 6m de long et 6 cm de diamètre coûte 6 000 F CFA et sert pour deux étangs (soit 3 m par étang pour 3000 F CFA).

   - Pour 5 étangs de grossissement, il faut 5 x 3000 = 15 000 F CFA.
     Durée d'amortissement des tuyaux PVC = 10 ans.

2.2. Moine et pêcherie

   - Coût de construction d'un moine + pêcherie en ciment = 50 000 F CFA.
   - Pour 5 étangs, il faut 5 moines + pêcherie x 50 000 = 250 000 F CFA.
     Durée d'amortissement de la structure = 20 ans.

3. MATÉRIEL: 180 500 F CFA

Liste du matériel:

   - 1 brouette: 30 000 F CFA
   - 1 dame: 20 000 F CFA
   - 2 faucilles: 6 000 F CFA
   - 1 balance: 15 000 F CFA
   - 1 peson: 3 000 F CFA
   - 1 senne: 30 000 F CFA
   - 3 pelles: 12 000 F CFA
   - 4 machettes: 10 000 F CFA
   - 3 épuisettes: 9 000 F CFA
   - 4 paniers en osier: 16 000 F CFA
   - 3 seaux: 4 500 F CFA
   - 1 épervier: 25 000 F CFA

   Durée d'amortissement du matériel = 5 ans.

4. PERSONNEL = 1 351 816 F CFA
   - 1 chef d'exploitation, 2 ouvriers permanents et 6 ouvriers temporaires.
   - 1 chef d'exploitation 75 000 F CFA/mois (soit 2 500 F CFA/jour) x 224 jours = 560 000 F CFA
   - 2 ouvriers permanents x 50 000 F CFA/mois/ouvrier (soit 1 667 F/jour/ouvrier) x 224 jours = 746 816 F CFA
   - 6 ouvriers temporaires x 1500 F CFA/ouvrier/jour x 5 jours/cycle * = 45 000 F CFA

* Les ouvriers temporaires ne sont pris que pour participer aux opérations de récolte et il n'y a que cinq vidanges par cycle de production.

Annexe 2: Scénario 1

Alimentation correcte (A.C.)

1. Quantité d'aliment utilisée en 113 jours = 24 985 kg
2. Coût de l'aliment utilisé en 113 jours = 1 193 250 F CFA
3. Coût du kg d'aliment = 1 193 250 : 24 985 = 47,76 F CFA
4. Quantité d'aliment nécessaire pour 224 jours:
   24 985 x 224 / 113 = 49 528 kg
5. Quotient nutritif trouvé après 113 jours d'alimentation = 5,6
6. Coût de l'aliment au bout de 224 jours = 49 528 x 47,76 = 2 365 457 F CFA
7. Production probable après 224 jours d'alimentation 49 528/5,6 = 8 844 kg
8. Pourcentage des pertes = 26,40%
9. Production à vendre = 8 844 x 73,60 / 100 = 6509,184 kg
10. Coût moyen de vente du kg de poisson = 744 F CFA
11. Recette probable après 224 jours d'alimentation
    6 509,184 x 744 = 4 842 832 F CFA
12. Amortissement de l'investissement = 383.800 F CFA
13. Dépenses de fonctionnement 4 059 106 - 1 193 250 + 2 365 457 = 5 231 313 F CFA
14. Dépense totale
    5 231 313 + 383 800 = 5 615 113 F CFA
15. Balance = 4 842 832 - 5 615 113 = -772 280 F CFA/cycle

Annexe 3: Scénario 2

Effet conjugué alimentation correcte (A.C.) + Réduction des pertes (R.P.)

1. Production brute initiale = 6 099,18 kg
2. Production brute avec A.C. (annexe 2) = 8 844 kg
3. Pourcentage des pertes admis = 10%
4. Production à vendre = 8 844 x 90/100 = 7959,60 kg
5. Coût moyen de vente du kg de poisson = 744 F CFA
6. Recette attendue = 744 x 7959,60 = 5 921 942 F CFA
7. Amortissement de l'investissement = 383 800 F CFA
8. Dépenses de fonctionnement = 5 231 313 F CFA
9. Dépense totale = 5 231 313 + 383 800 = 5 615 113 F CFA
10. Balance = 5 921 942 - 5 615 113 = + 306 829 F CFA/cycle.

RÉFÉRENCES

BARD, J., DE KIMPE, P. & LESSENT, P. 1975. Nouveaux poissons et nouvelles méthodes d'élevage en Afrique. — *In:* FAO/CIFA, Symposium sur l'Aquaculture en Afrique.

COCHE, A.G. & EDWARDS, D. 1989. Selected aspects of warmwater fish culture. — FAO.

DE GRAAF, G.J. 1989. Rapport final du Service de Recherche piscicole. — Projet FAO/PNUD/PRC/88/007. Développement de la Pisciculture rurale.

DE GRAAF, G.J., GALEMONI, F. & BANZOUSSI, B. 1990. The artificial reproduction and fingerling production of the African catfish *Clarias gariepinus* in protected and non protected ponds. — UNDP/FAO, Rural Fish Farming Development Project.

EL BOLOCK, A.R. 1975. Rearing of the Nile catfish, *Clarias lazera* to marketable size in Egyptian experimental ponds. — FAO/CIFA, Symposium on Aquaculture in Africa.

GUERRERO, R.D. III. 1982. Control of Tilapia reproduction. — *In:* PULLIN, R.S.V. & LOWE-MC CONNELL, R.H. (eds.), The biology and culture of *Tilapias.* ICLARM Conference Proceedings.

HOGENDOORN, H. & WIEME, R. 1975. Preliminary results concerning the culture of *Clarias lazera* in Cameroon. — FAO/CIFA, Symposium on Aquaculture in Africa.

HUISMAN, E.A. 1986. The aquaculture potential of the African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell. 1822). — *In:* HUISMAN E.A. Aquaculture research in the Africa region.

JANSSEN, J. 1985. Élevage du poisson chat africain, *Clarias lazera* (Cuv. & Val. 1840) en République Centrafricaine. III - Alevinage et grossissement en étangs. Projet GCP/CAF/007/Net, Bangui.

KALI-TCHIKATI, E. 1991. Production du *Tilapia nilotica* en milieu rural congolais. — Projet Pisciculture Rurale.

KENMUIR, D. 1983. Fishes of Kariba. — Longman. Zimbabwe.

MARQUET, J.P., 1990. Approche technique et économique de la pisciculture en République Populaire du Congo. — Projet PNUD/FAO/PRC: 88/007. Développement de la piscicultue rurale, Phase 2.

MICHA, J.C. 1975. Synthèse des essais de reproduction d'alevinage et de production chez un silure africain: *Clarias lazera.* — FAO/CIFA, Symposium sur l'Aquaculture en Afrique.

MICHA, J.C. 1991. Intégration de la pisciculture dans le développement rural. — *In:* Séminaire "Les petits paysans dans les pays en voie de développement" (Bruxelles, 15 octobre 1987). Conseil Interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (C.I.U.F.), Bruxelles, pp. 131-151.

MICHA, J.C. & FRANCK, V. 1975. Biologie des principales espèces utilisées en pisciculture africaine.

PECTOR, R. 1991. L'élevage du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus*. Miméo.

PLISNIER, P.D., MICHA, J.C. & FRANCK, V. 1988. Biologie et exploitation des poissons du lac Ihema (Bassin Akagera, Rwanda). — Presses universitaires de Namur.

RUWET, J.C., VOSS, J., HANON, L. & MICHA, J.C. 1975. Biologie et élevage des Tilapias. — FAO/CIFA, Symposium sur l'Aquaculture en Afrique.

VIVEEN, W.J.A.R., RICHTER, C.J.J., VAN OORDT, P.G.W.J., JANSSEN, J.A.L. & HUISMAN, E.A. 1985. Manuel pratique de pisciculture du poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*). - La Haye, 94 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 435 - 446 (1995)

Original : Français

LA POLYCULTURE TILAPIA-*CLARIAS* AU RWANDA, AVEC ATTENTION PARTICULIÈRE À L'INTÉGRATION PISCICULTURE-AGRICULTURE-ÉLEVAGE

PAR

Lieven VERHEUST*, Eugène RURANGWA** & Frans OLLEVIER*

RÉSUMÉ. — Le Rwanda est un petit pays densément peuplé en Afrique Centrale. 92% de la population est rurale et vit dans un système d'agriculture de subsistance. La pisciculture y a démarré dans les années 40 mais sa grande expansion a eu lieu à partir de 1982 sur base d'un système de monoculture d'*Oreochromis niloticus*. Une souche égyptienne-ivoirienne de cette expèce a été introduite sur base de sa tolérance aux basses températures, vu qu'on pratique la pisciculture jusqu'à une altitude de 2200 m. A partir de 1989, la polyculture de cette espèce avec *Clarias gariepinus* a été développée et, à partir de 1991, elle a été vulgarisée avec succès. L'intégration à l'élevage est surtout pratiquée dans les stations piscicoles gouvernementales. On y associe l'élevage de porcs, de poules, de canards, de lapins, de chèvres et de moutons à la pisciculture. La production y varie autour de 6 tonnes en monoculture et 9 tonnes par ha par an en polyculture. L'intégration pisciculture-agriculture par contre se répand de plus en plus en milieu rural. Cette intégration se réalise avec des intensités diverses en ce qui concerne l'utilisation de l'espace, des sous-produits, de l'eau et de la main-d'œuvre. Elle est devenue inévitable à cause du manque de terres dans les marais, suite à la démographie galopante. C'est justement ici que la polyculture tilapia-*Clarias* joue un rôle important dans la valorisation des

* Katholieke Universiteit Leuven, Zoölogisch Instituut, Naamsestraat 59, B-3000 Leuven (België).

** Université Nationale du Rwanda, Station Piscicole de Rwasave, B.P. 117, Butare (Rwanda).

différentes ressources de l'étang et de l'agriculture. La production et la rentabilité en polyculture y sont jusqu'à 50% plus élevées qu'en monoculture d'une des deux espèces. *O. niloticus* se montre surtout microphage (consommant principalement le plancton), alors que *C. gariepinus* se présente comme un opportuniste dans le sens le plus large. Son régime alimentaire est composé de zooplancton, de matière végétale (macrophytes), de déjections de tilapia, d'insectes, d'amphibiens, allant jusqu'à des petits mammifères noyés (rats, chauve-souris, etc.); la matière végétale occupe néanmoins la part la plus importante en volume.

Introduction

Le Rwanda est un petit pays densément peuplé et enclavé en Afrique Centrale. La pisciculture y a été développée depuis les années 40 sur base de trois espèces de tilapias: *Oreochromis niloticus, O. Macrochir* et *Tilapia rendalli.* Depuis les années 80, le développement de la pisciculture a redémarré par la mise en place d'un nouveau service de vulgarisation (VEVERICA & MOEHL 1988). On promut alors la monoculture d'une nouvelle souche d'*Oreochromis niloticus* plus résistante aux basses températures. Vu que la pisciculture restait surtout une pisciculture extensive ou semi-intensive, la densité de stockage était limitée à 2 poissons par 3 m^2 afin de réduire les problèmes de nanisme et de surproduction d'alevins.

Suite à une production secondaire très importante et non valorisée par *Oreochromis niloticus* dans ce système de monoculture, on a décidé en 1989 de développer la polyculture de cette dernière espèce avec *Clarias gariepinus*. Cette production secondaire est surtout constituée de têtards, de grenouilles, de grands insectes aquatiques et d'annélides. Dans des étangs moins contrôlés, on peut encore trouver des petits poissons sauvages (*Haplochromis* sp., *Barbus* sp. et *Clarias liocephalus*) et parfois un nombre trop élevé d'alevins de tilapia.

Le développement de la culture de *Clarias gariepinus* au Rwanda a été surtout le travail de la Station Piscicole de Rwasave, station expérimentale de l'Université Nationale du Rwanda, à travers un projet financé par l'AGCD (Administration Générale belge de la Coopération au Développement). On y a adopté assez vite les techniques adaptées de reproduction, de production d'alevins, de production de poissons marchands et de transformation de ce poisson. Ces quatre domaines sont devenus également les domaines-clés de la recherche sur *Clarias gariepinus* au Rwanda depuis 1991.

Reproduction et alevinage

La reproduction et l'alevinage de *Oreochromis niloticus* ont lieu dans le même étang. En milieu rural, les alevins proviennent de l'étang de production même, alors qu'en station on les produit dans des étangs d'alevinage empoissonnés avec 40 géniteurs par are (75% de femelles).

Le développement de la technique de reproduction de *Clarias gariepinus,* est basé sur la méthode décrite par VIVEEN *et al.* (1985) avec l'injection d'extrait hypophysaire. Les oeufs sont incubés sur des treillis moustiquaires en grands bacs ou en aquariums à une température entre 22 et 24°C. Les larves sont alimentées pendant quelques jours après l'absorption du sac vitellin avec le zooplancton (vivant ou immobilisé par le froid).

Les post-larves sont déversées dans des étangs fertilisés au moyen d'herbes et de fumier animal et mis sous eau deux jours avant l'empoissonnement. Le taux d'empoissonnement varie entre 30 et 100 larves par m^2. On transfère actuellement cette étape à des pisciculteurs ruraux privés en leur fournissant les larves. Les avantages de la vente de larves sont multiples: les pisciculteurs ne dépendent pas d'une seule station d'alevinage, le transport ne coûte pas cher et est facile (25 000 post-larves dans un sac avec 2 litres d'eau et 4 d'oxygène), l'alevinage est transféré au secteur privé tandis que la production de larves de bonne qualité reste encore dans les mains d'une station gouvernementale.

Le taux de survie des post-larves en étang varie entre moins de 1% et 30%. Il y a plusieurs causes possibles de mortalité: la prédation par des larves d'insectes, par des grenouilles, par des oiseaux (ombrettes, ibis, hérons, cigognes et martins-pêcheurs), des conditions physico-chimiques défavorables et le cannibalisme. Les alevins d'un poids moyen de 3 à 5 g sont récoltés après environ 6 semaines.

Systèmes de production

On peut distinguer deux systèmes de production en polyculture: la pisciculture semi-intensive en station et la pisciculture moins intensive ou même extensive en milieu rural.

La pisciculture semi-intensive en station se réalise actuellement en trois étapes pour le tilapia et le *Clarias*. Les étangs de reproduction de tilapia sont également des étangs d'alevinage où on récolte des alevins de

5 à 10 g chaque mois. Ces alevins sont deversés ensuite dans des étangs de prégrossissement à une densité d'environ 5 par m². Les poissons deviennent sexables après 4 à 5 mois et pèsent alors 30 à 50 g. On réempoissonne alors uniquement au moyen de mâles à raison de 250 poissons par are dans des étangs de grossissement afin de les faire grossir en 8 mois jusqu'à 200 à 250 g. C'est dans cette dernière étape que l'on pratique la polyculture avec 50 *Clarias* par are. L'empoissonnement se fait avec des *Clarias* d'une taille de 5 g (ensemble avec les tilapias mâles de 50 g) mais les *Clarias* atteindront leur taille marchande (300 à 400 g) dans la même période. La production nette de cette dernière étape varie entre 75 et 100 kg/are/an. La production du prégrossissement se situe entre 40 et 60 kg/are/an. Les poissons sont alimentés au son de riz à 10% du poids par jour mais avec un maximum de 5 g/poisson/jour (alimentation constante à partir de 50 g de poids moyen). La fertilisation peut être réalisée par une intégration à l'élevage combinée à la distribution de compost (avec les herbes des digues) dans des enclos à compost. Une fertilisation classique consiste en 500 kg/ha/semaine de matière organique (matière sèche) dont un cinquième de fumier de poules.

Tableau 1

Caractéristiques de la production piscicole aux environs de Butare (approximations)

Type de culture	PMini (g)	PMvid (g)	Dens. (p/m²)	Périod. (mois)	Pr. nette (kg/are/an)	Prod. alev. (p/are/an)
En station						
Alevinage. T.	-	5-10	-	18	15-25	3 000-4 000
Alevinage.C.	0,005	3-5	30-100	1,5	25-85	6 000-20 000
Prégross.T.	5-10	30-50	4-6	4-5	40-60	0
Gross. T (mâles)	30-50	200-250	2,5	6-7	60-75	0
Gross. T (mâles) + C	30-40	225-275	3,0	6-7	75-100	0
Milieu rural						
Ext. T (sexes mél.)	5	100-200	0,7	10-12	5-15	>300
Sem. int. T (sexes mél.)	5	150-250	1,0	10-12	15-25	>300
Sem. int. T (sexes mél.) + C	5	200-250	1,0	10-12	20-35	>100

T= tilapia, C = *Clarias*

En milieu rural, la reproduction, l'alevinage et la croissance du tilapia ont lieu dans le même étang. L'étang de polyculture est généralement empoissonné à une densité totale de 1 poisson par m², dont 25 à 35% de *Clarias*. Tous les alevins ont normalement un poids moyen de 5 à 10 g au début de l'élevage. La période d'élevage dépend de l'intensité de gestion et varie entre 8 et 12 mois. A la fin de cette période,

on récolte normalement des tilapias d'un poids moyen de 100 à 200 g et des clarias pesant 300 à 500 g. Dans la plupart des cas, on trouve encore assez d'alevins de tilapia pour l'empoissonnement en vue de la période d'élevage suivante . La production se situe généralement autour de 20 à 35 kg/are/an avec des maxima de 45 kg/are/an.

La polyculture tilapia-*Clarias*

L'augmentation de la production par la polyculture vis à vis de la monoculture résulte de deux effets: une meilleure utilisation des ressources de l'étang et une action synergique entre les deux espèces. Comme déjà mentionné, la meilleure utilisation des ressources concerne surtout la consommation d'une partie de la production secondaire comme source importante de protéines. *Clarias gariepinus* se présente ici comme un opportuniste dans le sens le plus large. Son régime alimentaire est composé de zooplancton, de matière végétale (macrophytes), de déjections de tilapia, d'insectes, d'amphibiens allant jusqu'à des petits mammifères noyés (rats, chauve-souris, etc.). La matière végétale occupe néanmoins la part la plus importante en volume. On constate une concurrence légère entre les deux espèces avant qu'*O. niloticus* atteigne un poids de 50 g (VERHEUST *et al.* 1991). La comparaison entre le régime alimentaire de petits individus (poids moyen 30 g) des deux espèces montre une consommation importante de matière végétale chez les deux espèces (figure 1). Vu l'abondance relative de cette matière dans l'étang, la concurrence n'a pas beaucoup d'influence sur la croissance de chaque espèce.

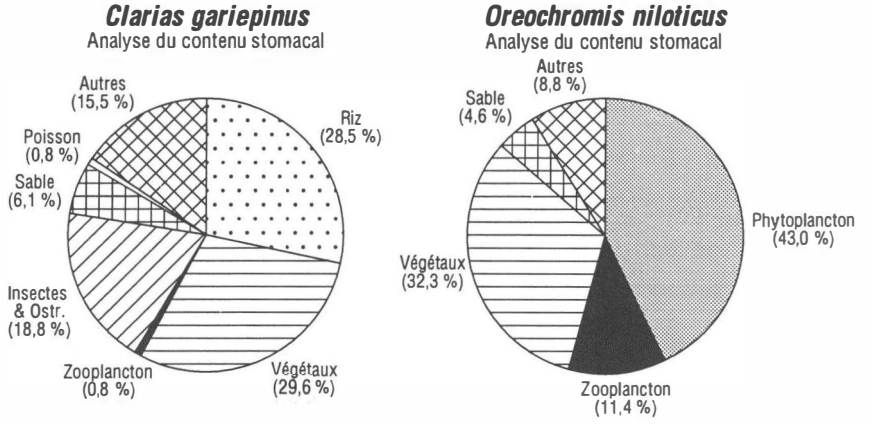


Fig. 1. — Résultat de l'analyse stomacale de *C. gariepinus* et *O. niloticus* en étangs alimentés au son de riz (d'après VERHEUST *et al.* 1991)

Outre une meilleure utilisation des ressources naturelles de l'étang, on constate également une meilleure utilisation de la nourriture administrée: le *Clarias* consommera par exemple surtout les brisures de riz dans le son de riz alors que le tilapia filtre les particules suspendues et flottantes. Par la consommation de têtards, de grenouilles et de poissons sauvages, le *Clarias* élimine des concurrents pour le tilapia. De l'autre côté, le tilapia consomme une partie de la végétation flottante de l'étang. Les étangs de monoculture de clarias souffrent toujours tôt ou tard d'un recouvrement total d'*Azolla* sp., de *Lemna* sp. ou d'autres macrophytes. L'importance du contrôle de la surproduction d'alevins de tilapia ne vient qu'en tout dernier lieu et surtout à des altitudes inférieures à 1600 m.

La polyculture de *C. gariepinus* avec *O. niloticus* améliore également la situation sanitaire par l'élimination de mollusques. On a constaté qu'à la Station Piscicole de Rwasave, on ne trouve pas de mollusques dans les étangs de production empoissonnés de *Clarias* (RUTIKANGA *et al.* 1992). Plusieurs espèces de mollusques sont des hôtes intermédiaires de divers parasites des poissons (trématodes, maladie des taches noires), des animaux (douves du foie) et même de l'homme (bilharziose). En théorie, la présence de *C. gariepinus* devrait également contribuer à une diminution de la prévalence du paludisme en raison de sa préférence spécifique pour les larves de moustiques.

L'altitude

La polyculture tilapia-*Clarias* s'étend actuellement de 1300 m jusqu'à 2200 m d'altitude. Il est évident que la température a une influence sur la production piscicole: la température moyenne affecte la production et la température minimale affecte la reproduction. À 2200 m d'altitude, la croissance pour les deux espèces n'est que la moitié de la croissance à 1600 m, mais elle reste satisfaisante (VERHEUST *et al.*, in press). A 2200 m, il n'y a plus de reproduction naturelle du tilapia. Le système de polyculture y est pourtant toujours plus intéressant que la monoculture alors que le *Clarias* n'y joue jamais le rôle de prédateur sur les alevins. A 1300 m d'altitude, le contrôle de la surproduction d'alevins et de petits poissons sauvages prend une plus grande importance, vu que la reproduction des tilapias et des *Haplochromis* y est plus rapide.

Les souches utilisées de *Clarias gariepinus* et d'*Oreochromis niloticus* semblent toutes les deux bien adaptées aux basses températures.

La pisciculture intégrée

Les principaux intrants de la pisciculture rwandaise sont les herbes, les feuilles vertes, le fumier organique et le son de riz.

L'association de la pisciculture à l'élevage à grande échelle est pratiquée presque uniquement dans les stations de recherche, de vulgarisation et de production. On y pratique un système entièrement intégré avec comme seuls intrants extérieurs les aliments spécifiques du bétail et le son de riz. La station piscicole de Rwasave intègre la pisciculture, l'élevage de porcs, de poules, de chèvres, de moutons et l'agriculture. L'élevage de canards a été abandonné à cause du manque de demande du marché. L'association à l'élevage des bovins se fait indirectement par un programme d'échange fumier-fourrage. La transformation des poissons fait également partie du système intégré représenté en figure 2.

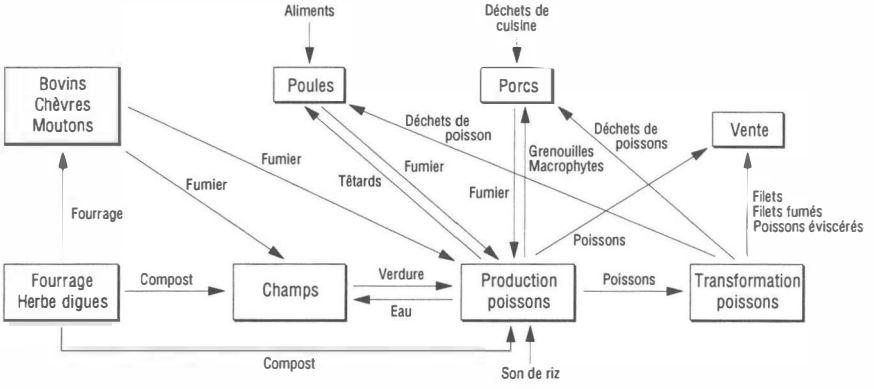


Fig. 2. — Intégration élevage-agriculture-pisciculture à la Station Piscicole de Rwasave

Les stations piscicoles de Kigembe et de Runyinya ont incorporé la culture de lapins au système. Les liens entre les différents sous-systèmes se présentent comme suit:

- Les vaches, chèvres et moutons reçoivent des herbes des champs ou des digues comme fourrage. Le fumier est utilisé pour la fertilisation des étangs et des champs;
- Les champs sont irrigués avec l'eau des étangs (par aspersion) ou grâce aux infrastructures d'alimentation en eau des étangs et par infiltration latérale. La vase des étangs est rarement adéquate comme fertilisant des

champs. Des macrophytes provenant des étangs sont utilisés comme engrais vert. La verdure des légumes (choux, carottes, etc.) et les mauvaises herbes servent d'engrais vert ou de nourriture pour les poissons;

- Les poules reçoivent une alimentation fabriquée partiellement avec les déchets de filetage ou d'autres produits de transformation du poisson. Ces déchets sont particulièrement riches en protéines et en calcium et forment donc un supplément idéal pour les poules pondeuses. Un surplus de têtards peut servir également de nourriture. La fiente et les restes de nourriture tombent directement dans l'étang et servent de nourriture directe aux poissons (tilapias et *Clarias*). Environ 4 poules par are sont placées dans des poulaillers mobiles au-dessus des étangs;
- L'élevage des porcs bénéficie de certains produits accessoires de l'élevage des poissons, comme les grenouilles ou les macrophytes. Les déchets de la transformation (têtes, arêtes, viscères, etc.) sont hachés et servent de supplément alimentaire. L'apport des porcs aux poissons est assez grand: la quantité de refus dans l'élevage porcin est considérable et sert surtout de bonne nourriture pour le *Clarias*. Les porcheries sont construites à côté des étangs et fertilisent ceux-ci directement par gravité. On utilise entre 10 et 20 kg de porcs par are d'étangs;
- La transformation des poissons constitue un élément important de recyclage d'une partie des protéines produites par la pisciculture. Comme le rendement du filetage se situe entre 30 et 50%, plus de la moitié de la production retourne au système après transformation.

En milieu rural, l'intégration directe à l'élevage est plus rare: un problème de gardiennage, combiné avec le manque d'une tradition d'élevage en enclos, ne favorise pas cette intégration. Le problème de gardiennage réside dans le fait que la plupart des habitations sont situées sur les collines alors que les étangs se trouvent évidemment dans les vallées. Il existe pourtant quelques cas d'intégration avec l'élevage des canards, des poules et des lapins. Ce dernier élevage pourrait éventuellement avoir un avenir en milieu rural comme c'est le seul élevage qui est toujours pratiqué en cage.

L'association à l'agriculture par contre se répand de plus en plus en milieu rural. Cette intégration ne se réalise pas toujours suivant le modèle habituel: on ne fertilise entre autres que rarement les champs avec la vase de l'étang. Vu le caractère extensif de la pisciculture, cette vase n'est d'ailleurs pas toujours si fertile. D'un autre côté, on appauvrit l'étang en enlevant cette vase après chaque période d'élevage. C'est ainsi que

l'intégration se limite plutôt à un partage de l'espace et de la main-d'œuvre et un échange en eau et en matière organique entre les champs et les étangs. Les pisciculteurs commencent à cultiver leurs digues à cause du manque de terre en marais et utilisent les étangs également comme réserve d'eau pour l'arrosage des champs. Les déchets agricoles comme les feuilles extérieures des choux, la verdure des carottes, les feuilles de colocase ou de manioc servent directement de nourriture ou encore à la fertilisation des étangs.

Les macrophytes aquatiques les plus fréquents sont *Azolla* sp. et *Lemna* sp. et des nénuphars. *Azolla* n'est pas bien intégré dans le système agro-piscicole et pose plutôt des problèmes de gestion dans les étangs avec des poissons d'un poids moyen inférieur à 50 g. Ces poissons ne mangent pas toute la plante et ne peuvent pas empêcher qu'elle couvre toute la surface d'eau en très peu de temps avec des problèmes de mortalité (bas taux d'O_2) et de croissance (basse température) comme conséquence. Ceci se passe surtout quand le pisciculteur n'entretient ou ne visite pas assez son étang. Comme le mentionnent LITTLE & MUIR (1987), il est presque impossible de garder un équilibre entre les macrophytes et les poissons macrophytophages. De plus, *Azolla pinnata* ne semble pas un aliment intéressant pour *O. niloticus* (PULLIN & ALMAZAN, 1983 et observ. pers.). Une fois que les poissons ont dépassé 50 grammes, ils consomment toute la plante et elle disparaît finalement presque tout à fait de l'étang. Quand l'*Azolla* ou le *Lemna* posent des problèmes de couverture des étangs, on les enlève à l'aide d'un bambou ou de roseaux pour les utiliser comme engrais vert sur les champs. L'utilisation d'*Azolla* dans l'alimentation d'animaux (par exemple des porcs) est limitée à cause de son pourcentage élevé en eau (>95%).

L'intégration de la main-d'œuvre se réalise par un gardiennage et un entretien communs des champs et des étangs.

Comparaison entre l'agriculture et la pisciculture

Les bénéfices comparés de l'agriculture et de la pisciculture intéressent beaucoup les responsables de la planification agricole des vallées. Une enquête a été menée au Rwanda en 1991 afin de comparer la situation économique des diverses cultures que les pisciculteurs ruraux pratiquent à côté de la pisciculture. Le sondage a eu lieu dans 56 communes sur 156 coopératives et 111 propriétaires individuels (THOMAS *et al.* 1993).

L'analyse économique de la pisciculture fut basée sur un coût moyen de construction de 7435 FRW/are, un coût des alevins de 3,3 FRW/pièce et un prix de vente du poisson de 147 FRW/kg (1US $ = 145 FRW). L'enquête a démontré que 80% des pisciculteurs n'alimentaient jamais les poissons et que 89% fertilisaient l'étang régulièrement. La période moyenne de culture était de 11 mois avec un poids moyen de géniteurs de 173 g à la récolte. La production moyenne était seulement de 16 kg/are/an, le maximum étant de 49 kg/are/an. En moyenne, 18% de la récolte consistaient en alevins.

La pisciculture venait en deuxième lieu derrière la culture des choux blancs, en ce qui concerne le revenu net à la terre (basé sur le salaire journalier moyen). En ce qui concerne les revenus nets à la main-d'œuvre, à la gestion et à la terre, la pisciculture vient en premier lieu. Le salaire journalier de la pisciculture ne vient qu'en troisième lieu (derrière le riz et les choux), probablement à cause d'une surestimation de la main-d'œuvre (tableau 2).

Tableau 2

Budget annuel d'une entreprise rwandaise de 1 are (d'après THOMAS et al. 1993)

Culture	Coûts intrants et mat. (FRW)	Main-d'œuvre nécess. (jrs/an)	Revenus bruts (FRW)	Revenus nets* (FRW)	Salaire journalier (FRW)	Récolte (kg)	Revenus nets à la terre avec salaire moyen (FRW)
Poisson	500	83,2	3242	2742	33,0	13,3	1204
Patate douce	960	41,2	1383	423	10,3	138,3	-340
Pomme de terre	1820	41,9	1689	-131	-3,1	112,6	-905
Manioc	748	45,0	1120	373	8,3	56,0	-460
Taro	573	45,5	908	335	7,4	60,5	-507
Sorgho	418	31,1	675	258	8,3	22,5	-318
Maïs	521	35,5	1050	530	14,9	42,0	-127
Haricot	611	34,5	1140	529	15,3	28,5	-109
Soja	683	27,7	1029	346	12,5	22,9	-166
Riz	185	7,7	663	478	62,5	26,5	336
Choux blanc	560	44,5	2750	2190	49,3	137,5	1368

*Revenus nets à la main d'œuvre, à la gestion et à la terre

Une évaluation d'un système agro-piscicole bien intégré (BARBIER *et al.* 1985) dans le sud du Rwanda (basse altitude) entre 1982 et 1985 a été faite sur base d'analyses exactes des intrants et de la main-d'œuvre. On y associait la pisciculture à la culture de soja, de maïs, de tomates et de pommes de terre. La main-d'œuvre par are y était nettement moins élevée et le salaire journalier y atteignait 264 FRW, donc beaucoup plus

élevé que dans l'étude de THOMAS *et al.* (1993). Dans le système intégré mentionné, les 41% de la superficie étaient occupés par les étangs qui généraient également environ 41% des recettes brutes.

Dans des systèmes intégrés plus extensifs en terrain moins marécageux, la superficie des champs cultivés est beaucoup plus élévée par rapport à la superficie des étangs, alors que les recettes brutes par are de la pisciculture y sont beaucoup plus élevées que celles de l'agriculture.

La transformation et la commercialisation

La transformation et la commercialisation sont les dernières étapes dans la production du poisson. En milieu rural, presque tous les poissons sont vendus à l'état frais, éviscéré ou écaillé. Plus de la moitié de la production est vendue (HISHAMUNDA *et al.* 1993), le reste étant auto-consommé. En milieu urbain, une grande partie peut être vendue sous forme de filets, le pourcentage dépendant de l'espèce: à Butare environ 20% du tilapia et 80% du *Clarias* est fileté.

Pour le *Clarias,* la transformation en filets frais et en filets salés puis fumés a été développée afin de faciliter la commercialisation. Comme déjà mentionné, la transformation partielle ou totale sur place peut être très bénéfique pour une station intégrant pisciculture et élevage par l'utilisation des déchets de filetage dans la préparation des rations de poules ou de porcs. Le mélange des déchets frais mais hachés dans la ration des poules pondeuses a eu un effet très positif, vu la teneur en protéines et en calcium, sur le taux de ponte à la Station de Rwasave.

RÉFÉRENCES

BARBIER, P., KALIMANZIRA, C. & MICHA, J.-C. 1985. L'aménagement de zones marécageuses en écosystèmes agro-piscicoles, le projet de Kirarambogo au Rwanda, rapport de synthèse 1980-1985. — F.U.C.I.D., Namur. 35 pp.

HISHAMUNDA, N., THOMAS, M., BROWN, D. & ENGLE, C. 1993. A comparative economic analysis of small-scale fish culture in Rwanda. — PD/A CRSP Technical Report. 5pp.

LITTLE, D. & MUIR, J. 1987. A guide to integrated warm water aquaculture. — Institute of Aquaculture Publications, University of Stirling, 238 pp.

PULLIN, R.S.V. & ALMAZAN, G. 1983. *Azolla* as fish feed. — I.C.L.A.R.M. Newsl., **6**(1): 6-7.

RUTIKANGA, P., VEVERICA, K.L. & GATERA, A. 1992. Factors influencing infestations of *Oreochromis niloticus* by diplostomatid cysts (black spot disease). — CRP tenth annual report, pp. 134-135.

THOMAS, M., HISHAMUNDA, N., BROWN, D. & ENGLE, C. 1993. A comparative entreprise budget analysis of small-scale fish cultures in Rwanda.

VERHEUST, L., RURANGWA, E. & VEVERICA, K.L. 1991. Comparative growth and mortality of *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus* fingerlings in earthen ponds (Rwanda). — EAS Special publication **14** (1991), pp. 318-319.

VERHEUST, L., VEVERICA, K.L., GATERA, A., OLLEVIER, F., POPMA, T. & SEIM, W. (in press). Monoculture and polyculture of *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus* at altitudes of 1570 and 2180 meters in Rwanda: a comparison of growth, production and benefits.

VEVERICA, K.L. & MOEHL J. 1988. Final report: Rwanda National Fish Culture Project. — Auburn University (USA).

VIVEEN, W.J.A.R., RICHTER, C.J.J., VAN OORDT, P.G.W., JANSSEN, J.A.L. & HUISMAN, E.A. 1985. Manuel pratique de pisciculture du poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*). — La Haye, 94 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 447 - 455 (1995)

Original : Français

L'AGRO-PISCICULTURE AU BÉNIN

PAR

Frère NZAMUJO*

RÉSUMÉ. — Le Sud-Bénin possède une vieille tradition d'agro-pisciculture. Les techniques pratiquées aujourd'hui reposent sur ce fondement historique ainsi que sur les conditions géologiques et climatiques. Les habitants intègrent ces potentialités: ils sont à la fois agriculteurs et pêcheurs. Plusieurs raisons expliquent l'adoption de l'agro-pisciculture dans l'Afrique de l'Ouest, et particulièrement au Sud-Bénin: a) Les nombreux cours d'eau (l'Ouémé, le Mono, etc.) qui prennent naissance un peu plus au nord, transportent les déchets organiques issus des activités métaboliques des hommes et des animaux et viennent les déposer dans les marécages du sud, sous forme d'alluvions riches et propices aux cultures; b) En observant la vie des populations, on constate qu'elles versent les déchets issus des activités agricoles et familiales aux poissons pour les nourrir. L'homme vit en symbiose avec les animaux et la nature, à proximité ou dans l'eau. Il pratique à la fois l'agriculture et la pêche. Cette intégration montre qu'il a depassé le stade de la cueillette en pisciculture depuis longtemps dans la région. À titre d'exemple, le système d'acadja est une méthode originale d'élevage du poisson de façon traditionnelle. Il consiste à implanter des fagots de bois dans la lagune, sur une portion de plan d'eau. Ces fagots jouent un double rôle: ils ralentissent le cours d'eau et retiennent les matières organiques, créant un milieu favorable au développement de la microflore; les poissons y sont attirés et se développent en consommant le plancton qui prolifèrent. A la décrue, ils sont récoltés pour la vente et

* Centre Songhaï, B.P. 597, Porto-Novo (Bénin).

l'alimentation de la famille qui vit au voisinage ou même sur l'eau. C'est le cas des villages de Ganvié et de Guézin, bâtis entièrement sur l'eau et dont les habitants pratiquent avec dextérité ce système. Cependant les recettes de l'agro-pisciculture traditionnelle ne permettent plus de satisfaire les besoins car la population augmente régulièrement et les acadjas entraînent l'ensablement des lacs. Les pêches deviennent infructueuses. Pour améliorer les rendements, deux projets de pêche ont été lancés par le gouvernement dans les deux dernières décennies. Il s'agit du Projet de pisciculture de Godomey et du projet de pêche lagunaire. Le premier a adopté les principes de l'agro-pisciculture traditionnelle en y apportant des modifications telles que la culture d'*Oreochromis niloticus*, la fabrication des enclos avec des filets et l'alimentation à partir de granulés; ce fut un échec en raison des coûts très élevés de l'exploitation et des difficultés d'adaptation d'*O. niloticus* en eau saumâtre. Le projet de pêche lagunaire essaie de tirer leçon de cet échec en développant l'élevage des variétés locales et en exploitant la mangrove, mais les rendements sont faibles et ne justifient pas les moyens mis en œuvre. Le Centre Songhaï mène des recherches dans une nouvelle direction: le "Low Input production". Pour le paysan béninois, le recyclage des déchets n'est pas seulement un mode de production, c'est une nécessité. Le Centre Songhaï veut affiner ce recyclage des déchets et imaginer de nouvelles formes d'amélioration de la qualité des sous-produits du milieu. La riche expérience acquise à Ouando, Tehi, et Kinwedji dans ces domaines sera appliquée à la production à moindre coût et l'utilisation judicieuse des ressources locales: 1) culture des planctons, des asticots et des larves de mouche par la transformation du lisier de porcs; 2) usage du Tchaya (plante très riche en protéines) et des rafles de maïs pour la culture des larves; 3) l'épuration verte qui permet de cultiver les jacinthes d'eau utilisées pour le compost et la production d'énergie (biogaz); 4) l'intégration du riz, de l'*Azolla,* du tilapia et du *Clarias* sur un même casier inondable, avec culture de pastèque à la décrue; 5) l'association du micro-élevage (culture de vers de terre, de termites et d'escargots) à l'alimentation du poisson et la fertilisation du sol (vermicompost).

Introduction

Le Bénin est un petit pays de l'Afrique Occidentale, situé sur la côte du golfe de Guinée. Il est limité au nord par le Niger, à l'ouest par le Togo, à l'est par le Nigeria et au sud par l'Océan Atlantique. Il compte 4,8 millions d'habitants dont 80% sont des ruraux.

Le climat est soudano sahélien au nord et sub-équatorial au Sud. Il existe très peu de ressources naturelles exploitables et les Béninois ont toujours tiré leur subsistance de la terre et du petit commerce. L'agriculture est la base de l'économie Béninoise. Au fil du temps, les Béninois ont acquis une riche expérience agricole qui se traduit par des techniques variées. Ainsi l'agro-pisciculture, qui consiste à allier les différentes formes de production agro-pastorale à l'élevage du poisson,

constitue une vieille pratique agricole au Sud-Bénin. Plusieurs atouts naturels conditionnent cette tradition et en font un élément majeur de la structure du paysage en milieu rural. Nous allons voir comment l'agro-pisciculture a été adoptée par le paysan Béninois et quelle en est l'ampleur aujourd'hui.

1. Agro-pisciculture: base de la production agricole au Sud-Bénin

Nous l'avons déjà dit, par agro-pisciculture nous entendons l'intégration des différentes formes de production végétale et animale à l'élevage du poisson. Plusieurs raisons militent en faveur de son adoption par les populations du Sud-Bénin.

1.1. Potentialités naturelles favorisant l'agro-pisciculture au Bénin

Il existe de nombreux cours d'eau dont le plus important est l'Ouémé (350 km). Ils ont leur source un peu plus au nord et viennent se jeter à la mer. Dans leur lit, ils charrient toutes sortes de résidus organiques issus des activités métaboliques humaines et animales et les déposent régulièrement dans les marécages au Sud, sous formes d'alluvions riches et propices aux cultures. Ainsi la vallée de l'Ouémé est très riche et on la compare facilement à la vallée du Nil à cause de sa fertilité remarquable. On y cultive des céréales (maïs, riz), des cultures maraîchères et des tubercules. Populations attachées à la terre, les habitants du Sud-Bénin exploitent également de grandes palmeraies considérées comme des moyens de réalisation de l'épargne. A côté de toutes ces cultures, le paysan du Sud-Bénin est aussi pêcheur. Il va régulièrement sur le fleuve pêcher le poisson pour les besoins de la famille, ou pour la vente. Mais il ne se contente pas d'aller pêcher. Il élève aussi le poisson selon des méthodes originales et très anciennes.

1.2. Techniques traditionnelles d'agro-pisciculture au Bénin

1.2.1. Les ouedo ou trous à poissons

Dans la vallée de l'Ouémé, les gens vivent de l'agriculture et de la pêche, en creusant des fosses Ouédo (trous à poissons) au niveau des bras du fleuve ou dans des étangs sur nappe phréatique submergés pendant la crue. Après la décrue, les poissons sont pris dans ces trous lors de la première pêche. En saison sèche, les animaux pâturent, déposant ainsi des

déchets organiques qui fertilisent le milieu. Tous les poissons qui envahissent la zone pendant la décrue, se nourrissent facilement.

1.2.2. Le système "Ahlo" de nourrissage du poisson

Dans ce système, on emploie la technique des trous avec branchages qui assurent protection et nourriture, permettant une production plus élevée. Après la crue, la première pêche est variable. Il y a beaucoup d'espèces qui sont prises dans le trou et y demeurent sous les branchages. On enregistre des rendements pouvant aller jusqu'à 2,5 t/ha.

1.2.3. L'acadja (ou akadja)

Le système des acadjas consiste à implanter des fagots de bois dans la lagune ou le fleuve, sur une portion de plan d'eau. Ces fagots jouent un double rôle:

- Ils ralentissent le cours d'eau et retiennent les matières organiques, créant un milieu favorable au développement de la microflore.
- Les poissons y sont attirés et se développent en consommant le plancton qui prolifère. A la décrue, ils sont récoltés pour la vente et l'alimentation de la famille qui vit très proche ou dans l'eau. C'est le cas des villages de Ganvié et de Guézin, bâtis entièrement sur l'eau et dont les habitants pratiquent avec dextérité ce système. On assiste à des rendements pouvant aller jusqu'à 4 t/ha.

Mais tous ces systèmes, tout en procurant au paysan-pêcheur des revenus substantiels et son repas quotidien, présentent quelques inconvénients majeurs, dont les plus importants sont:

- Les tensions sociales: la population s'accroît rapidement et il est difficile à chaque famille d'avoir sa portion de plan d'eau pour implanter son acadja.
- La coupe des branchages pour faire les acadjas accélère la déforestation et raccourcit les périodes de jachère.
- Les branchages pourrissent dans l'eau et ne sont plus retirés, provoquant un blocage du cours d'eau et son ensablement. A terme, le courant d'eau sera très faible et peu propice au maintien de la vie aquatique.
- Lors de la récolte, les pêcheurs ne font aucune distinction entre petits et grands poissons. Ils ramassent tout, provoquant ainsi un dépeuplement rapide des lacs et lagunes. Les pêches deviennent de plus en plus infructueuses.

2. Tentatives d'amélioration des systèmes agro-piscicoles par les pouvoirs publics

Pour remédier à cette situation, on constate depuis plus d'une décennie quelques tentatives d'amélioration des systèmes agro-piscicoles par les pouvoirs publics.

Deux projets de pêche ont été lancés par le gouvernement.

2.1. Le Projet de pisciculture de Godomey réalisé avec la coopération du Fonds Européen de Développement (FED) a développé la pisciculture, spécialement celle d'*Oreochromis niloticus,* en enclos, conçue à l'image des anciens acadjas avec cette différence qu'elle consiste désormais à nourrir le poisson avec un aliment conventionnel, sans avoir recours aux branchages. Mais le coût de réalisation des enclos (400 000 F chacun) et celui de l'aliment, se sont révélés prohibitifs, loin de la portée de l'agro-pisciculteur. Après une brève période de succès due aux résultats quelque peu encourageants, le projet va connaître un déclin rapide car difficile à adopter par les populations.

2.2. Le projet Pêche lagunaire, fruit de la coopération entre GTZ (organisme d'aide au développement de l'Allemagne) et le Gouvernement béninois, s'est donné pour tâches essentielles d'encourager la culture des espèces de poisson locales et de développer les systèmes de trous à poissons. Il encourage l'utilisation de la mangrove pour le nourrissage du poisson et la création d'un milieu de vie favorable. C'est un projet à suivre ...

3. L'action du Centre Songhaï

Le Centre Songhaï existe depuis 1985, et a pour objectifs principaux:

- la formation des jeunes Africains au développement de systèmes de production viables, capables de faire sortir l'Afrique de la crise;
- la recherche et la mise au point de nouvelles technologies de production appropriées pour le développement à la base;
- la mobilisation des énergies pour un développement durable. A cet effet, le Centre a inventé un système de production intégré qui se base sur l'agriculture, l'élevage, la pisciculture et les énergies renouvelables telles que le biogaz (fig 1). L'intégration des différentes cultures et le recyclage des déchets de toutes sortes issus de la ferme constituent les

principaux éléments de réussite de ce système qui attire chaque jour de plus en plus de stagiaires et de visiteurs.

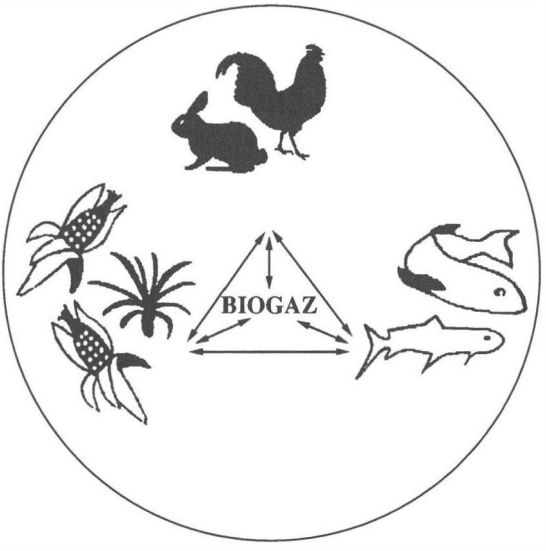


Fig. 1. — Recyclage des déchets et production de biogaz.

Nous pratiquons la pisciculture en étangs et avons adopté les espèces d'élevage suivantes:

- les tilapias *(Oreochromis niloticus* et *O. aureus);*
- la carpe commune;
- *Heterobranchus;*
- *Clarias.*

Comme le montre la fig. 1, l'agro-pisciculture constitue pour le Centre Songhaï une pratique permanente. Nous essayons d'y combiner les différentes méthodes traditionnelles avec les résultats de nos recherches qui se déroulent dans une nouvelle direction: le "low input production", dont le principe est la production à moindre coût, grâce à l'utilisation judicieuse des ressources locales. Pour y parvenir, nous essayons d'amoindrir le coût des intrants, afin de maintenir les prix de revient à un niveau très bas. Par ailleurs, pour le paysan béninois, le recyclage des déchets n'est pas seulement un mode de production, c'est une nécessité. Le Centre Songhaï tente d'améliorer la qualité des sous-produits du milieu pour renforcer les acquis traditionnels, tout en

apportant les améliorations techniques nécessaires.

Notre expérience sur les différents sites qui sont Ouando, Tchi et Kinwedji est riche en pratiques d'agro-pisciculture conduisant à une production à moindre coût. Nous en donnons quelques exemples ci-après.

3.1. Le nourrissage du poisson à bas prix

D'habitude, les centres piscicoles conseillent le compostage des résidus de récolte dans un coin de l'étang et la distribution de l'aliment conventionnel dont le prix se situe entre 100 et 125 F CFA au Bénin.

Le Centre Songhaï a entrepris au-delà de ces méthodes, de transformer le lisier de porc ou les fientes de poulets en larves de mouche et asticots pour nourrir le poisson. Cela procure des protéines animales directement au poisson et évite la pollution de l'eau qui intervient avec le compostage au fond de l'étang.

Pour obtenir les mêmes larves et asticots, on peut se servir:

- du Tchaya (plante très riche en protéines) ou de rafles de maïs mélangées aux déjections des animaux d'élevage;
- des effluents de biogaz (obtenus par fermentation anaérobie dans un digesteur). Ils constituent à l'air libre un substrat riche pour l'éclosion rapide des micro-organismes.

Après l'abattage des animaux, les boyaux sont récupérés, mélangés au sang et à la drêche pour faire une composition nutritive. Afin de faciliter sa consommation et de diminuer les pertes, la provende ainsi constituée est pétrie avec de l'amidon de manioc et bouillie. Après refroidissement, on obtient une pâte qui est ensuite divisée en petits morceaux et mise en boulettes de 5 cm de diamètre. Les boulettes sont séchées puis servies au moment voulu. Toutes ces méthodes contribuent à nourrir le poisson à partir de pratiquement rien.

3.2. Intégration riz, *Azolla*, tilapia et *Clarias* sur casiers inondables

Sur le site de Tchi qui est très propice à la culture du riz, nos stagiaires entretiennent des casiers de 25 m sur 25 m.

En période de crue, le riz est inondé quelque temps après le repiquage. L'*Azolla* est introduit dans le plan d'eau ainsi constitué, simultanément avec le poisson. L'*Azolla* en association avec le riz accroît le rendement de ce dernier, cependant que le poisson grandit.

À la décrue, les *Clarias* qui avaient été introduits au même moment que les tilapias ont procédé à l'élimination des alevins indésirables, permettant la croissance des poissons plus gros. Le riz est récolté, puis le poisson vendu. Entre temps, une partie de l'azolla a été consommée par le poisson, le reste sera enfoui dans le sol pour la culture des pastèques qui serviront de "cover crop" avant la prochaine saison.

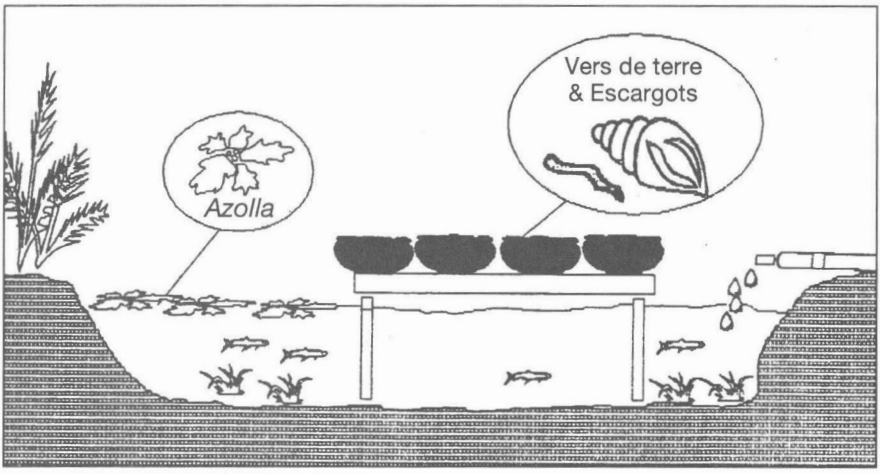


Fig. 2. — Intégration *Azolla,* Poissons, Micro-élevage (vers, escargots).

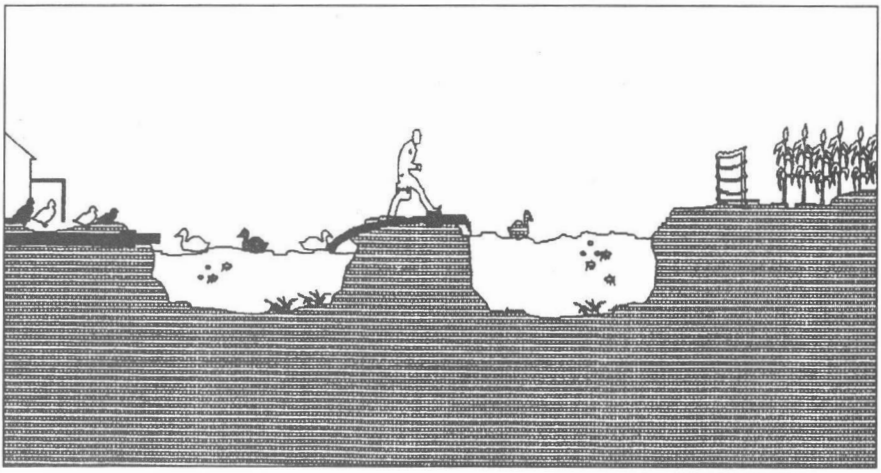


Fig. 3. — Intégration Cultures, Étangs, Élevage de canards, latrines.

3.3. Fertilisation du sol et alimentation du poisson à partir du micro-élevage.

Le Centre Songhaï développe aussi la culture des vers de terre, des termites et des escargots.

Les vers de terre sont riches en protéines et servent à nourrir les canards, les poissons et les poules. Leur élevage est très simple. Avec un peu de soin, ils se multiplient rapidement dans des bacs en bois, bambou ou ciment. Outre leur utilisation dans l'alimentation animale, ils procurent du vermicompost très riche en azote et en oligo-éléments nécessaires à la croissance des légumes.

Les termites existent dans la nature au Bénin et peuvent être piégées facilement pour nourrir les volailles et le poisson.

Les escargots sont également assez simples à élever dans des bacs en bois ou en ciment et des paniers. Ils sont riches en protéines, notamment en lysine et peuvent remplacer valablement la farine de poisson dans l'alimentation des volailles.

La fabrication du compost se fait à base de lisier de porcs et de débris végétaux pour fertiliser le sol.

Après l'épandage du compost et le repiquage des pépins de légumes, les effluents du biogaz sont récoltés et dilués pour l'arrosage. Le paillage intervient enfin avec les feuilles de légumineuses telles que le *Leucaena* planté aux fins de reboisement, d'alimentation des animaux et de regénérescence du sol.

Conclusion

Le Centre Songhaï a donné la priorité aux ressources locales dans son travail. Les escargots, vers de terre, termites, asticots, etc., existaient dans la nature, mais les paysans n'en connaissaient pas toute l'utilité. Nous ne faisons que les valoriser pour en tirer un meilleur rendement. Au-delà de ces pratiques, nous tentons de renforcer l'agro-pisciculture pour en faire la base de l'agriculture de l'Afrique et la source de son autosuffisance alimentaire.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 457 - 469 (1995)

Original : Français

L' ACADJA COMME SYSTÈME D'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ AQUATIQUE

PAR

S. HEM*, J.B.L.F. AVIT** & A. CISSÉ**

RÉSUMÉ. — L'acadja est une méthode traditionnelle de pêche au Bénin (une sorte de récif artificiel fait d'amas de fagots de branchages) capable de produire de 4 à 20 tonnes de poissons par hectare et par an. L'acadja est classé parmi les pêcheries les plus productives. Mais le besoin excessif des fagots de branchages incite à des défrichements abusifs des forêts environnantes, provoquant ainsi un impact écologique néfaste. De ce fait, le développement de l'acadja de cette manière, reste difficilement proposable pour des régions déjà touchées par les défrichements ou dépourvues de forêt. Le principe de l'acadja est incontestablement intéressant. Nos recherches consistent donc à trouver de nouveaux substrats adéquats, le bambou en fait partie. Le présent article présente les premiers résultats comparés de productions entre les récifs en branchages et ceux faits de bambou. Tout d'abord il s'agit des expériences menées en lagunes côtières. Elles ont montré que les acadjas en bambous donnent aussi une forte productivité (4 à 8 tonnes ha^{-1} an^{-1}) en lagune. *Sarotherodon melanotheron,* une espèce de Cichlidae, très prisée localement, représente 80% de la biomasse récoltée. Un recensement des autres espèces colonisant ce biotope a été fait. La forte production en lagune nous a amenés à poursuivre les tests d'acadja en bambous en étang d'eau douce. Les résultats

* Chercheur de l'Institut Français de Recherche pour le Développement en Coopération (ORSTOM); Centre de Recherches océanologiques (CRO), B.P. V18 Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).

** Chercheur du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de Côte d'Ivoire; Centre de Recherches océanologiques (CRO), B.P. V18 Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).

sont aussi convaincants que séduisants: une moyenne de production de 3,6 tonnes ha^{-1} an^{-1} a été obtenue sans avoir recours à la nourriture artificielle. L'espèce utilisée dans l'expérience est *Oreochromis niloticus*. La dynamique des populations des autres expèces telles que *Tilapia zillii*, *Parophiocephalus obscurus*, est analysée. Les résultats des autres expériences menées dans plusieurs sites ont permis de confirmer l'intérêt de la présence des substrats en bambous. Une moyenne de production de 2,5 à 3 tonnes ha^{-1} an^{-1} peut être encore améliorée. Si l'existence des bambous pose problème pour certaines régions, cela peut se résoudre par des créations des bambouseraies. Le bambou longtemps connu en Asie comme "bois des pauvres" doit faire l'objet à cette occasion d'une plus grande introduction en Afrique et il devrait être davantage utilisé à d'autres fins. Les propositions pour les recherches futures portées sur les suivis et la gestion de la qualité de l'eau devraient aider à mieux comprendre le mécanisme et les interactions du système acadja (sédiments, sels nutritifs, récifs, production primaire, etc.). Les avantages et inconvénients sont largement discutés. Les recherches devraient aboutir à des procédés simples et faisables dans les brousses africaines. Il est évident qu'on ne peut pas développer des programmes visant à l'autosuffisance alimentaire sans passer par une autosuffisance technologique.

Introduction

L'aquaculture n'existe pas dans la tradition du continent africain. La tentative de son introduction, vers le milieu de l'époque coloniale (vers 1940 à 1950) s'inscrivait dans le cadre de la recherche pour diversifier l'autosuffisance en protéines animales destinées à la population rurale. Elle est liée à la découverte des performances aquacoles du groupe "Tilapia". De nombreux centres de recherche et de formation ont été créés (SATIA 1988). Des programmes de développement visant à promouvoir la pisciculture en milieu rural ont été élaborés. L'époque est aussi marquée par les mouvements de diffusion et de transfert de ce "poisson miracle" vers d'autres continents. L'élevage des tilapias a connu très vite un progrès spectaculaire à travers le monde, la recherche ayant fortement contribué à ce développement. De nos jours, l'élevage des tilapias est devenu une véritable industrie pour certains pays asiatiques tels que Taïwan, les Philippines, la Thaïlande, etc., mais aussi dans d'autres pays comme Israël (PULLIN 1988).

Concernant l'Afrique, après 40 ans de tentatives, le bilan du développement sur l'ensemble du continent est peu satisfaisant: la pisciculture des tilapias reste bien marginale (CIFA 1976). Il s'agit de la pisciculture en étang d'eau douce, donc en milieu fermé. Le mode d'élevage est de type semi-intensif avec l'alimentation pour poisson comme intrant principal de la production. Les démonstrations dans des

stations de recherches et de production d'alevins en ont confirmé la faisabilité. Mais, transférée plus tard en milieu rural, cette pratique s'est heurtée à un certain nombre de contraintes (LAZARD 1986): prolificité du tilapia entraînant l'apparition de nombreux poissons de petite taille, et rendement faible par suite de la rupture ou de l'abandon du nourrissage. Contrairement à la logique paysane africaine, la nécessité de nourrir les poissons reste toujours mal perçue et inadaptée dans un contexte rural où l'agriculture et l'élevage se pratiquent, pour la plupart, encore de manière extensive (agriculture sans apport de fertilisant, élevage en liberté, etc.). De cette inadaptation résultent de nombreux cas d'abandons notés en 1966 (LAZARD 1990, HEM *et al.* 1994).

Ces difficultés nous ont amenés à choisir l'acadja au cours de nos recherches des sources potentielles de nourriture pour les poissons. Les travaux ont été menés depuis 1986 par le Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan. Les premiers résultats ont permis d'abord de mieux comprendre le principe de fonctionnement du système, ensuite de prouver l'enrichissement de ce biotope (HEM & AVIT 1994). L'acadja est, sans doute, une source potentielle de nourriture pour les poissons. Les substrats en bambous identifiés dans le cadre de cette étude, sont plus séduisants que les branchages. Après l'avoir expérimenté en lagune, l'acadja en bambou a été récemment testé en étang d'eau douce. Les résultats, obtenus depuis 1990, provenant de plusieurs tests successifs, sont très encourageants et prometteurs. Ils seront présentés et discutés dans cet article.

L' ACADJA DU BÉNIN : BREF RAPPEL

L'acadja est une appellation béninoise attribuée à une pêcherie collective traditionnelle pratiquée d'une manière intensive dans le lac Nokoué (Bénin). C'est une sorte de vaste récif artificiel, formé d'amas de branchages (figure 1), implanté en lagune dans des zones peu profondes. Cette installation favorise la concentration et la multiplication des poissons dans l'acadja. L'effet attractif s'explique, d'une part, par un développement de microfaune et de périphyton sur les récifs, source de nourriture substantielle pour les poissons, et d'autre part, par le rôle de refuge et d'abri de l'acadja. L'acadja crée un biotope favorable pour la biologie et l'éthologie d'une espèce colonisatrice: *Sarotherodon melanotheron.* Les observations de GRAS (1958) suivies des études de WELCOMME (1972) ont montré la forte capacité de production de ce

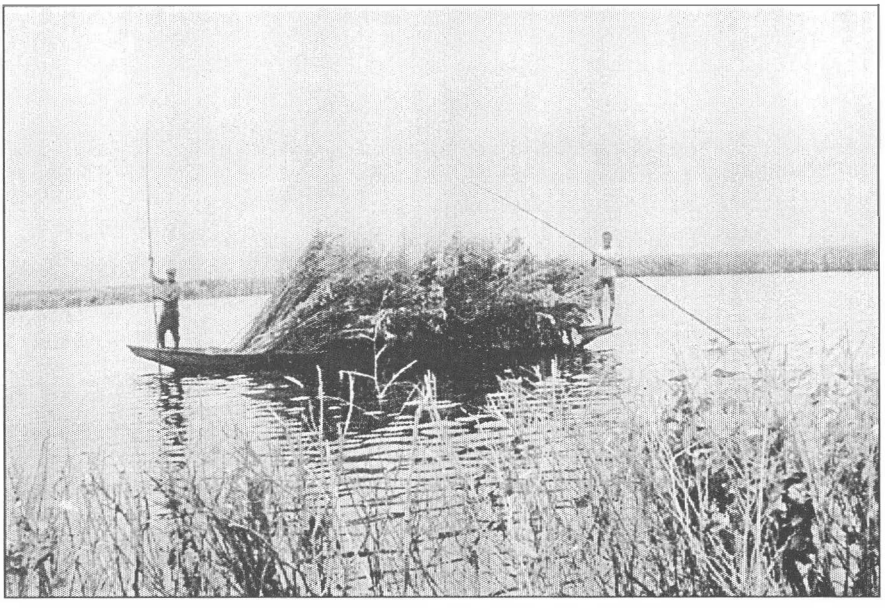


Fig. 1 .— Transport des fagots de branchages pour l'installation d'un acadja, Lac Nokoué (Bénin).

système de pêcherie. Des productions variant de 4 à 20 tonnes ha^{-1} an^{-1} ont été rapportées. *Sarotherodon melanotheron* représente à chaque récolte plus de 75% de la biomasse récoltée. Cependant cette pêcherie enrichissante n'a pas que des avantages. L'exploitation excessive des espaces lagunaires par l'acadja a entraîné des effets néfastes sur l'environnement (défrichement des forêts, érosion des berges, pollution organique de la lagune). Le développement anarchique des acadjas a provoqué par ailleurs une dualité avec d'autres types d'exploitations tels que la navigation ou la pêche individuelle. Ce conflit social a entraîné l'interdiction de cette pratique en 1981 dans la région du lac Ayémé, par les autorités locales béninoises (PLIYA 1980).

ACADJA-ENCLOS : EXPÉRIENCE EN LAGUNE DE CÔTE D'IVOIRE

Deux processus successifs expliqueraient l'enrichissement de l'acadja: il s'agit d'abord d'une migration des poissons du milieu naturel vers l'acadja suivie de l'accroissement de la production dans l'acadja où abonde la nourriture. L'objectif de cette première approche est d'estimer la part de la production *in situ* propre du système.

Pour cela, la première modification apportée à l' acadja traditionnel

a été de l'entourer avec des filets de maille 14 mm d'où l'appellation distinctive de "l'acadja-enclos". La structure enclos initialement installée pour l'aquaculture de *Chrysichthys nigrodigitatus* (HEM 1982) s'est rapidement révélée comme une technique potentielle d'aquaculture extensive des tilapias en lagune. Deux expériences successives ont été menées entre 1984 et 1987 (HEM & AVIT 1994). Pour la première, les résultats des pêches, effectuées après 12 mois, montre que l'enclos muni d'acadja en branchage conduit à une production de 80,5 kg de biomasse en poisson. L'expérience a montré aussi l'inconvénient de l'utilisation des branchages. Environ 70% des fagots de branchages utilisés ont été attaqués par des tarets, engendrant un important dépot de débris organiques sur le fond. Cette expérience permet d'imaginer l'ampleur d'une pollution organique éventuelle dans le cas d'une pratique de grande envergure telle qu'au Bénin.

L'expérience suivante, menée de 1988 à 1991, avait pour but de trouver un autre type de substrat qui pourrait remplacer l'utilisation des fagots de branchages. L'acadja en bambou est ainsi né. Sous forme de cannes d'environ 1,50 m, les tiges de bambous sont piquées verticalement dans le sédiment. Les bambous, poussant sur les berges, ont une vitesse de renouvellement rapide et une durée de vie plus longue dans l'eau. Les essais ont été réalisés dans trois acadjas de 800 m^2 et un de 2500 m^2 . Les tiges de bambous sont implantées avec une densité de 5 par m^2 . Après douze mois, on a procédé à des récoltes totales: une production moyenne de 8,3 $t.ha^{-1}.an^{-1}$ de poissons a été notée soit un rendement comparable à celui initialement observé lors de la première expérience. *S. melanotheron* occupe 80% de la biomasse. Cette espèce, peu intéressante sur le plan de sa croissance en élevage intensif en cage, a montré beaucoup d'intérêt en acadja-enclos (LEGENDRE *et al.* 1989).

Les résultats des expériences sur les acadjas menés en lagunes ont été exploités et présentés par HEM & AVIT (1994). L'analyse des données et les discussions sur les recherches futures ont été abordées. La recherche sur les techniques de pêche dans l'acadja est sans doute un point prioritaire: les pêches sélectives successives par écrémage semblent à priori la technique la plus adaptée au cycle de reproduction de l'espèce *S. melanotheron.* Par le biais d'un tel mode d'exploitation, l'acadja s'identifie à une forme d'aménagement rationnel plutôt qu'à une forme de pêche de cueillette.

L'acadja-enclos en lagune se développe doucement mais prudemment en Côte d'Ivoire. En lagune Aby (village Tiapoum), un demi-hectare est en

cours d'exploitation sous l' égide du projet FIDA (Fonds international pour le Développement agricole). Une installation d'un acadja-enclos, à l'initiative d'un groupement de jeunes, est signalée en lagune Ebrié (village Abraco) et deux autres projets de réalisation sont enregistrés à Pass et à Grand Bassam. C'est sur ces initiatives collectives et spontanées que doit se reposer un développement durable de l'acadja-enclos en lagune.

ACADJA EN ÉTANG D'EAU DOUCE

L'acadja-enclos, à mi-chemin entre l'aquaculture extensive et l'aménagement, semble très adapté au contexte socio-économique lagunaire. Les tests sur les acadjas en lagune ont fourni des résultats concluants. Il est donc jugé opportun d'entreprendre les mêmes expériences en étang de pisciculture rurale où l'approvisionnement en aliment artificiel est une difficulté réelle pour son développement.

L'étude a été testée d'abord dans des étangs du Centre piscicole de la forêt du Banco, à proximité d'Abidjan. La manipulation expérimentale vise à comparer des biomasses provenant d'une part des étangs naturels sans structure et d'autre part des étangs munis d'acadja en bambous. Dans l'idée de mobiliser toutes les ressources disponibles sur place, une fertilisation supplémentaire à base de fientes de poulet a été ajoutée aux acadjas (figures 2 et 3).

Matériels et méthodes

L'expérience a eu lieu dans quatre étangs de profondeur moyenne de 60 cm. Ces quatre étangs sont répartis en deux groupes: un premier groupe de deux étangs (392 m^2 et 288 m^2), servant de témoins, fonctionnant de manière naturelle sans aménagement particulier et mêmes conditions qu'en pisciculture rurale; un deuxième groupe des deux autres étangs (227 m^2 et 320 m^2) servant de structures cibles. Ils sont munis de substrat en bambous à raison d'une densité de 6 bambous par m^2. Les bambous, environ 1,2 m de hauteur, sont fichés verticalement sur le fond. Ces étangs d'acadja recevaient en plus une fertilisation organique (fientes de poulet), à raison de 1 kg par m^2. Le mode de fertilisation, au lieu d'être fait selon la forme habituelle (compost installé dans un coin de l'étang), est fait à partir des récifs: les fientes sont placées à l'intérieur des piquets de bambou au niveau des cloisons supérieures (fig. 3). Ainsi on espère une meilleure diffusion des éléments nutritifs directement dans la zone



Fig. 2 .— Acadja en étang. Profondeur de l'étang est de 0,60 m. La densité de bambous est de 6 piquets par m².

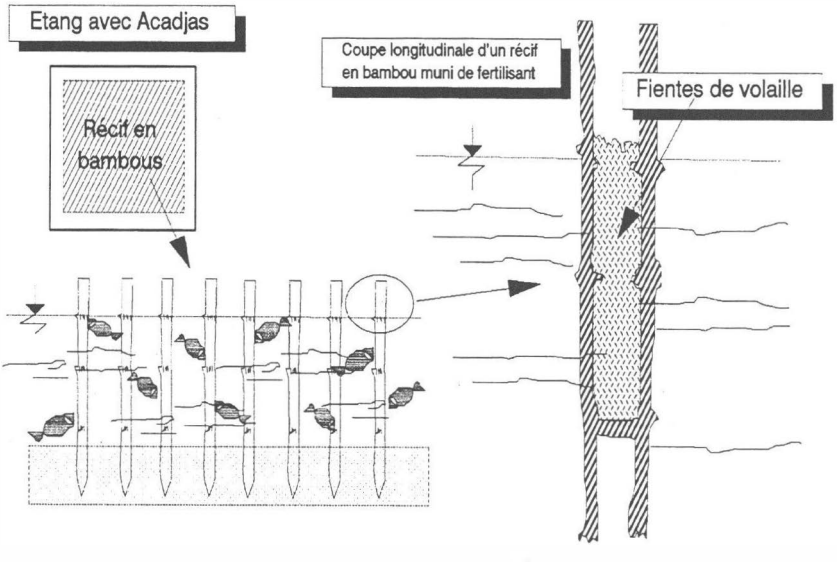


Fig. 3 .— Schéma d'un étang à acadja avec fertilisation supplémentaire. Les fientes sont placées à l'intérieur des piquets de bambou, au niveau des cloisons supérieures.

photosynthétique.

Les étangs sont empoissonnés avec les alevins de *Oreochromis niloticus* d'un poids moyen de 5 grammes, sans sexage préalable. La densité de l'empoissonnement est de 2,5 poissons par m². Les poissons sont nourris en début d'expérience juste pendant la période d'adaptation de trois mois. Pour le reste de l'expérience, soit pendant neuf mois, les poissons ont été livrés à eux-mêmes dans les étangs.

Résultats et discussion

Après un cycle de 12 mois d'expérimentation, nous évaluons les biomasses de poissons produites dans ces quatre structures. Pour cela, nous avons pêché en utilisant une senne à poche de maillage 14 mm. Des pêches totales (par 4 coups de senne systématiques) ont été appliquées à chaque étang. Pour pouvoir pêcher dans les étangs à acadja, nous avons procédé à l'enlèvement de tous les piquets des étangs. Tous les poissons sont ainsi collectés et répertoriés. Les résultats sont présentés dans le tableau 1. Les caractéristiques liées à chaque étang (superficie, densité de bambous, mode de traitement) sont indiqués dans la partie supérieure du tableau. Les biomasses réellement récoltées sont présentées d'abord par espèces (*Oreochromis niloticus*, *Tilapia zillii*, *Parophiocephalus obscurus* et les espèces diverses) puis en biomasses globales en additionnant toutes les espèces confondues. La différence des superficies des étangs ne permet pas de faire la comparaison de leur production brute. Pour que la comparaison soit possible nous avons procédé à une extrapolation de ces résultats pour une même superficie. Nous avons choisi la superficie de 300 m² comme base de comparaison car elle représente la moyenne des 4 surfaces d'étang. Les résultats sont par ailleurs illustrés par des diagrammes (Fig. 4). Nous pouvons remarquer que la production provenant des étangs à acadja est deux fois plus forte que celle collectée des étangs témoins (129,8 et 90,9 kg contre 58,5 kg et 42,6 kg).

L'examen sur la composition des espèces a permis de mieux comprendre les effets des substrats sur la dynamique et les inter-relations entre les populations de poissons. Dans les étangs témoins on observe la prolifération de *Oreochromis niloticus* suivi de nanisme de plusieurs classes d'âge, phénomène classiquement observé dans les étangs ruraux. *O. niloticus* est l'espèce dominante qui représente 94% de la biomasse. Le *Tilapia zillii* et *Parophiocephalus obscurus*, rentrés naturellement par des canaux d'irrigation, sont présents mais n'excèdent pas 4%.

Tableau 1
Récapitulation des résultats. Comparaison des biomasses récoltées.

Caractéristiques	Etangs témoins				Etangs à acadjas			
	Etang témoin		Replicat		Acadja		Replicat	
Superficie réelle des étangs (m²)	392		288		227		320	
Densité de bambous par m²	0		0		6		6	
Quantité de bambous par étang	0		0		1362		1920	
Quantité de fertilisant organique :								
(fientes de volailles)	0		0		200 Kg		300 kg	
Récoltes réelles par étang	Etang témoin		Replicat		Acadja		Replicat	
Biomasse par espèce :								
* *Oreochromis niloticus*	71,608		38,259		55,008		55,663	
* *Tilapia zillii*	1,145		1,600		34,849		30,424	
* *Ophiocephalus obscurus*	3,712		1,036		4,338		5,756	
* Divers					4,027		5,143	
Biomasse globale en kg par étang :	76,465		40,895		98,222		96,986	
Extrapolation sur 300 m²	-		Comparaison des biomasses					
Biomasse par espèce :								
* *Oreochromis niloticus*	54,802	94%	39,853	94%	72,698	56%	52,184	57%
* *Tilapia zillii*	0,878	1%	1,667	4%	46,056	35%	28,523	31%
* *Ophiocephalus obscurus*	2,841	5%	1,079	3%	5,733	4%	5,396	6%
* Divers					5,322	4%	4,822	5%
Biomasse comparée, extrapolée en kg par 300 m² et par an :	58,52		42,60		129,81		90,92	
	Témoin				Acadja			
Biomasse moyenne t/ha/an	1,68 tonnes				3,68 tonnes			

Dans les étangs à acadja, la physionomie des populations est très différente. On observe aussi la prolifération de *O. niloticus*, mais elle est limitée par la prédation. La présence des piquets de bambous semble avoir favorisé la prédation (à l'affût) de *P. obscurus* que l'on trouve plus important en terme de biomasse et en taille individuelle.

Le *Tilapia zillii*, introduit naturellement, présent de manière sporadique dans les témoins, se développe et occupe une place importante dans le biotope acadja (34% de biomasse contre 3% dans des étangs témoins). Ce développement de population s'explique par la présence des récifs en bambous qui sont particulièrement favorables au comportement de reproduction de ce cichlidé d'eau douce, qui pond et colle les oeufs sur substrat. Comme *O. niloticus,* la prolifération de *T.*

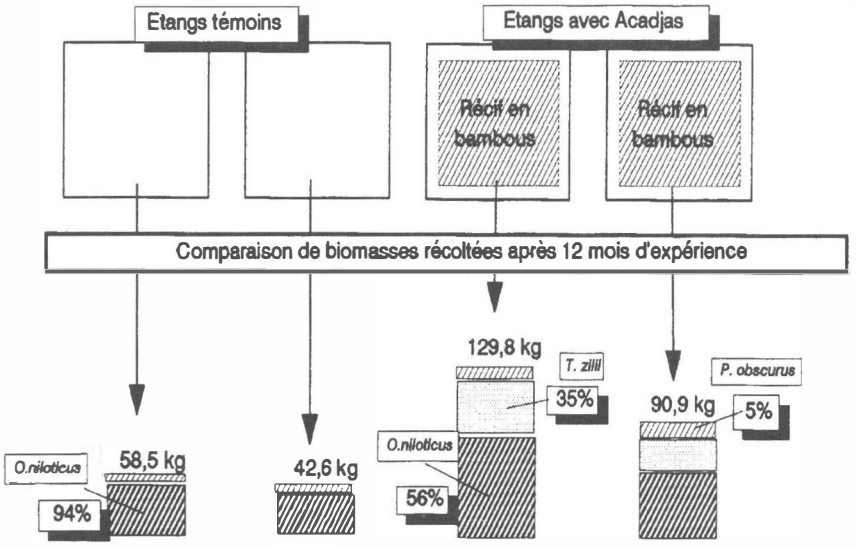


Fig. 4 .— Diagrammes des productions provenant des deux groupes d'étang, les témoins (sans acadja) et les étangs d'acadja (récif en bambous).

zillii, semble limitée par la prédation de *P. obscurus*.

Ce premier essai sur l'acadja en étang présente un intérêt direct pour la pisciculture continentale. La pisciculture en milieu rural dont le développement a connu de nombreuses difficultés, cherche à s'orienter vers une forme nouvelle basée sur une technique de production simple et autonome. L'acadja semble être une des solutions possibles à ce problème. Grâce aux collaborations avec l'AFVP (Association Française des Volontaires du Progrès), deux acadjas en étang ont pu être testés et développés dans la région forestière du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (Gagnoa, Daloa). Les résultats sont très prometteurs. Ils ont une fois de plus montré le rôle de d'acadja dans l'amélioration de la productivité de l'étang. La simplicité de la technique et l'autonomie du fonctionnement du système acadja ont beaucoup de succès auprès des fermiers volontaires.

Des innovations ont été apportées à travers ce projet. Le modèle intégré, faisant associer acadja, son de riz et élevage du lapin, a donné un rendement en polyculture jusqu'à 8 t ha^{-1} an^{-1} (MORISSENS *et al.* 1991 et AFVP 1993). Contrairement à l'acadja-enclos en lagune, la possibilité de vidanger totalement les étangs facilite la pêche finale et par conséquent l'estimation de la production (fig. 5).

Parallèlement à ces deux démonstrations qui sont directement



Fig. 5 — Par rapport à l'acadja enclos en lagune, la pêche est plus facile grâce à la possibilité de vidanger totalement l'étang.

menées chez les pisciculteurs, un programme de recherche a été mis en place à Bouaké (Centre de la Côte d'Ivoire) dans le cadre d'une collaboration entre le CRO, l'IDESSA et l'AFVP. Le but de l'expérience est d'examiner l'effet de l'acadja en comparant deux modèles: étang sans acadja fonctionnant uniquement avec nourrissage au son de riz et étangs à acadja associé au nourrissage au son de riz. Les résultats (avec replication) confirment la performance du modèle acadja associé au son de riz. On note sur ce modèle un rendement moyen de 2,7 à 2,8 t ha^{-1} an^{-1}, soit un rendement bien meilleur que celui fonctionnant uniquement au son de riz sans acadja (2,0 t ha^{-1} an^{-1}) et largement supérieur au rendement du modèle d'acadja seul sans nourrissage additionnel (0,55 t ha^{-1} an^{-1}).

A travers ces essais comparatifs, on peut confirmer le rôle favorable de l'acadja dans l'amélioration de la production des étangs. Autrement dit, l'acadja pourrait rendre la pisciculture en milieu rural plus productive et donc attractive et intéressante.

Cependant notons bien que l'amélioration de la productivité de l'étang n'est pas due à l'acadja tout seul mais à des actions combinées avec des fertilisants. L'enrichissement résulte de la photosynthèse qui ne peut avoir lieu qu'en présence de sels nutritifs. La gestion de l'eau de l'étang est, par conséquent, étroitement liée à la production de l'acadja.

Les pertes en eau par infiltration ou par surverse (par suite d'un étang mal construit ou d'une mauvaise gestion de l'eau) se traduisent par des pertes en fertilisants nutritifs, dont dépend la richesse de l'étang. Les recherches futures doivent donc se pencher sur la dynamique de l'étang et la gestion de l'eau.

La pénurie de bambous pose, peut être pour certains sites, le problème de réalisation d'acadjas à l'heure actuelle. Mais elle ne doit pas être considérée comme un point de blocage. Cette pénurie pourrait être résolue par la création des bambouseraies à proximité de l'exploitation.

Conclusion

Comme dans tout secteur de production, que ce soit en agriculture ou en élevage, le degré d'autonomie du fonctionnement du système est l'un des critères clés qui contribuent au développement du secteur. L'autonomie du processus de production est, à notre sens, la capacité permettant d'assurer la production tout en restant dans la limite de ses propres moyens. En pays en voie de développement, et plus particulièrement en milieu rural, où la pauvreté est à la limite de la misère, le modèle de l'entreprise conventionnelle demeure encore pour longtemps inadapté. La force du travail (main d'oeuvre rurale) et les matières premières existantes sur place (bambous, son de riz, graminées pour lapins, etc.) restent le capital incontournable pour assurer un développement durable de la pisciculture rurale africaine.

RÉFÉRENCES

AFVP (Association Française des Volontaires du Progrès) 1993. Projet "Appui à la professionalisation piscicole du Centre". Rapport d'activité Année 1. — Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales; Association Française des Volontaires du Progrès, 40 pp.

CIFA 1976. État actuel de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. — Direction de la Pisciculture et de la Pêche en Eaux continentales. Ministère de l'Agriculture. (Symp. Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 1975), CIFA Tech. Pap. N°4, suppl. 1, pp. 23-38.

GRAS, R. 1958. Une année de pêche d'un acadja ava de la lagune de Porto-Novo. — CTFT, Série D.R. août 1958, **4**:1-15.

HEM, S. 1982. L'aquaculture en enclos: adaptation au milieu lagunaire ivoirien. *Aquaculture,* **27** (3): 261-272.

HEM, S. & AVIT, J.L.B. 1994. First results on "acadja-enclos" as an extensive aquaculture system (West Africa). — *Bulletin of Marine Science,* **55** (2): 1040-1051.

HEM, S., LEGENDRE, M., TRÉBAOL, L., CISSÉ, A., OTÉMÉ, Z. & MOREAU, Y. 1994. L'Aquaculture Lagunaire. — *In*: DURAND, J. R. *et al.* (Eds), Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Les milieux lagunaires. ORSTOM Paris, t. **2**, 550 pp.

LAZARD, J. 1986. La pisciculture: une composante des systèmes de production agricole. — Communication présentée au séminaire "Relations Agriculture Élevage", DSA-CIRAD (Montpellier, 10-13 septembre 1985). *Les Cahiers de la Recherche Développement*, **9**: 27-34.

LAZARD, J., WEIGEL, J.Y., STOMAL, B. & LECOMTE, Y. 1990. Bilan Orientation de la pisciculture en Afrique francophone subsaharienne. — CTFT-CIRAD, Rapport pour le Ministère de Coopération et du Développement. 205 pp.

LEGENDRE, M., HEM, S. & CISSÉ, A. 1989. Suitability of brackishwater tilapia species from Côte d'Ivoire for lagoon aquaculture. II. Growth and rearing methods. — *Aquat. Living Resour.*, **2**: 81-89.

MORISSENS, P., OSWALD, M., SANCHEZ, F. & HEM, S. 1992. Approche de nouveaux modèles d'exploitation piscicole adaptés au contexte rural ivoirien. — *In:* International Symposium on Tilapia in Aquaculture ISTA III (Abidjan 11-16 November 1992), 14 pp.

PLYIA, J. 1980. La pêche dans le sud-ouest du Bénin. — Agence de Coopération culturelle et technique, Paris, 296 pp.

PULLIN, R.S.V. 1988. Ressources génétiques en tilapias pour l'aquaculture. — *In:* Atelier sur les ressources génétiques en tilapias pour l'aquaculture (Bangkok, 23-24 mars 1987). ICLARM, 129 pp.

SATIA, B. 1988. Aquaculture Regional Sector survey for the Africa Region. — ADCP/REP/88 (Document provisoire de l'ADCP, FAO). 44 pp.

WELCOMME, R.L. 1972. An evaluation of the acadjas method of fishing as practised in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). — *J. Fish. Biol.*, **4**: 39-55.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 471 - 477 (1995)

Original : Anglais

ÉLEVAGE MIXTE EN ZAMBIE

PAR

Charles Theodore MAGUSWI*

RÉSUMÉ. — En Zambie, les exploitations agricoles sont généralement dominées par les cultures, l'élevage occupant une place plus restreinte. Outre la sécurité alimentaire requise, l'intégration se justifie par la ventilation des risques d'échecs de la production de n'importe quel sous-système. La nécessité d'éviter des intrants coûteux et d'appliquer une gestion rudimentaire est la première justification de l'intégration de la pisciculture car les déchets disponibles pour l'alimentation et la fertilisation contribuent largement à l'augmentation nécessaire des réserves alimentaires primaires. La pisciculture intégrée en Zambie a enregistré des progrès significatifs engendrant des avantages substantiels sous la forme de développements commerciaux. Suite à l'identification d'une espèce locale appropriée, l'*Oreochromis andersonii*, des rendements de plus de 7 tonnes/ha et de 5 tonnes/ha ont respectivement été obtenus dans des systèmes intégrant des porcs et des canards.

* Department of Fisheries, P.O. Box 350100, Chilanga (Zambia).

1. Introduction

L'agriculture est la clé de la transformation structurelle de l'économie zambienne, et le développement de ce secteur reste la priorité majeure des plans de développement nationaux. L'auto-suffisance dans l'alimentation reste un objectif prioritaire.

L'agriculture est généralement dominée par les cultures , tandis que l'exploitation du bétail reste faible. Il est dommage que notre activité d'élevage ne reçoive pas autant d'attention que la production végétale, bien qu'elle représente plus d'un tiers des ressources du secteur agricole. La motivation primordiale pour stimuler la diversification provient de la nécessité de répartir les risques d'échecs dans les différents sous-systèmes de production.

Tableau 1
Têtes de bétail dans le secteur traditionnel

Province	Bovins	Chèvres	Porcs
Centre	285 189	26 037	6 994
Copperbelt	22 118	7 813	2 705
Est	289 791	150 669	110 718
Lusaka	41 428	5 907	1 980
Luapula	11 110	32 234	862
Nord	96 766	21 410	2 691
Nord-Ouest	58 242	13 365	12 450
Sud	964 273	294 631	44 056
Ouest	524 180	5 248	3 706
Total Zambie	**2 293 097**	**557 314**	**186 162**

Bien que peu de produits du bétail atteignent les marchés d'exportation, l'augmentation du marché local dans les centres urbains offre des débouchés pour le lait, les œufs, la volaille, le bœuf et le porc. Dans les régions rurales, ces produits représentent une source importante d'amélioration des revenus ; au lieu de consacrer la majeure partie de leur temps et de leurs efforts à essayer de produire du maïs (production principale, même là où sa culture est difficile), les cultivateurs peuvent tirer un meilleur avantage du large éventail des possibilités économiques.

Tableau 2
Propriété du bétail

Type	Pourcentage des ménages	Type	Pourcentage des ménages
Bovins	14	Poules	70
Porcs	19	Canards	8
Chèvres	19	Autres (cobayes, pintades, pigeons)	9

Source: Unité de Planification, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche; statistiques de 1989.

2. L'exposé de l'élevage mixte en Zambie

Les raisons du développement de l'élevage mixte, c'est-à-dire portant sur différentes espèces animales dans de nombreuses exploitations rurales, sont multiples, bien que certaines soient générales parmi les Zambiens. Certaines de ces raisons sont:

- La nécessité d'accroître régulièrement l'approvisionnement des communautés locales en protéines animales provenant de petits animaux, comme la volaille (poules, canards, oies, pintades, pigeons), chèvres, moutons, cobayes et lapins, régulièrement abattus, tandis que les bovins et les porcs ne le sont qu'occasionnellement;
- Le besoin de réduire les risques, en élevant des animaux réagissant différemment aux différents facteurs de l'environnement comme le stress, l'alimentation et les maladies (par exemple, les chèvres sont capables de survivre dans des régions arides en broutant les arbustes; les canards sont plus résistants aux maladies que les poules);
- La nécessité d'augmenter la production par unité de surface, en faisant appel à l'interdépendance ou à l'utilisation maximale des superficies (un parcours de poulailler peut être aménagé sous un pigeonnier);
- Des obligations culturelles et religieuses;
- Comme signe de prospérité et d'autorité traditionnelle;
- Les facilités d'élevage, le taux de reproduction et le rapport coût/ bénéfices.

Normalement il existe certaines relations symbiotiques entre les animaux d' un élevage mixte.

3. Poissons et animaux

La continuelle augmentation de la population et la demande croissante en aliments riches en protéines ont stimulé le développement de systèmes d'exploitation plus efficaces en Zambie, où une part importante de la population vit toujours dans des zones rurales et a besoin d'un considérable apport supplémentaire en protéines animales dans l' alimentation, de nouveaux emplois et de revenus financiers. Il est reconnu que l'aquaculture est la clé du développement du secteur des pêches, à cause du caractère limité de la pêche naturelle, et mérite donc la plus grande priorité. Le besoin d'autosuffisance alimentaire a eu pour conséquence des développements heureux dans le secteur de la pisciculture.

Les systèmes agricoles basés sur des productions intégrées de plantes vivrières, de bétail et de poisson, se sont revélés comme les plus adéquats pour un développement immédiat. Le fumier des animaux est disponible en quantité suffisante pour les petits pisciculteurs. La pisciculture intégrée est donc un système semi-intensif dans lequel les ressources naturelles sont utilisées et recyclées efficacement afin d'augmenter et de maintenir la production par unité de temps. En Zambie, le système "animal-plus-poisson" est le plus adéquat pour le développement immédiat car il est applicable à tous les niveaux d'exploitants, à savoir celui de la subsistance, l'émergent et le commercial. Le plus grand avantage est que l'exploitant n'a qu'à nourrir ses animaux et, en fin de processus de production, vendre ses animaux, ses récoltes et son poisson.

3.1. Les combinaisons animaux-plus-poisson

De nombreuses combinaisons possibles existent déjà, telles que poissons et canards, poissons et porcs, poissons et poules, poissons et oies, poissons et chèvres, et poissons et bovins. Différents avantages et inconvénients sont associés à chacune de ces combinaisons. Les systèmes porcs-plus-poissons et canards-plus-poissons ont montré les meilleurs résultats en Zambie jusqu'à présent. En l'absence de canards, le système poules-plus-poissons a été appliqué.

3.2. Poissons et porcs

L'intégration des élevages de poissons et de porcs a donné les meilleurs résultats avec des productions atteignant 9,8 tonnes /ha/an et une moyenne annuelle de plus de 7 tonnes. Les porcs hybrides sont préférés pour leur résistance aux maladies, leur croissance rapide, la facilité de leur alimentation (déchets de cuisine, produits agricoles et, si possible, la "farine" de viande de porc). Le lisier est riche en minéraux (azote, phosphore et potassium) et en matières organiques. Le fumier frais est utilisé pour fertiliser les étangs. Un porc est capable de produire assez d'engrais pour fertiliser un étang de 100 m^2. À cette densité de porcins, la production de poissons est estimée à 40-80 kg par 100 m^2.

Les porcheries sont construites sur des claies au-dessus des étangs, sur les digues ou bien centralisées le long du canal d'alimentation, ceci afin de limiter les frais de construction et d'entretien. Le nombre de porcs varie de 50-90/ha. Les porcs sont achetés, juste après le sevrage, chez des

fournisseurs locaux, puis engraissés dans des porcheries ou des enclos.

L'intérêt vis-à-vis de ce système est stimulé par des facilités de crédits, liant les producteurs aux conditions de remboursement (marché disponible).

3.3. Poissons et canards

L'intégration des poissons et des canards en Zambie date du commencement de l'histoire de l'aquaculture en Zambie; en effet les canards Moscovy y furent introduits au début des années 1950, au début même du développement de l'aquaculture. En raison de leur répugnance à rester à l'eau, ils furent remplacés au début des années 1980 par le canard de Pékin, importé de Hongrie, qui s'adapta très bien. Celui-ci reste la plupart du temps à l'eau, excrétant ses déjections directement dans les étangs ou indirectement après transport manuel du fumier vers les étangs. La charge de canards se monte à 500 /ha; les reproducteurs mâles sont remplacés tous les ans, les femelles tous les deux ans. Le système poisson-plus-canard a un rendement de plus de 5 tonnes de poisson/ha/an, le maximum obtenu jusqu'à présent étant de 7 tonnes/ha/an.

3.4. Poissons et poules

La fiente de poules est utilisée par des exploitants en des endroits bien déterminés; elle est achetée aux prix du marché, en des points de vente spécialisés en volaille. Cet engrais de poule (à base de son de maïs) est appliqué à raison de 50 kg/semaine. Aucune conclusion n'a encore pu être tirée des résultats obtenus à ce jour.

3.5. Le crocodile dans l'intégration canard-poisson et porc-poisson

Il n'y a qu'une ferme en Zambie où l'élevage de crocodiles est intégré avec la production poisson-canard ou poisson-porc. Le sexe des tilapias est évalué lorque l'animal pèse 20 g. Les femelles sont données en nourriture aux crocodiles qui mettent deux ans pour atteindre leur taille commercialisable.

Cependant, dans aucun des systèmes mentionnés ci-dessus, la récolte de fiente de poules n'est utilisée en combinaison avec le fumier des porcs.

4. Les cycles de production

Les étangs à poissons-plus-canards et poissons-plus-poules sont peuplés deux fois par an et rapportent huit récoltes de canards et de poulets respectivement de 2 kg et 1,6 kg. Dans l'élevage associé aux porcs, il y a seulement deux récoltes de gorets et de poissons par an.

5. Rendement

Les rendements les plus élevés sont obtenus par quelques fermes commerciales privées, mais la plupart des fermes qui font l'élevage mixte obtiennent un rendement de plus de 4 tonnes/ha/an. Cependant, l'objectif, à travers les centres gouvernementaux de vulgarisation et de production d'alevins, est de tester et d'aider les fermiers à adopter une technologie qui leur permettrait d'atteindre une production minimale de 6 tonnes/ha/an.

6. Espèces

Bien que de nombreuses espèces soient utilisées, comme la carpe, le clarias et des hybrides (*Oreochromis niloticus* et *O. aureus*), la plupart des pisciculteurs ont obtenu les meilleurs résultats avec la monoculture d' *O. andersonii.* L'ancienne méthode d'élevage mixte (*O. andersonii, O macrochir* et *Tilapia rendalli*) a été abandonnée par beaucoup d' éleveurs.

7. Conclusion de l'intégration avec l'agriculture

La production de porc-plus-poisson est le système le plus profitable. Les déchets de la production agricole et le fumier animal peuvent être utilisés comme fertilisants et comme aliments pour le poisson dans les étangs. L'objectif est l'accroissement de la production totale de poisson sans alimentation artificielle coûteuse, d'où l'intégration du système d'aquaculture au système d'agriculture locale. Comme la plupart des poissons cultivés sont omnivores ou mangent du plancton (surtout les tilapias) ou bien du benthos (*Clarias*), une grande partie des déchets agricoles peut être soit compostée, soit utilisée directement dans les étangs. Le fumier de porcs ou de canards est très bon comme engrais, mais d'autres sortes le sont aussi.

RÉFÉRENCES

L'HEUREUX, R. 1985. Economic feasability of fish culture in Zambia.

KENT, G. & JOSUPEIT, H. 1989. The contribution of fisheries to alleviate malnutrition in Southern Africa.

WIJKSTROM, U. 1991. How fish culture can be stimulated by Economic growth: conclusions from fish farmer surveys in Zambia, — ALCOM Report No. 9.

MACPHERSON, N.J. 1990. The integration of fish farming with small-scale farming system in Zambia.

GOPALAKRISHNAB, V. 1989. Fish culture development. — Terminal report ZAM/79/005.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 479 - 502 (1995)

Original : Anglais

PARTENARIAT DE RECHERCHE PAYSAN-CHERCHEUR ET AQUACULTURE INTÉGRÉE CHEZ LES PETITS EXPLOITANTS DU MALAWI

PAR

Randall E. BRUMMETT* & Reg P. NOBLE*

RÉSUMÉ. — Des petits exploitants agricoles du District de Zomba, Malawi, ont travaillé en partenariat avec les chercheurs de l'ICLARM pour mener des essais contrôlés en milieu réel de pisciculture intégrée en étang. Durant la période de végétation 1993, sept petits exploitants agricoles du District de Zomba, Malawi, ont testé le potentiel d'aquaculture intégrée d'espèces indigènes de poissons au moyen de ressources disponibles localement. Afin de contrôler scientifiquement ces essais, les pratiques de gestion et les intrants utilisés par les paysans ont été simulés dans des étangs au National Aquaculture Center. Les intrants azotés, les intrants de matières sèches, la chlorophylle α et la production de poisson à la ferme et en station n'ont pas présenté de différences significatives ($P<0,05$). Le présent article décrit les intrants et la gestion des étangs dans les petites exploitations agricoles intégrées du Malawi; il discute une nouvelle approche des activités de recherche et développement en milieu réel.

* ICLARM / GTZ Africa Aquaculture Project, P.O. Box 229, Zomba, Malawi.

Introduction

Le phénomène de l'échec en milieu réel de technologies supposées appropriées est bien connu; il est partiellement dû au fait que les chercheurs travaillent dans des stations expérimentales où ils disposent de conditions optimales et non réalistes alors qu'ils développent des programmes de vulgarisation. C'est particulièrement vrai pour la recherche agropiscicole où les exigences de l'expérimentation contrôlée imposent des conditions d'essai presque toujours drastiquement simplifiées par rapport aux systèmes réels d'exploitation mixte. En effet, un programme classique de recherche et développement en station teste, en général, deux ou trois des dizaines de cultures typiques existantes. Coupés de la complexité de l'exploitation réelle, les systèmes ainsi mis au point sont peu applicables et aboutissent donc à la constatation d'un faible taux d'adoption des systèmes porc-poisson, canard-poisson, chèvre-poisson, et des autres technologies d'intégration.

S'il est pratiquement impossible de mener une expérimentation scientifique contrôlée sur des exploitations entières à moins de les isoler, on peut rendre la recherche en station plus réaliste en gérant autant que possible les unités expérimentales à la manière du paysan. A cette fin, il s'impose d'acquérir une compréhension approfondie de la manière dont fonctionne le système d'exploitation réel puis de formuler une méthode qui permettra de simuler dans la station les stratégies de gestion auxquelles recourent les exploitants, lesquelles diffèrent d'une exploitation à l'autre. EDWARDS *et al.* (1986) ont cherché, à l'Asian Institute of Technology en Thaïlande (AIT), à rendre plus réaliste la recherche en exploitation intégrée en recréant dans leur station expérimentale une ferme intégrée à échelle réduite, y compris la présence de la famille paysanne. Même si les données recueillies au terme de cette étude sont probablement les plus complètes que l'on puisse imaginer, l'installation de familles paysannes sur les stations expérimentales n'est pas applicable à grande échelle.

Depuis 1990, l'ICLARM étudie l'évolution de la pisciculture dans quelque 30 petites exploitations agricoles de la région de Chinseu, dans l'ouest du District de Zomba, au Malawi. En 1993, les matériaux et méthodes utilisés par sept de ces exploitations ont été surveillés de près tout au long d'une période de production piscicole de 149 jours. Le présent article décrit la gestion intégrée des étangs de pisciculture par des petits exploitants dans le sud du Malawi, les méthodes utilisées par

l'ICLARM pour surveiller et simuler cette gestion au Malawi National Aquaculture Center (NAC) et les résultats de la production piscicole à la fois en milieu réel et en station. Nous décrirons enfin brièvement la méthodologie de partenariat de recherche paysan-chercheur qui s'est dégagée de cette expérience.

Les ressources de la petite exploitation agricole

La conception de stratégies d'intégration susceptibles de réussir exige une bonne compréhension des ressources sur lesquelles se fondera la nouvelle technologie. L'ICLARM a commencé en 1989 à adapter des méthodes d'évaluation rurale participative déjà existantes pour les appliquer à la caractérisation des ressources des petites exploitations malawiennes (NOBLE & COSTA-PIERCE 1992). Les chercheurs ont enseigné la méthode de modélisation des flux de ressources biologiques aux villageois qui ont ensuite produit des modèles de leurs exploitations sur lesquelles apparaissaient les flux de ressources entre les entreprises (LIGHTFOOT *et al.* 1991). La figure 1 en représente un exemple typique. Ces modèles, dessinés à intervalles réguliers au cours de l'année, fournissent des informations qui peuvent servir à surveiller l'évolution du système d'exploitation. Pour la présente étude, l'exercice de modélisation des flux de ressources biologiques a servi à caractériser les ressources et à introduire le concept d'exploitatoin intégrée chez nos collaborateurs paysans.

Les paysans qui ont choisi de participer à l'expérience de 1993, étaient des petits exploitants agricoles malawiens typiques (tableau 1). La taille des exploitations du groupe d'essai variait d'un à trois hectares, avec une moyenne de 1,75 ha, la moyenne nationale étant de 1,2 ha (GOM, 1988a). En moyenne, les paysans du groupe d'étude de l'ICLARM ont planté, sur l'année, du maïs sur 35,3 % de leurs champs, des haricots, du niébé et/ou des féveroles sur 24 %, des arachides sur 17,1 % et du manioc sur 10,2 %. Le sorgho/millet, le riz et les patates douces sont venus faire l'appoint. Toutes ces cultures sont associées entre elles et mêlées de légumes et/ou arbres à usage multiple.

Le bétail ne joue pas un rôle important dans la fonction paysanne dans le sud du Malawi. Seuls 11 % des petits exploitants malawiens possèdent des bovins et 86 % d'entre eux vivent dans les régions du Nord et du Centre. Il en va de même pour les autres animaux. Dans le Sud, il y a 0,1 chèvre/personne, 0,04 porc/personne et 0,03 mouton/personne

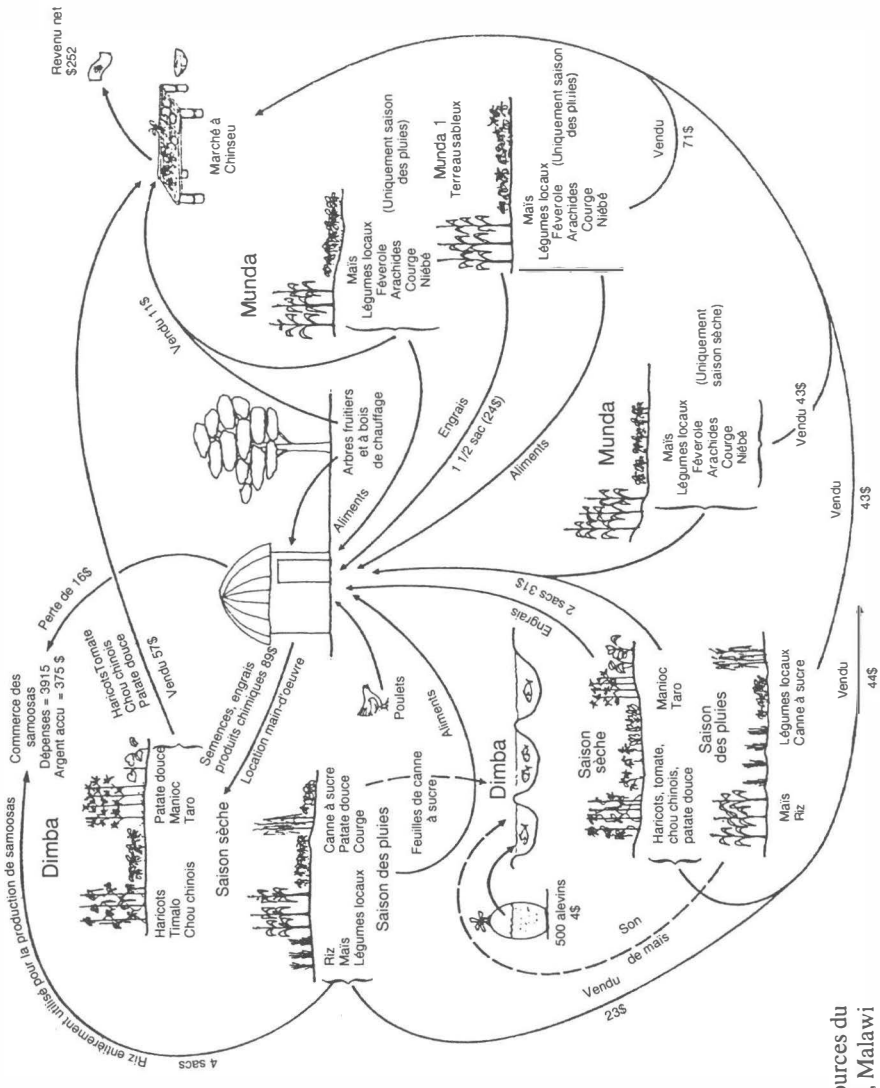


Fig 1. — Carte des ressources du District de Zomba, Malawi

(GOM, 1987). L'exploitation moyenne possède 6 à 8 poulets en liberté (ICLARM et GTZ, 1991). Parmi les exploitants du groupe de recherche, un possédait des canards, deux élevaient des pigeons, six possédaient des poulets et deux avaient des chèvres. La taille des troupeaux a fluctué au cours de l'année.

La modélisation des flux de ressources biologiques a fourni aux chercheurs les informations nécessaires pour commencer à concevoir d'éventuelles technologies d'intégration dans un ensemble de cinq étangs et jardins traditionnels au NAC. La recherche en station a démontré que les restes et déchets des productions agricoles et des activités ménagères pouvaient servir d'intrants dans les étangs de pisciculture (CHIKAFUMBWA 1990, CHIKAFUMBWA *et al.* 1991, 1993, JAMU 1990, KADONGOLA 1990, NOBLE sous presse). On relèvera l'importance particulière du son de maïs (KADONGOLA 1990, NOBLE 1994), de l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*) (CHIKAFUMBWA 1990), des cendres de feu de bois (JAMU 1990) et des mauvaises herbes (CHIKAFUMBWA *et al.* 1991, 1993, NOBLE 1994). Les essais en station ont également démontré qu'une polyculture de deux cichlidés indigènes, l'*Oreochromis shiranus* et le *Tilapia rendalli,* constituait la meilleure solution pour tirer profit de ces matières (COSTA-PIERCE & PULLIN 1992). Ces informations ont été rapportées aux paysans durant des journées portes ouvertes organisées au NAC.

Tableau 1

Utilisation du sol au Malawi sous forme de moyenne globale sur l'année sur base des données trouvées dans GOM (1988b) par comparaison avec celle observée parmi les paysans-coopérateurs de l'ICLARM, dans l'ouest du District de Zomba, Région du Sud, Malawi. Remarquez que toutes les espèces cultivées par les paysans du groupe d'étude sont mélangées du point de vue saisonnier ou spatial avec d'autres espèces figurant dans la présente liste et/ou des légumes variés et/ou des arbres à usage multiple. Parmi le groupe d'étude, aucune terre n'a été mise en jachère depuis 1988.

Espèce	Pourcentage de terre cultivée	
	Ensemble du Malawi	Groupe d'étude
Maïs	36,3	35,3
Manioc	2,5	10,2
Sorgho/Millet	1,2	6,1
Légumineuses	29,6	24,0
Arachides	14,0	17,1
Riz	1,3	4,1
Patates douces	1,0	3,2
Tabac	1,7	
Coton	1,3	
Thé	0,5	
Jachère	12,3	
Taille moyenne des exploitations	**1,2 ha**	**1,75 ha**

Recherche paysan-chercheur intégrée en aquaculture

Du 24 février au 18 mars 1993, sept étangs des paysans et huit étangs du NAC ont été peuplés d'une polyculture des deux sexes d'*Oreochromis shiranus* et de *Tilapia rendalli*. Les informations relatives à la superficie des étangs et à leur population sont reprises au tableau 2. Chaque paysan possédait un étang de taille différente; en outre, chacun a sélectionné une densité d'occupation différente ainsi que des poissons de taille initiale différente. Les étangs du NAC ont une taille fixe de 200 m^2, soit en moyenne 18,6 m^2 de moins que les étangs des paysans. Les poids et le nombre des animaux de quatre étangs du NAC étaient basés sur les moyennes pratiquées par les paysans. Quatre autres étangs du NAC ont été peuplés de poissons du même poids moyen, mais à une densité inférieure de moitié afin d'évaluer la capacité de charge des étangs.

Les poissons ont été échantillonnés tous les 30 jours puis capturés entièrement après une moyenne de 149 jours (entre 137 et 158 jours). Les poissons ont été dénombrés et pesés un à un. Les poissons d'une longueur totale inférieure à 100 mm ont été considérés comme des reproductions et pesés par lots. Les poids moyens ont été comparés au moyen du test de Student (ZAR 1974).

Simulation d'intrants

L'échantillonnage hebdomadaire des intrants agricoles a débuté le 4 mars et s'est poursuivi jusqu'au 16 juillet. L'échantillonnage a consisté à recueillir des exemplaires de 100 à 300 g de toutes les matières utilisées depuis le dernier échantillonnage et à demander aux paysans quelles matières ils avaient introduites dans l'étang durant l'intervalle et en quelle quantité. Bien souvent, le paysan enregistrait les intrants sous un mode volumétrique (c.-à-d. en nombre de paniers ou de bidons par semaine) et, dans ce cas, le récipient utilisé pour mesurer les intrants était rempli des différents intrants et pesé afin de calculer le poids des intrants. Les intrants potentiels des étangs disponibles au NAC ont également été échantillonnés chaque semaine.

Tous les échantillons ont été analysés au Malawi Geological Survey Department, Zomba; on y a déterminé leur teneur en matière sèche et en azote suivant la procédure de LOVELL (1981). Le poids total en matière humide de chaque matière déversée dans l'étang de chaque exploitation ainsi que sa teneur en matière sèche et en azote ont ensuite été chargés

Tableau 2

Surfaces des étangs, dates de peuplement, taux de peuplement, poids moyen des alevins, nombre total de poissons introduits (par m^2) et poids total du poisson introduit (par 200 m^2) chez les paysans participants et dans les étangs du NAC dans un essai de production agripiscicole intégré en milieu réel/en station.

Étang	Superficie de l'étang (m^2)	Date de peuplement	*Oreochromis shiranus* (nombre/m^2)	Poids moyen (g)	*Tilapia rendalli* (nombre/m^2)	Poids moyen (g)	Nombre Total (par m^2)	Poids total introduit (kg/200 m^2)
Amadu	292.7	10 mars	1.4	4.0	2.4	3.4	3.8	2.8
Dimo	283.0	25 février	0.7	7.0	1.2	4.9	1.9	2.2
Kassim	194.2	4 mars	1.0	4.7	1.8	4.0	2.8	2.4
Phiri	199.1	5 mars	1.0	5.1	1.8	4.8	2.8	2.8
Salimu	227.0	26 février	0.9	7.2	1.5	5.8	2.4	3.0
Samu	170.5	2 mars	1.2	4.9	2.1	4.1	3.3	2.9
Twaibu	241.0	24 février	0.8	7.5	1.5	4.9	2.3	2.7
Moyenne	**218.6**	**3 mars**	**1.0**	**5.8**	**1.76**	**4.6**	**2.76**	**2.66**
Étang 48	200	1 avril	1.0	6.3	1.76	4.6	2.76	2.88
Étang 49	200	1 avril	1.0	5.9	1.76	4.7	2.76	2.83
Étang 50	200	1 avril	1.0	6.1	1.76	4.0	2.76	2.63
Étang 51	200	1 avril	1.0	5.5	1.76	4.3	2.76	2.61
Moyenne	**200**	**1 April**	**1.0**	**5.95**	**1.76**	**4.4**	**2.76**	**2.74**
Étang 43	200	18 mars	0.5	6.1	0.88	4.9	1.38	1.47
Étang 44	200	18 mars	0.5	5.2	0.88	4.2	1.38	1.26
Étang 45	200	18 mars	0.5	5.1	0.88	4.3	1.38	1.27
Étang 46	200	18 mars	0.5	6.0	0.88	4.7	1.38	1.43
Moyenne	**200**	**18 mars**	**0.5**	**5.6**	**0.88**	**4.5**	**1.38**	**1.36**

dans un tableur QuattroPro* en cours de développement à l'ICLARM (tableau 3). Il en va de même pour les informations relatives aux matières disponibles au NAC. Le tableur estime, au départ des poids humides des matières enregistrées comme intrants, la matière sèche totale et l'azote total moyens déversés dans l'étang par m^2 (tableau 4). Ces valeurs sont ensuite comparées à des combinaisons de matières disponibles en station générées par l'utilisateur, afin de formuler un régime d'intrants par étang qui simule d'un point de vue quantitatif et qualitatif les intrants utilisés en milieu réel (tableau 5).

Afin de surveiller l'effet de la qualité de l'eau sur ces intrants, des échantillons d'eau ont été prélevés chaque semaine à Chinseu et au NAC afin d'en mesurer la chlorophylle α, l'alcalinité totale, les solides dissous totaux et les solides en suspension totaux; ils ont été analysés au laboratoire du NAC au moyen de méthodes standard (APHA/AWWA/WPCF, 1989). L'oxygène dissous et la température ont été relevés chaque matin à 05:00 au NAC à l'aide d'un oxycalorimètre polarographique Yellow Springs Modèle 51B, et une fois par semaine, l'après-midi, en milieu réel, afin de vérifier que l'on n'atteignait pas des seuils critiques durant la période de production.

Les relevés préliminaires effectués à Chinseu indiquaient une différence substantielle entre l'alcalinité totale des étangs des paysans (moyenne = 52,85 mg/l de CaCO3) et du NAC (14,32 mg/l de CaCO3). Comme des alcalinités totales inférieures à 20 mg/l risquent d'inhiber la croissance du phytoplancton (BOYD 1990), 2500 kg/ha de chaux agricole ($CaCO_3$) ont été déversés dans les étangs du NAC, relevant leur alcalinité moyenne jusqu'à 39,19 mg/l, dans la gamme des valeurs où l'augmentation des valeurs totales de l'alcalinité est probablement insignifiante pour la productivité de l'étang (BOYD 1990).

Pour déterminer le rôle des intrants de l'étang dans la production de poisson, des poissons de chaque espèce provenant des étangs du NAC ont été répartis en trois catégories de taille (<50 mm, 50-100 mm, >100 mm) au moment de la vidange et le contenu de cinq estomacs de chaque catégorie pour chaque étang (30 poissons par étang) a été examiné.

* Quattro est une marque commerciale déposée de Borland Corporation.

Tableau 3

Exemple de fiche technique relative aux matières des intrants en milieu réel.

Matières	**Code**	**Azote** g/100gMS	**Énergie** kcal/100gMS	**MS/MFr**	**Azote/MFr** (g/kg)	**Énergie/MFr** (kcal/kg)
Fumier de chèvre	4	1.4	24	0.592	8.288	142.08
Fumier de poulet	5	1.6	89	0.743	11.888	661.27
N'Sima	6	1.456	402.3	0.234	3.407	941.382
Pastèque	7	0.272	116.7	0.06	0.1632	70.02
Courge, fruit	8	1.6	360	0.11	1.76	396
Courge, feuilles	9	0.864	64	0.135	1.1664	86.4
Courge, fleurs	10	0.864	64	0.03	0.2592	19.2
Madeya	11	1.952	307.5	0.649	12.668	1995.675
Termites	12	9.6	326	0.495	47.52	1613.7
Herbe à éléphant	13	1.632	168.2	0.31	5.0592	521.42
Crotalaria	14	2.768	67	0.237	6.5602	158.79
Goyave	15	0.24	80	0.12	0.288	96
Taro, feuilles	16	4.144	269.9	0.14	5.8016	377.86
Cosses de pois/haricots	17	2.24	230	0.27	6.048	621
Feuilles de niébé	18	3.552	239.7	0.163	5.7898	390.711
Feuilles de patate douce	19	3.104	220.75	0.108	3.3523	238.41
Tridax procumbens	20	1.904	236	0.138	2.6275	325.68
Feuilles de manioc	21	4.144	268.55	0.165	6.8376	443.1075

Tableau 4
Calcul cumulatif des intrants en milieu réel pour 1993 par PondSim

	Intrant moyen (par m² jour)						Intrants cumulés à ce jour (par m²)					Equivalent urée de N/m²/ jour (g)
Jour	Matière (fraîche)	Azote (g)	Énergie (kcal)	MS (kg)	Azote (% MS)	kcal/100g (MS)	Azote (g)	Énergie (kcal)	MS (kg)	MFr (kg)	MS/MFr	
8	0.02	0.17	4.59	12.08	1.44	4418.81	1.31	34.47	0.09	0.17	527.61	0.43
15	0.01	0.20	7.99	5.36	2.69	14879.40	2.69	90.62	0.13	0.27	373.97	0.49
21	0.01	0.09	5.35	4.97	1.77	15006.98	3.30	129.35	0.16	0.35	452.99	0.22
28	0.01	0.05	4.42	4.62	1.41	13556.48	3.65	163.95	0.20	0.41	553.29	0.13
42	0.01	0.07	2.15	4.04	2.10	13008.37	3.65	190.36	0.25	0.51	554.71	0.17
48	0.01	0.06	6.47	3.22	1.83	22554.92	5.18	251.51	0.29	0.57	534.16	0.14
51	0.01	0.10	8.26	6.07	1.78	19060.01	5.47	276.28	0.30	0.61	523.48	0.25
56	0.01	0.08	7.53	4.10	2.10	23928.34	6.01	329.00	0.33	0.66	539.76	0.19
63	0.01	0.08	9.98	4.22	1.94	26968.59	6.58	398.88	0.36	0.72	512.22	0.20
77	0.00	0.03	4.53	1.69	1.92	27814.76	7.02	460.75	0.38	0.76	552.96	0.08
84	0.00	0.05	6.85	2.41	1.93	28352.81	7.35	509.76	0.40	0.79	563.02	0.12
90	0.00	0.05	6.90	2.48	1.84	25229.88	7.71	559.34	0.42	0.82	642.59	0.12
98	0.00	0.05	6.89	2.68	1.87	26310.97	8.07	609.59	0.44	0.85	638.04	0.12
105	0.01	0.06	8.00	3.11	1.91	26459.22	8.48	665.74	0.46	0.89	544.19	0.15
112	0.01	0.06	7.39	3.02	1.97	26252.50	8.89	717.48	0.48	0.94	500.91	0.14
119	0.01	0.07	10.58	3.97	1.84	24940.14	9.41	791.57	0.51	0.98	640.05	0.19
126	0.01	0.06	7.97	3.02	1.91	27948.21	9.81	847.38	0.53	1.01	599.48	0.14
133	0.00	0.04	6.67	2.19	2.24	28581.25	10.11	894.04	0.55	1.04	557.24	0.11
140	0.00	0.05	6.21	2.60	1.86	24939.87	10.44	937.52	0.57	1.07	608.20	0.12

Tableau 5

Simulation de régime d'intrants d'un étang en milieu réel générée par PondSim.

Matière		**Azote** (g/kg MS)		**MS** (%)	**MFr** (kg)	**N en % MS**	**MS** (kg)	**Azote** g/m^2/jour	**MS/MFr**
Fumier de chèvre		14		0.592	0		0	0	ERR
Fumier de poulets		16		0.743	0.1		0.0743	0.005944	0.743
Madeya		19.52		0.649	0.6		0.3894	0.038005	0.649
Flles de pat. douce		31.04		0.108	0		0	0	ERR
Herbe à éléphant		16.32		0.31	0.15	0.0465	0.003794	0.31	
Leucaena		33.6		0.32	0		0	0	ERR
					0.85	1.8715735	0.5102	0.047744	0.600235
				Ajuster	0.85447	1.85776132	0.51969	0.047559	0.608204
				FIT	0.99477	1.00743485	0.98174	1.003887	0.986897
	Humide	Azote	MS	N/MS	MS/MFr				
Rég. en milieu nat.	0.00427	0.04756	2.5984	1.85776	608.204				
Dimensions des unités expérimentales (m^2) = 200									

Résultats et discussion

La figure 2 représente les différentes données relatives à l'échantillonnage et à la vidange. Les poids moyens ne présentaient pas de différence significative (P<0,05) entre les étangs des paysans et ceux de la station. L'*O. shiranus* pesait en moyenne 35,8 g en milieu réel et 29,7 g en station; le poids moyen du *T. rendalli* était de 31,6 g en milieu réel et de 28,7 g en station. Comme pour le poids moyen, le poids total de reproduction, le poids total de la population à la vidange et le rendement net étaient semblables (P<0,05) en milieu réel et en station. Des informations complètes relatives à la vidange des étangs figurent au tableau 6.

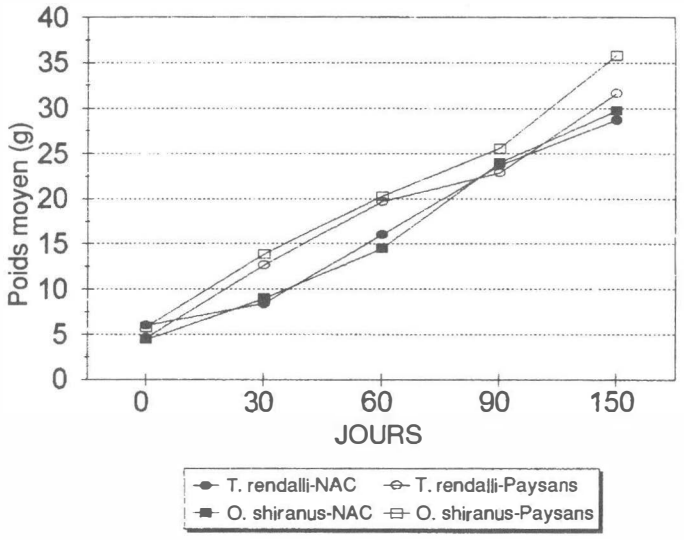


Fig. 2. — Croissance des poissons dans les étangs des paysans et de la station gérée (via PondSim).

Les étangs peuplés uniquement de la moitié du nombre de poissons utilisé par les paysans ont produit des poissons de poids moyen identique par rapport aux deux autres traitements. En moyenne, l'*O. shiranus* pesait 43,3 g et le *T. rendalli* 35,8 g. La reproduction a été équivalente pour tous les traitements, mais la survie a été supérieure dans les étangs plus légèrement peuplés. Tout cela a produit une situation où la densité finale des poisssons était, à la fin de la période de production, statistiquement semblable dans tous les étangs. Le caractère identique des populations vivantes et des rendements indiquerait normalement que

Tableau 6

*Périodes de culture et données de vidange relatives à une polyculture d'*Oreochromis shiranus *et de* Tilapia rendalli *élevés en milieu réel et en station pendant 149 jours dans des conditions de milieu réel simulées par PondSim. Toutes les moyennes figurant dans les colonnes sont statistiquement identiques (P<0,05).*

Étang	Culture	*Oreochromis shiranus*			*Tilapia rendalli*			Poids total de reproduction*	Population vivante totale	Rendement net
	Période (jours)	Nombre> 100 mm (par 200 m²)	Poids total (kg/200 m²)	Poids moyen (g)	Nombre > 100 mm (par 200 m²)	Poids Total (kg/200 m²)	Poids moyen (g)	(kg/200 m²)	(kg/ha)	(kg/ha)
Amadu	147	180	5.7	31.7	160	5.4	33.8	10.3	1070	930
Dimo	158	120	5.0	41.7	160	4.7	29.4	5.4	755	645
Kassim	137	140	4.1	29.3	60	1.9	31.7	7.5	675	555
Phiri	138	140	3.7	26.4	40	1.0	25.0	4.0	435	295
Salimu	150	80	4.2	52.5	200	6.6	33.0	6.5	865	715
Samu	158	80	3.0	37.5	20	0.7	35.0	1.7	270	125
Twaibu	153	80	3.4	42.5	160	5.1	31.9	4.6	655	520
Moyenne	**149**	**117.1**	**4.2**	**35.8**	**114**	**3.6**	**31.6**	**5.7**	**675**	**541**
Étang 48	149	111	2.9	26.4	121	3.7	30.3	6.6	660	516
Étang 49	149	187	6.0	31.8	210	7.1	34.0	5.7	939	798
Étang 50	149	99	2.8	27.9	243	5.8	23.9	3.3	593	462
Étang 51	149	143	4.7	32.8	192	5.1	26.7	5.3	756	626
Moyenne	**149**	**135**	**4.1**	**29.7**	**192**	**5.4**	**28.7**	**5.2**	**737**	**601**
Étang 43	149	89	3.6	40.2	127	3.6	28.6	3.9	556	481
Étang 44	149	69	2.5	35.5	144	4.1	28.4	3.5	502	437
Étang 45	149	60	2.5	40.8	101	5.4	53.1	5.1	646	581
Étang 46	149	51	2.9	56.5	138	4.6	33.2	5.6	653	583
Moyenne	**149**	**67**	**2.8**	**43.3**	**128**	**4.4**	**35.8**	**4.5**	**589**	**521**

la mortalité dans l'exploitation agricole et la plus haute densité des étangs de la station doivent s'être produits tôt au début du cycle de production. Cependant les écarts élevés et la tendance des étangs du Malawi à être braconnés ou exploités partiellement avant terme pourraient également indiquer que la mortalité (c.-à-d. la réduction de la densité des poissons) peut s'être produite un peu plus tard qu'une interprétation statistique stricte pourrait le suggérer. Cette supposition repose sur l'observation que les poids moyens finaux calculés pour les étangs de la station, très peuplés ou peu peuplés, approchaient une différence significative. En effet, avec une probabilité de 0,01, ils sont différents.

Une comparaison entre les chiffres de production des trois traitements révèle que le rendement semestriel paraît équivaloir ou approcher 550 kg/ha pour ces systèmes, indépendamment du taux de peuplement (figure 3). Ces résultats concordent avec les chiffres de systèmes similaires rapportés par BROOKS & MALUWA (1993) et NOBLE & COSTA-PIERCE (1992). L'accroissement constant de la population vivante dans tous les traitements indique que la capacité de charge maximum de ces étangs n'a pas été atteinte durant la période de production.

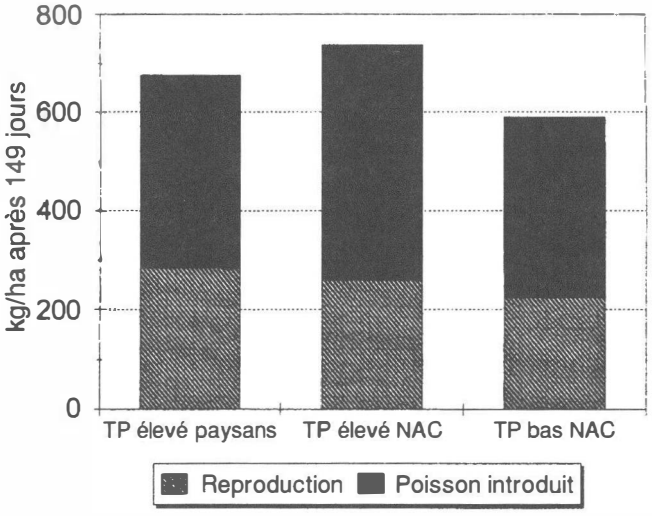


Fig. 3. — Populations vivantes dans les étangs des paysans et du NAC à deux taux de peuplement (TP)

PondSim a calculé un régime d'intrant moyen qui a permis aux chercheurs de simuler avec précision les intrants en milieu réel. Les

figures 4 et 5 reprennent la matière sèche et les intrants azotés totaux utilisés par les paysans et les chercheurs. La simulation des intrants aboutit-elle à une production similaire de poisson ? Tout dépend de la manière dont les intrants sont utilisés dans l'écosystème de l'étang. La méthode de surveillance des petits étangs durant la production et l'expérimentation est également déterminée par la manière dont l'étang utilise les intrants. Si l'importance capitale des intrants est indéniable en tant qu'aliment direct des poissons, les paramètres importants de la qualité de l'eau pourraient être l'oxygène dissous et la température, puisque les poissons ne dépendent pas exagérément des organismes nutritifs naturels de l'étang. Tel est le cas de la culture intensive du "channel cat-fish" (*Ictalurus punctatus*), du tilapia bleu (*Oreochromis aureus*) et de la carpe d'Israël (*Cyprinus carpio*) aux Etats-Unis où les aliments formulés dominent la chaîne alimentaire naturelle (MILLER 1972).

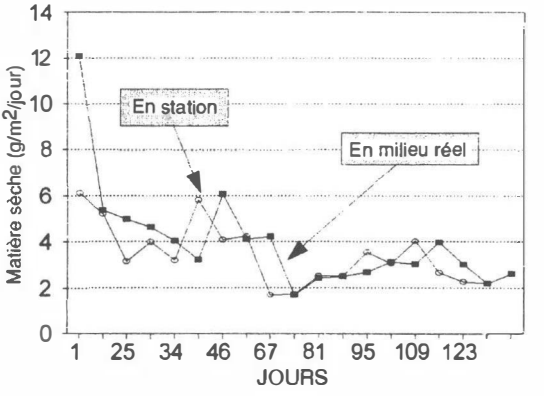


Fig. 4. — Intrants en matière sèche dans les étangs des paysans et du NAC gérés par PondSim.

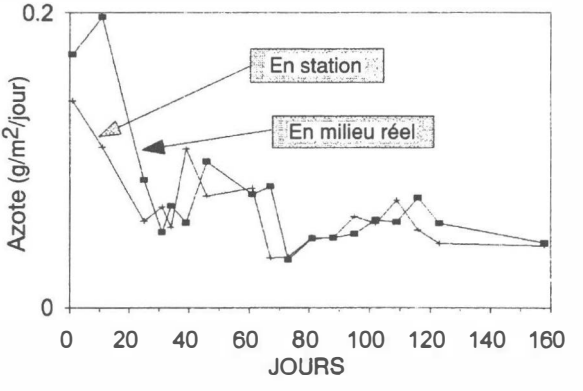


Fig. 5. — Intrants azotés en milieu réel et en station gérés par PondSim.

D'autre part, si l'usage primaire des intrants est de servir d'engrais au profit des organismes constituants les aliments naturels dans l'étang et qu'ils ne sont consommés que secondairement par les poissons, les paramètres de la qualité de l'eau tels que la chlororphylle α et les solides en suspension totaux pourraient constituer des indicateurs valables de la productivité. En Israël, des étangs peuplés de carpes communes (*Cyprinus carpio*), carpes argentées (*Hypothalmichtys molitrix*) et hybrides de tilapia (*O. niloticus x O. aureus*), fumés et fertilisés artificiellement, constituent des exemples de chaînes alimentaires dominées par les organismes naturels des étangs (SCHROEDER *et al.* 1990).

Dans notre étude, les solides en suspension totaux (SST) ont fluctué dans une large fourchette à la fois dans les étangs des paysans et dans ceux de la station (figure 6). Cette variabilité élevée rend l'interprétation difficile. Elle indique certainement que les SST sont extrêmement sensibles aux caprices temporaires de l'environnement et pourraient donc être plus utiles comme indicateurs des tendances potentiellement dangereuses à long terme dans la qualité de l'eau que comme agents de prédiction de la productivité de l'étang sur l'ensemble d'une saison de croissance.

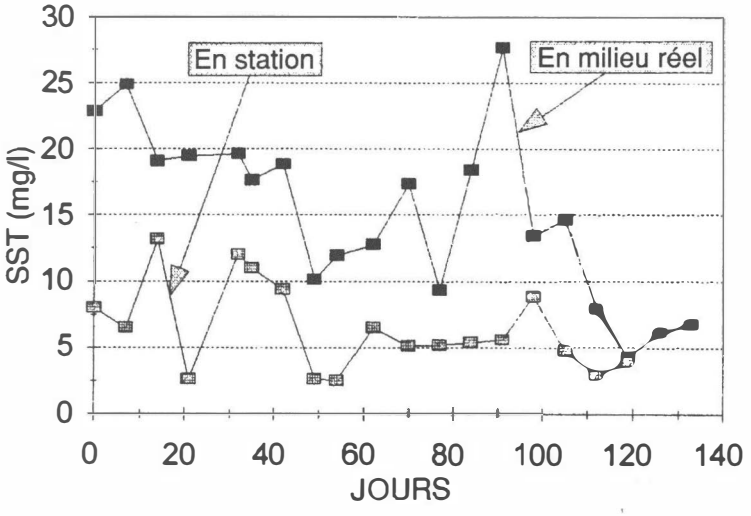


Fig. 6 . — Solides en suspension totaux dans les étangs des paysans et de la station gérés par PondSim.

Les solides dissous totaux (SDT) ont fluctué autour d'une valeur moyenne d'environ 80 mg/l en milieu réel (figure 7). En station, la valeur

SDT est restée plus stable mais plus basse, avec une moyenne d'environ 40 mg/l. Si l'on considère la similitude dans la croissance des poissons entre le milieu réel et la station, il est clair que la valeur SDT serait un mauvais agent de prédiction de la productivité des étangs.

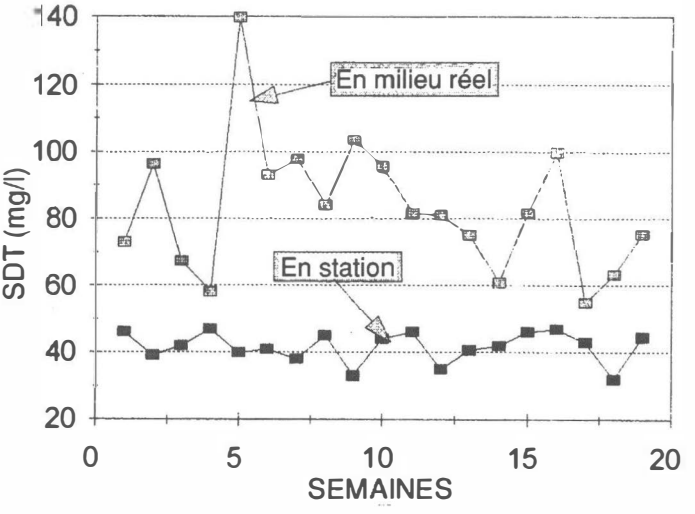


Fig. 7. — Solides dissous totaux dans les étangs des paysans et de la station gérés par PondSim.

La chlorophylle α a présenté des valeurs très similaires entre les deux ensembles de données (figure 8). COSTA-PIERCE *et al.* (1993) a découvert que les taux spécifiques de croissance de l'*O. shiranus* et du *T. rendalli* étaient en relation directe avec l'oxygène dissous (OD) et les intrants d'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*) et de son de maïs. L'OD et les intrants apparaissaient en relation inverse chez COSTA-PIERCE *et al.* (1993). Dans la présente étude, l'OD a été mesuré en milieu réel uniquement durant les visites hebdomadaires qui avaient habituellement lieu l'après-midi. Il n'est donc pas possible de déterminer avec exactitude si les valeurs en milieu réel pourraient avoir été différentes de celles mesurées chaque jour à 05:00 au NAC. Quoi qu'il en soit, puisque la densité du phytoplancton (estimée au départ de la chlorophylle α) et la population vivante de poissons étaient similaires dans les étangs des paysans et ceux de la station, et puisque le phytoplancton et les poissons sont les plus grands régulateurs de l'OD dans les étangs, on peut supposer soit que les profils de l'OD étaient identiques dans les étangs des paysans et de la station, soit que l'OD ne constitue pas un agent de

prédiction valable de la productivité des étangs dans ces systèmes. Des recherches sont actuellement en cours afin d'évaluer les mérites relatifs de l'OD et de la chlorophylle α comme agents de prédiction de la productivité des étangs.

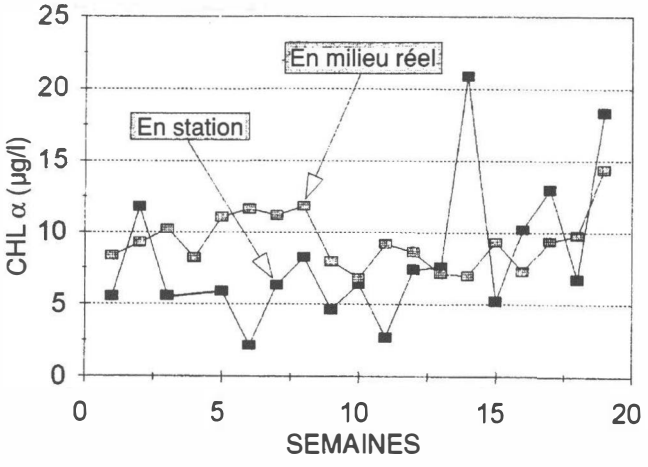


Fig. 8. — Chlorophylle α dans les étangs des paysans et de la station gérés par PondSim.

Le contenu des estomacs des poissons est détaillé au tableau 7. Même si l'analyse du contenu des estomacs était compliquée par l'absence de méthode pratique de quantification de la quantité de son et d'albumen de maïs dans les estomacs des poissons, il est clair que les

Tableau 7

*Nombre d'organismes alimentaires identifiés dans les estomacs de l'*Oreochromis shiranus *et du* Tilapia rendalli. *Chaque enregistrement représente le contenu moyen de 20 estomacs (cinq de quatre étangs). Les comptages de trois passages à 40x ont été extrapolés sur le volume total de l'estomac.*

Espèce	Catégorie de taille	Diatomées	Autres Phyto-planct.	Micro-crustacés	Autres Zoo-planct.	Macro-phytes	Zoo-benthos	Intrants*
T. rendalli	<50mm	190.5	347.6	2.4	2.4	4.8	0	354+
	50-100mm	764.7	570.6	5.9	0	17.6	11.8	1294++
	>100mm	148	48	4	0	13	1	530+
O.shiranus	<50mm	66.3	65.1	1.2	0	0	0	13.3+
	50-100mm	1472.4	2241.4	6.9	37.9	37.1	0	44.8++
	>100mm	198	1010	2	13	0	0	6+++

* Les nombres indiquent des détritus végétaux plus grands; les plus indiquent les quantités relatives d'albumen de maïs.

poissons des deux espèces, en particulier ceux de grande taille, consommaient directement les intrants. Comme l'azote peut se confondre avec les protéines, il n'est pas facile de déterminer si l'avantage pour l'étang a été plus grand à la suite de l'alimentation ou de la fertilisation. Le programme PondSim subit actuellement des affinages qui prennent également en compte l'addition de phosphore comme indicateur de la valeur en engrais d'un intrant.

Une nouvelle stratégie de recherche

Si la méthode demande à être affinée, l'élucidation de la stratégie générale pourrait ouvrir de nouvelles perspectives à la recherche en agriculture intégrée. L'ICLARM a fait une première tentative en vue de standardiser la méthodologie (figure 9). L'évaluation participative des ressources mène directement à la formulation d'intégrations possibles qui peuvent être testées en station, après quoi elles sont traduites en programmes d'une manière ou d'une autre. L'ICLARM utilise une démonstration au NAC et des visites sur le terrain chez d'autres paysans, pour entamer le dialogue entre paysans et chercheurs (NOBLE & KADONGOLA 1990, NOBLE & RASHIDI 1990, NOBLE & COSTA-PIERCE 1992). La discussion des technologies proposées débouche sur la sélection d'une ou de quelques-unes d'entre elles que les paysans aimeraient tester dans leur exploitation. Durant cette interaction, les chercheurs fournissent une guidance limitée, en se contentant d'aider les paysans à éviter des scénarios qui les mèneraient à l'échec certain. L'idée est que le paysan sélectionne un plan de production qui générera de nouvelles connaissances pour lui-même/elle-même et pour le chercheur.

Les paysans sont responsables de l'ensemble de l'organisation de l'expérience dans leur exploitation. Ils creusent les étangs et fournissent la totalité des intrants nutritifs ainsi que de la gestion. Les chercheurs fournissent uniquement les intrants de base qui garantiront la fiabilité statistique des résultats. Par exemple, l'ICLARM au Malawi fournit des populations d'alevins dont l'âge, la répartition entre les sexes, le mélange d'espèces, la variabilité entre les poids et les longueurs, ainsi que la composition génétique sont connus. Sans cette information de base, l'interprétation des résultats serait impossible.

Une fois que les paysans ont pris une décision concernant leur programme, on construit à la station expérimentale des copies d'étangs ressemblant autant que possible aux étangs des paysans. On y règle le

niveau de l'eau et la chimie de base. Les étangs sont peuplés de poissons dont les tailles, les taux et les proportions copient ceux des paysans. Comme il y a peu de chances que le plan de gestion de chaque paysan soit identique à celui de son voisin, la gestion des étangs de la station peut être basée sur les moyennes du milieu réel. Le tableur appelé communément "PondSim" peut y contribuer.

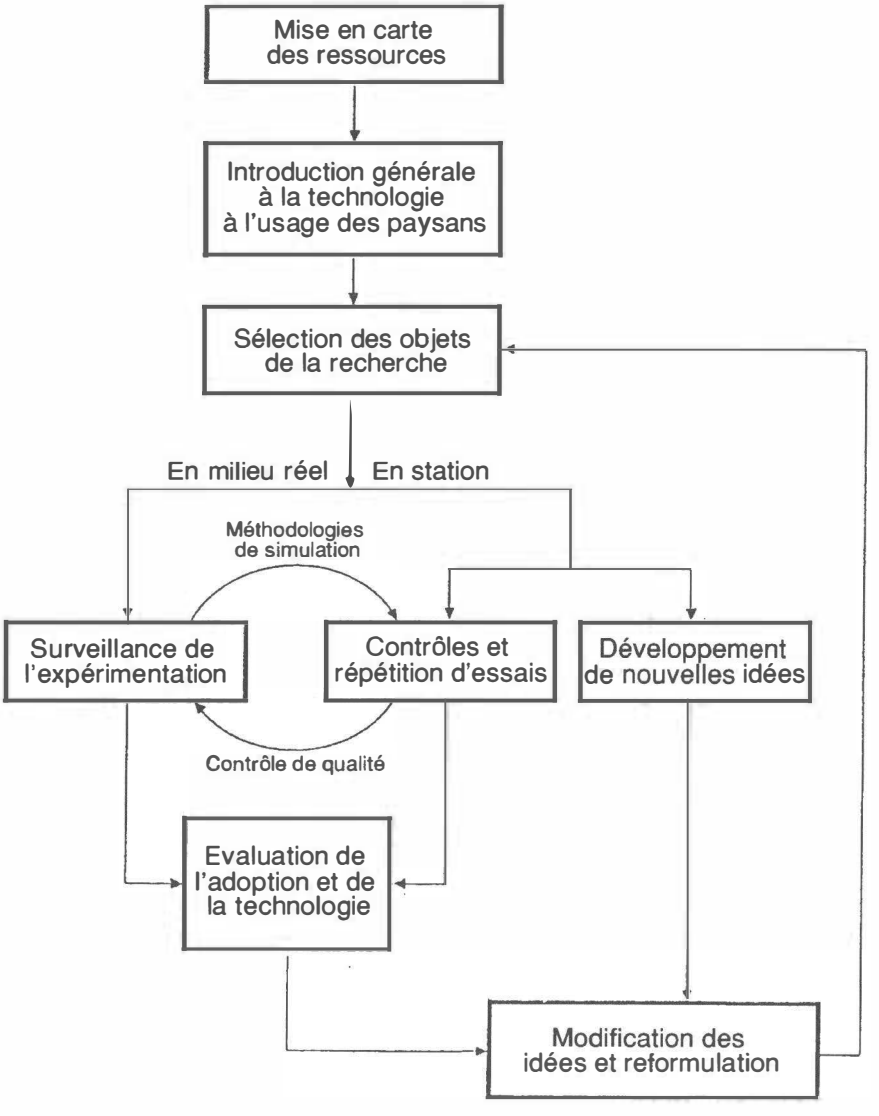


Fig. 9. — Méthodologie de la recherche en partenariat paysan-chercheur de l'ICLARM

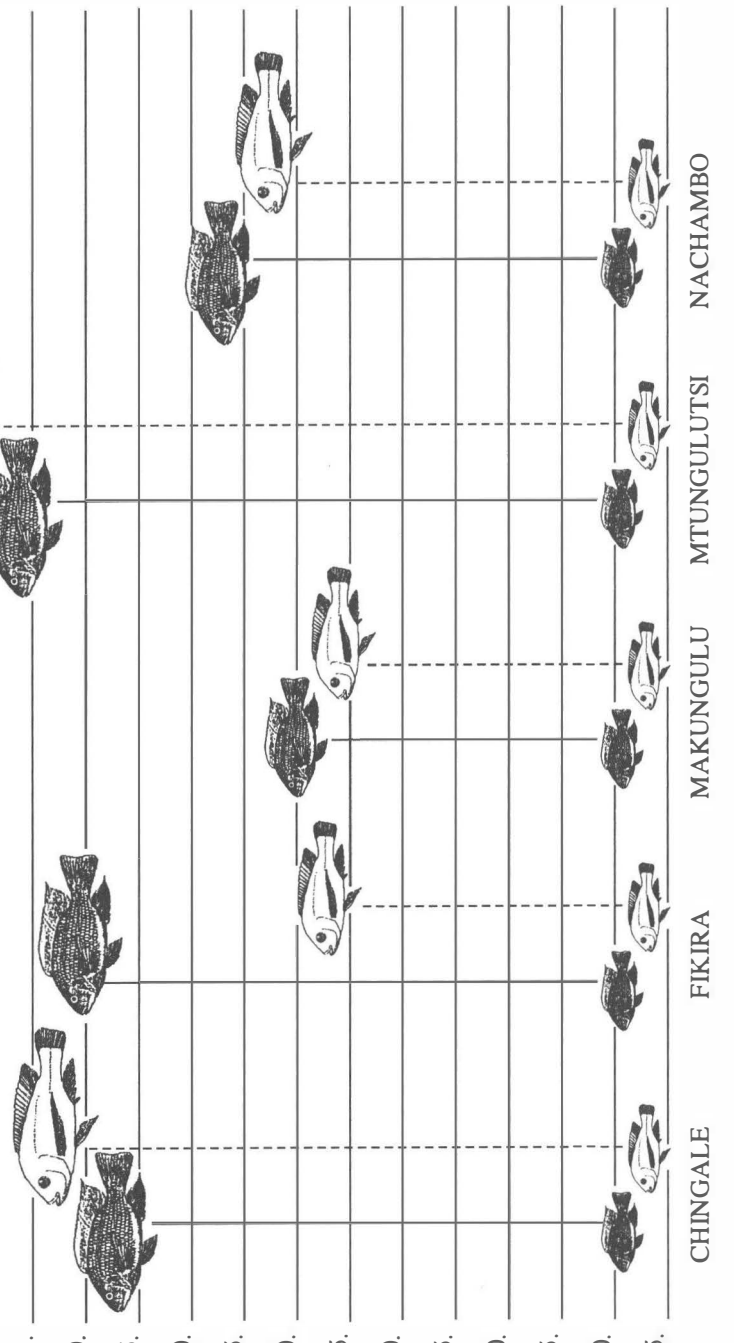


Fig. 10.Représentation graphique de la croissance en milieu réel en 1992.

Durant le cycle de production, les chercheurs surveillent la qualité de l'eau, la quantité et la qualité des intrants, ainsi que la croissance des poissons dans les étangs des paysans et de la station. Des études parallèles, telles que celle utilisée pour estimer la capacité de charge décrite ci-dessus, peuvent être menées en station au même moment que l'activité de contrôle en milieu réel afin de fournir des informations complémentaires sur le fonctionnement du système. Au cours de ces essais, les chercheurs apprennent, par exemple, à apprécier la réalité de la petite exploitation. Par exemple, le nombre d'heures consacrées chaque jour à ramasser le fumier, à couper l'herbe et à pelleter le son de maïs est souvent pris à la légère par les chercheurs qui utilisent des sacs d'aliments comprimés pour poissons.

Après la vidange des étangs, les résultats sont analysés et présentés par les chercheurs sous une forme compréhensible par les paysans. La figure 10 illustre l'effort accompli par l'ICLARM en 1992 pour relayer en faveur des paysans les informations récoltées au cours du projet de recherche.

Une telle méthode de travail peut représenter une espèce de compromis entre la science rigoureusement contrôlée et la recherche pure en milieu réel avec participation des paysans. Si les résultats sont davantage susceptibles d'être adoptés et si de son adoption résulte une meilleure durabilité à long terme, le compromis doit être considéré comme valable.

RÉFÉRENCES

APHA/AWWA/WPCF. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater — American Public Health Association, Washington, D.C. U.S.A. 17th Edition, 1391 pp.

BOYD, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. — Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, U.S.A., 482 pp.

BROOKS, A.C. & A.O. MALUWA. 1993. Central and Northern Regions Fish Farming Project research findings 1990-1993. — Malawi Department of Fisheries. Mzuzu, Malawi, 139 pp.

CHIKAFUMBWA, F.J.K.T. 1990. Studies on napier grass (*Pennisetum purpureum*, SCHUMACH) as a pond input for the culture of *Tilapia rendalli* (BOULENGER) and *Oreochromis shiranus* sp. (BOULENGER). — University of Malawi, M. Sc. Thesis. 177 pp.

CHIKAFUMBWA, F.J., COSTA-PIERCE B.A., & BALARIN, J.D. 1991. Preference of different terrestrial plants as food for *Tilapia rendalli* and *Oreochromis shiranus*. — *Aquabyte,* **4** (3): 9-10

CHIKAFUMBWA, F.J., COSTA-PIERCE B.A., KADONGOLA W., JAMU D.M. & BALARIN J.D., 1993. Experimental investigations on the use of on-farm resources as pond inputs for smallholder aquaculture in rural Africa. — *Aquaculture,* **117**: 261-271.

COSTA-PIERCE, B.A. & PULLIN R.S.V. 1993. Development of smallholder aquaculture in Malawi. — *World Aquaculture,* **23** (1): 43-48.

EDWARDS, P., KAEWPAITOON, K. , MC COY, E.W. & CHANTACHAENG, C. 1986. Pilot small-scale crop/livestock/fish integrated farm. — AIT Research Report 184. Bangkok, Thailand, 131 pp.

GOM (Government of Malawi). 1987. Monthly Statistical Bulletin, October 1987. — National Statistical Office, Zomba, Malawi, 27 pp.

GOM (Government of Malawi). 1988a. Statement of Development Policies 1987-1996. — Office of the President and Cabinet, Department of Economic Planning, Lilongwe, 198 pp.

GOM (Government of Malawi). 1988b. Economic report, 1988. — Office of the President and Cabinet, Department of Economic Planning, Lilongwe, Malawi, 107 pp.

ICLARM & GTZ. 1991. The context of small-scale integrated agriculture-aquaculture systems in Africa: a case study of Malawi. — ICLARM Stud. Rev. 18, 302 pp.

JAMU, D.M. 1990. Studies on ash as a liming agent in fish ponds. — University of Malawi, M.Sc .Thesis. 193 pp.

KADONGOLA, W.K. 1990. Maize (*Zea mays*) bran as a supplemental feed in the culture of *Tilapia rendalli* (Boulenger) and *Oreochromis shiranus* sp. (BOULENGER). — University of Malawi, M.Sc. Thesis. 177 pp.

LIGHTFOOT, C. 1990. Integration of aquaculture and agriculture: a route to sustainable farming systems. — Naga, The ICLARM Quarterly, **13**(1): 9-12

LIGHTFOOT, C., NOBLE, R. & MORALES, R. 1991. Training resource book on a participatory method for modelling bioresouce flows. — ICLARM Education Series 14. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

LIGHTFOOT, C. & NOBLE, R.P. 1993. A participatory experiment in sustainable agriculture. — *J. Farming Systems Research and Extension,* **4**(1): 11-34.

LOVELL, R.T. 1981. Laboratory manual for fish feed analysis and fish nutrition studies. — Department of Fisheries and Allied Aquacultures, International Center for Aquaculture, Auburn University, AL, U.S.A. 191 pp.

NOBLE, R.P. & KANDONGOLA, W.K. 1990. Smallholder farmers in Malawi adopt and improve technologies from collaborative research. — *Aquabyte,* **3** (3): 7-8

NOBLE, R.P. & RASHIDI, B. 1990. Aquaculture technology transfer to smallholder farmers in Malawi, Southern Africa. — Naga, the ICLARM Quarterly, **13** (4): 14-16

NOBLE, R.P. & COSTA-PIERCE, B.A. 1992. Aquaculture technology research for smallholder farmers in rural Malawi. — *In:* Aquaculture and Schistosomiasis. Board on Science and Technology for International Development, National Research Council, National Academy of Sciences. Washington D.C. pp. 11-25.

NOBLE, R.P. Utilization of on-farm resources for aquaculture in rural Africa. — *In:* PULLIN, R.S.V. , LAZARD, J., LEGENDRE,M. & AMON KOTHIAS, J.B. (eds.), The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 41. In press.

SCHROEDER, G.L., WOHLFARTH, G., ALKON, A., HALEVY, A. & KRUEGER, H. 1990. The dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures. — *Aquaculture,* **86**: 219-229.

ZAR, J.H. 1974. Biostatistical analysis. — Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. 620 pp.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 503 - 513 (1995)

Original : Anglais

LES ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA PISCICULTURE INTÉGRÉE

PAR

Sevaly SEN*

RÉSUMÉ. — Le programme d'Aquaculture au Service du Développement des Communautés locales (ALCOM, Aquaculture for Local Community Development) est opérationnel dans la région SADC depuis 1986. Ce programme a principalement été à l'origine d'une étude des aspects sociaux et économiques de la pisciculture à petite échelle. Certaines des études conduites se sont concentrées sur l'adoption de la pisciculture. Le présent exposé traite de l'importance du statut socio-économique, des mécanismes de nivellement et de l'affectation intra-domestique des ressources sur le taux d'adoption d'une innovation. Cet exposé est suivi des résultats de deux études menées par l'ALCOM en Zambie et en Tanzanie. L'étude réalisée en Zambie a montré que les exploitants qui n'adoptaient pas l'innovation se concentraient davantage sur l'agriculture et l'élevage que les partisans de la pisciculture, mais, de façon inattendue, la pisciculture ne se limite pas à une certaine catégorie sociale. Au contraire, elle souligne que la pisciculture est une activité intervenant dans certaines phases du développement d'une exploitation. En Tanzanie, l'étude s'est concentrée sur les exploitants gérant leurs étangs de pisciculture de manière relativement plus efficace. Les résultats indiquent que les critères de réussite d'un pisciculteur n'étaient pas directement liés au rendement, mais plutôt à la capacité d'investir les revenus tirés de cette activité dans d'autres activités à caractère économique et non économique. La compréhension des facteurs socio-économiques qui affectent l'adoption est indispensable au développement de méthodes et d'approches de vulgarisation et de telles informations ont aidé l'ALCOM dans ces développements.

* Socio-économiste; Aquaculture for Local Community Development Programme, P.O. Box 3730, Harare (Zimbabwe).

Introduction

Le programme d'Aquaculture au Service du Développement des Communautés locales (ALCOM, Aquaculture for Local Community Development), entamé en 1986, était conçu comme un programme interrégional d'aquaculture à petite échelle mettant l'accent sur les aspects sociaux et économiques. Le rôle de l'ALCOM était d'aider les pays de la Communauté de Développement d'Afrique australe (SADC, Southern African Development Community) à analyser les questions relatives au développement de l'aquaculture et à tester et démontrer des méthodes et des approches à la fois socialement et économiquement viables et techniquement réalisables. Le programme a lancé une série d'études socio-économiques dont certaines se sont intéressées aux raisons pour lesquelles les petits paysans adoptent la pisciculture. Ces études avaient pour principal objectif de fournir des informations susceptibles d'être utilisées pour développer et optimiser les méthodologies de vulgarisation pour la pisciculture à petite échelle dans la région.

L'exposé qui suit traite des aspects socio-économiques généraux de l'adoption d'une innovation et présente les résultats de deux études menées par l'ALCOM en Zambie et en Tanzanie.

Il convient de souligner dès le départ que le terme de pisciculture intégrée est considéré comme un synonyme de tous les systèmes d'élevage de poissons intégrés dans d'autres activités de l'exploitation, tant en termes d'intrants que de produits.

La pisciculture intégrée: construire ou gérer des étangs ?

Ces dernières années, une recherche approfondie a été menée afin d'analyser les raisons de l'échec de la pisciculture en milieu rural en Afrique australe. Dans ce contexte, l'échec se fondait sur le constat selon lequel, alors que les exploitants construisent des viviers, ils "omettent" souvent de les gérer, les laissant à l'abandon dès qu'ils les ont creusés. Les raisons pour lesquelles les exploitants creusent des étangs mais n'y élèvent pas de poisson ont été abordées par HARRISON (1993), sur la base des recherches conduites dans la Province du Luapula, en Zambie. Les raisons incitant les paysans à creuser des étangs de pisciculture étaient multiples: possession d'une ressource alimentaire, d'une source de revenus, d'une garantie de sécurité, d'un moyen (perçu ou réel) de revendiquer un terrain ou d'avoir accès à une aide au développement ou

une aide financière. La raison pour laquelle les paysans construisent des étangs de pisciculture influence à l'évidence leur détermination à gérer un étang. Ainsi, les paysans qui creusent un étang dans le seul but de revendiquer une parcelle de terrain n'auront en fait nullement l'intention de le gérer, alors que les paysans qui voient dans l'étang une source de revenus ou une ressource alimentaire seront davantage motivés à le gérer. Cependant, les attitudes et les motivations des paysans peuvent changer et il est possible qu'un paysan qui, au départ, avait creusé un étang pour revendiquer un droit sur cette parcelle de terrain, souhaite par la suite élever des poissons pour s'assurer une ressource alimentaire ou à des fins commerciales. Ceci dépendra, dans une certaine mesure, de la disponibilité de services de vulgarisation et d'alevins, ainsi que de la disponibilité d'intrants et d'accès à ceux-ci.

Le présent exposé se propose d'analyser les facteurs économiques et sociaux qui incitent les paysans à continuer à avoir des étangs. Il n'abordera dès lors pas en détail les raisons pour lesquelles les paysans construisent des étangs qui, comme indiqué ci-dessus, ont été adéquatement traitées par ailleurs.

Facteurs influençant l'adoption de la pisciculture intégrée

Les caractéristiques socio-économiques des partisans d'une innovation sont au centre de tout débat sur l'adoption de la pisciculture. Il s'agit là d'un aspect important pour les gouvernements et les donateurs qui considèrent souvent la pisciculture comme une stratégie permettant d'améliorer la sécurité alimentaire des ménages et/ou d'augmenter les revenus en espèces de petits exploitants ruraux démunis.

Les études menées par l'ALCOM, l'ICLARM et d'autres indiquent que ceux qui adoptent la pisciculture sont, de manière générale, des personnes de sexe masculin, bénéficiant de conditions matérielles légèrement ou nettement supérieures, qui ont reçu une meilleure instruction et participant plus activement aux activités sociales et politiques que les autres membres de la communauté. Par conséquent, ils ont souvent accès à une plus grande superficie de terrain, à une main-d'oeuvre plus abondante et à des services de vulgarisation plus nombreux. Bien que ces faits puissent être troublants, du point de vue des projets et des gouvernements désireux de toucher le groupe cible qu'ils ont eux-mêmes défini, ces faits ne sont pas surprenants. Des études sur l'adoption (ROGERS 1983) ont souvent indiqué que les premiers adeptes

jouissaient d'une meilleure instruction ou d'un statut social supérieur, étaient plus riches et possédaient de plus grands terrains, avaient plus de contacts avec les canaux de vulgarisation et de communication, étaient plus étroitement impliqués dans le système social et étaient davantage reconnus comme des leaders d'opinion.

La pisciculture étant toujours relativement neuve dans de nombreuses régions d'Afrique australe, ceux qui l'adoptent devraient être considérés comme des adeptes de la première heure. Reste à savoir si les innovateurs innovent parce qu'ils sont riches ou s'ils sont riches parce qu'ils innovent. En théorie, dans le cas d'une innovation réussie, le plus grand bénéfice ira aux premiers adeptes et l'innovateur tirera automatiquement un avantage financier de l'innovation. Du point de vue de l'économiste, l'innovateur est récompensé des risques qu'il (ou elle) a pris en lançant une nouvelle activité comportant une grande incertitude. Quoi qu'il en soit, on ne peut affirmer à coup sûr qu'il existe une parfaite relation linéaire entre le statut socio-économique et l'esprit d'innovation. D'autres variables importantes entrent également en ligne de compte comme la personnalité et le comportement de communication. Les variables concernant la personnalité englobent le fatalisme et le dogmatisme, tandis que le comportement de communication couvre la participation sociale, le cosmopolitisme et le leadership d'opinion (ROGERS 1983).

Mécanismes de nivellement

L'analyse décrite dans la section précédente ne tient pas compte d'importants aspects sociaux que l'on trouve dans de nombreuses petites communautés d'exploitation traditionnelles, qui influencent négativement l'adoption d'une innovation. Ces aspects sont connus sous l'appellation générique de mécanismes de nivellement et sont considérés comme jouant un rôle fondamental dans le contrôle de l'individu et dans le maintien de l'ordre social communautaire (ICLARM, 1991). Ces mécanismes, qui consistent en une série de pressions et d'obligations sociales, empêchent l'individu de progresser économiquement au-delà de son rôle social dans la communauté. Il se peut qu'un individu qui décide de consacrer son temps à des activités économiquement productives le fasse au détriment d'activités socialement productives. Par conséquent, il sera frappé d'ostracisme et fera l'objet de l'hostilité de la part du reste de la collectivité. Ceci se répercute sur l'introduction de toute nouvelle technologie, comme la pisciculture, dans les domaines dans lesquels on

perçoit une disponibilité de main-d'oeuvre qui n'a été évaluée qu'en termes de productivité économique. En réalité, il ne restera plus guère de main-d'oeuvre libre si des activités socialement productives sont également envisagées, au point que l'innovation ne sera pas adoptée.

En outre, les individus d'un groupe social particulier qui ont commencé à gagner davantage d'argent ou à accumuler plus de richesses peuvent également faire l'objet de mécanismes de nivellement. Souvent enviés, jalousés, suspectés ou considérés comme une menace au pouvoir et au statut du leader traditionnel, ces individus peuvent faire l'objet de la magie noire de "voisins jaloux" (ICLARM, 1991). Les paysans impliqués dans des sous-projets ALCOM en Zambie, en Tanzanie et au Zimbabwe ont souvent cité ces arguments comme raison d'abandonner la pisciculture ou de ralentir leurs activités. Certains paysans ont réagi en employant des "contre-mesures" pour lutter contre ceci.

Les recherches menées par l'ALCOM dans la province Orientale de la Zambie, ont abouti à la conclusion que pisciculture avait plus de chance d'être adoptée par des individus d'une communauté dans laquelle le système social est plus fluide, de telle sorte que la pression normative n'est pas aussi forte. Ainsi, dans une des deux zones étudiées, plusieurs chefs avaient proposé de construire des étangs villageois. Le système social étant plus étroitement tissé (la majorité des villages sont composés de grandes familles), certains villageois se sentaient moralement obligés de participer parce qu'ils estimaient qu'ils ne pouvaient pas laisser tomber leur chef.

Ils ont progressivement commencé à chercher des excuses pour s'absenter et, finalement, la construction a été interrompue. De même, les villageois qui souhaitaient construire des étangs individuels ne pouvaient le faire en raison de la décision prise par le chef de construire des étangs collectifs. D'autre part, dans une autre région, on construisait davantage d'étangs individuels parce que le système social y était plus "fluide", caractérisé par un afflux plus important d'étrangers et un exode massif d'autochtones quittant la région pour des périodes de travail plus ou moins longues (VAN DER MHEEN-SLUIJER 1991).

Affectation intra-domestique des ressources

Les programmes de développement aquacole ont tous commis l'erreur de croire que le ménage est une unité à ce point homogène et souvent équitable que chacun tire profit d'une activité. Mais en réalité, ce n'est pas le cas.

Les membres du ménage peuvent avoir des priorités de production et des positions différentes qui influencent l'affectation des ressources par sexe, âge, etc. Le sexe (les rôles de hommes et des femmes) est aussi un facteur déterminant de l'affectation des ressources au sein d'un ménage. Par exemple, la pisciculture peut être introduite par des hommes pour des hommes dans une région où l'on considère qu'il y a des terrains, de la main-d'oeuvre et des intrants agricoles disponibles. La décision de pratiquer la pisciculture peut être prise de concert par l'homme et son épouse ou uniquement par le chef de ménage. Il se peut que le décideur ne joue pas un rôle actif dans la gestion de l'étang mais délègue au contraire ses responsabilités aux autres membres du ménage. De nombreuses études menées dans la région révèlent que, si le propriétaire de l'étang est souvent le chef de famille, ce sont, en pratique, les femmes et les enfants du ménage qui se chargent de l'alimenter et de le fertiliser. Ils ne s'engageront vraiment dans cette activité que s'ils estiment que la rémunération, en termes de production pour la consommation domestique, le revenu financier ou tout autre avantage sont suffisants. Dans les cas où la pisciculture est davantage orientée vers le profit financier, les hommes assument tous les aspects de la gestion de l'étang (HARRISON 1993).

Les raisons qui poussent les paysans à gérer leurs étangs de telle ou telle manière ne sont donc pas uniquement liées aux ressources dont ils disposent ni aux pressions économiques et sociales auxquelles ils sont soumis, mais tiennent aussi aux personnes qui, dans le ménage, bénéficient effectivement de l'activité et à ceux qui doivent accomplir le travail.

Résultats de l'étude menée dans la province de l'Est, Zambie

Une étude menée par l'ALCOM dans la province Orientale de la Zambie, a entrepris d'examiner l'importance relative de l'environnement socio-économique et les caractéristiques d'un individu dans le processus d'adoption (VAN DER MHEEN-SLUIJER 1991). Deux régions dans lesquelles l'ALCOM avait travaillé ont été retenues pour l'étude. Des informations ont été collectées à l'aide de diverses techniques parmi lesquelles des interviews d'informateurs-clés, 139 questionnaires et 14 interviews de groupe avec des personnes plus âgées. Parmi les répondants se trouvaient des paysans qui avaient construit un étang individuel, des paysans qui avaient construit un étang communal et des paysans qui n'avaient

manifesté aucun intérêt pour la pisciculture. Les résultats de l'étude ont montré que les pisciculteurs différaient des non-adeptes de la pisciculture en ce sens que tous étaient des hommes et, qu'à une seule exception près, ils étaient tous relativement jeunes (36 ans en moyenne). Les exploitants non-adeptes de l'innovation se concentraient davantage sur l'agriculture et l'élevage que les partisans de la pisciculture et, en général, tiraient des revenus supérieurs de ces activités. De façon inattendue, l'étude a également montré que la pisciculture ne se limitait pas à une certaine catégorie sociale et que la quantité de main-d'oeuvre disponible dans un ménage n'influençait nullement la décision d'adopter la pisciculture. On notera également avec intérêt qu'il n'y avait aucune différence de la consommation réelle de poisson entre les adeptes et les non-adeptes. Ceci s'explique notamment par le fait que les adeptes tirent moins de revenus de l'exploitation de telle sorte qu'une plus grande partie de leurs besoins en numéraire n'est pas satisfaite et qu'ils cherchent dès lors des activités, comme la pisciculture, pour compléter le budget du ménage.

L'étude a également révélé que la pisciculture est une activité intervenant dans certaines phases du développement d'un ménage. Les jeunes hommes célibataires pratiquaient la pisciculture dans le but de gagner de l'argent parce qu'ils étaient toujours à charge de leurs parents et pouvaient donc se permettre de prendre des risques. Un autre résultat intéressant de l'étude fut que les non-adeptes avaient vu beaucoup plus de viviers que les adeptes, ce qui implique que le fait de voir un vivier influence négativement la décision d'adopter la pisciculture. Et ceci, parce que beaucoup de ces non-adeptes n'avaient jamais entendu parler de pisciculture mais qu'après avoir vu un étang, ils en avaient conclu que cette activité nécessitait énormément de ressources.

Les résultats de l'étude ont aidé l'ALCOM a évaluer les méthodes de vulgarisation développées dans la province et ont permis d'orienter les efforts de vulgarisation vers les régions où l'adoption de la pisciculture avait le plus de chances de réussir.

Résultats de l'étude menée en Tanzanie

L'ALCOM a récemment lancé à Morogoro un sous-projet axé sur le Développement de l'Aquaculture semi-intensive, en étroite collaboration avec le Département de la Pêche du Ministère du Tourisme, des Ressources Naturelles et de l'Environnement. La première activité du sous-projet était une étude de cas visant à déterminer les raisons pour

lesquelles les paysans pratiquent une pisciculture semi-intensive (NILSSON & WETENGERE 1994). L'étude a mis en lumière les problèmes que pose la définition de la pisciculture semi-intensive. Après une étude de la littérature et des discussions avec les aquaculteurs familiarisés avec la région, on est arrivé à une définition basée sur la fréquence de l'alimentation et de la fertilisation. En pratique, les chercheurs ont estimé qu'il était difficile de trouver de nombreux exploitants qui alimentaient leurs poissons ou fertilisaient leurs étangs selon cette définition. A la fin, les paysans qui participaient à l'étude de cas étaient considérés comme gérant "mieux" leurs étangs que les autres pisciculteurs de la région. Cela signifiait qu'ils nourrissaient les poissons, fertilisaient leurs étangs et possédaient quelques connaissances de la pisciculture (et étaient disposés à les partager). A un stade ultérieur, lors d'évaluations rurales participatives avec un groupe de pisciculteurs, on a constaté qu'un pisciculteur prospère (par opposition à un "meilleur") était quelqu'un qui parvenait à dégager un revenu important de la pisciculture qu'il pouvait réinvestir dans d'autres activités. Le deuxième critère le plus important d'évaluation de la réussite était le nombre d'étangs et la capacité de l'exploitant d'augmenter ce nombre. Il est à noter qu'une bonne gestion de l'étang ou l'alimentation des poissons et la fertilisation de l'étang n'étaient pas directement cités comme des critères de réussite importants. L'alimentation et la fertilisation sont un moyen de réussir; la multiplication des étangs en est un autre. D'un point de vue économique, l'investissement du bénéfice dégagé de la pisciculture dans d'autres activités agricoles se répercute sur la viabilité à long terme de la pisciculture et signifie que l'activité sert de tremplin pour améliorer d'autres activités, peut-être parce que ces dernières sont plus courantes et comportent moins de risques. Tout ceci influence la volonté des exploitants de pratiquer la pisciculture de manière plus intensive. Mais l'intensification de la culture peut également être déterminée par toute une série d'autres raisons. Les exploitants peuvent parfaitement se satisfaire du niveau auquel ils pratiquent la pisciculture et ne pas vouloir augmenter la production si elle nécessite davantage d'efforts et d'intrants. Par ailleurs, il est possible que les exploitants ne sachent pas comment intensifier la production ou que toutes leurs activités agricoles soient pratiquées à des niveaux d'intensité relativement bas de telle sorte que la pisciculture n'y fait pas exception.

Les résultats de l'étude aideront le sous-projet à identifier les zones de la Région de Morogoro qui offrent un potentiel physique et socio-

économique pour la pratique de la pisciculture semi-intensive. Elles permettront également de développer des programmes de vulgarisation axés sur la pisciculture semi-intensive.

Conclusions

Dans de nombreuses régions rurales d'Afrique australe, les premiers adeptes d'une innovation sont généralement des hommes, plus instruits, plus riches, plus activement engagés dans l'activité sociale et politique et ayant plus de contacts avec les canaux de vulgarisation et de communication. Tel a également été le cas de la pisciculture dans la région de l'Afrique australe où, dans de nombreuses parties, la pisciculture est une activité relativement neuve. Les caractéristiques socio-économiques de nombreux pisciculteurs existants de la région ont posé quelques difficultés aux donateurs et aux agences gouvernementales qui souhaitaient promouvoir l'activité parmi un groupe cible plus large, incluant les paysans les plus démunis. On espère qu'à mesure que la pisciculture sera mieux connue, c'est-à-dire que l'on en percevra mieux les avantages et que l'on cernera mieux les ressources qu'elle nécessite, davantage d'habitants seront disposés à l'adopter. La réalisation de cet objectif passe par une meilleure compréhension des conditions physiques et socio-économiques locales permettant aux services de vulgarisation d'agir plus efficacement.

Parmi les principaux aspects socio-économiques affectant le développement de la pisciculture, citons les mécanismes de nivellement. Ces mécanismes, qui consistent en une série de pressions et d'obligations sociales, empêchent un individu de progresser économiquement au-delà de son rôle social dans la communauté. Une personne adoptant une innovation susceptible d'améliorer ses revenus, comme la pisciculture, peut faire l'objet d'ostracisme, de sorcellerie et de représailles. Ceci peut inciter la personne en question à abandonner l'activité, en dépit de son succès, et empêcher son adoption par d'autres. De tels mécanismes vont probablement prévaloir davantage dans les régions où le contrôle social est plus strict, tandis qu'ils seront moins fréquents dans les régions où la population est plus mobile, où il y un brassage permanent d'individus apportant de nouvelles idées. Quelle que soit la situation, la prédominance de ces mécanismes affectera le contenu du message de vulgarisation.

La compréhension de l'affectation intra-domestique des ressources est tout aussi importante pour le développement de la pisciculture. Les

ménages ne sont pas nécessairement des unités équitables ou homogènes, ce qui signifie que les membres d'un ménage ne tirent pas tous le même profit d'une activité, étant donné que chaque membre a des priorités de production différentes. L'introduction de la pisciculture est souvent le fait du chef du ménage, le "propriétaire de l'étang", tandis que les femmes et les enfants en assurent la gestion journalière. Ils n'y prendront une part active que s'ils estiment que cela en vaut la peine. Dans le cas contraire, quel que soit le message de vulgarisation communiqué au propriétaire de l' étang en matière de gestion, il n'aura aucun effet. Ceci se répercute sur le développement des méthodologies de vulgarisation. Non seulement, les autres membres du ménage devraient être directement contactés par le vulgarisateur, mais ils devraient eux-mêmes être initiés à la pisciculture parce qu'ils préfèrent avoir leur propre étang. En outre, il se peut que les membres du ménage ne soient pas conscients de tous les avantages que peut procurer un étang en termes d'intégration de cette activité avec d'autres activités de l'exploitation.

Les études menées par l'ALCOM en Zambie et en Tanzanie ont cherché à analyser les facteurs socio-économiques influençant l'adoption de la pisciculture. En Zambie, les résultats de l'étude ont aidé à évaluer une approche des méthodologies de vulgarisation et à sélectionner les zones dans lesquelles la pisciculture avait le plus de chances de réussir. En Tanzanie, l'étude récemment clôturée aidera l'ALCOM à identifier les zones propices à la pisciculture semi-intensive et à développer les méthodologies de vulgarisation.

Le volume d'informations réunies sur les conditions favorables et sur les obstacles à la pisciculture en Afrique australe ne cesse de croître. Bien qu'il reste quelques questions techniques en suspens, il apparaît à l'évidence que les facteurs socio-économiques jouent un rôle important dans le rythme de développement. Pour que la pisciculture continue à se répandre dans la région, la compréhension de ces facteurs et leur intégration dans le développement des méthodes de vulgarisation revêtent une importance capitale.

RÉFÉRENCES

GOVEREH, J., CHIGUME, S.M. & SEN, S. 1992. Socio-economic and Marketing Constraints to the Development of Aquaculture and Utilisation of Small Water Bodies in Zimbabwe. — Report for FAO/UNDP Support for Rural Aquaculture Extension (ZIM/88/021)

HARRISON, E. 1994. Digging Fish Ponds:Perspectives on Motivation. — Paper presented at the ICLARM Workshop on Aquaculture Policy Options for Integrated Resource Management in Sub-Saharan Africa.

ICLARM & GTZ. 1991. The context of small-scale fish integrated agriculture-aquaculture systems in Africa: a case study of Malawi. — ICLARM Stud. Rev., **18,** 302 pp.

NILSSON, H. & WETENGERE, K. 1994. Adoption and Viability Criteria for Semi-intensive Fish Farming: Report on a Socio-economic Case Study in Ruvuma and Mbeya Regions, Tanzania. — ALCOM Field Document, FAO, Harare.

ROGERS, E.M. 1983. Diffusion of Innovations. — The Free Press.

VAN DER MHEEN-SLUIJER, J. 1991. Adoption of Fish Farming: Promoting and Inhibiting Factors in Eastern Province, Zambia. — ALCOM Document GCP/INT/436/SWE.13

WIJKSTROM, U.N. & LARSSON, R. 1992. Fish Farmers in Rural Communities: Results of a Survey in Northwestern Province of Zambia. — ALCOM Field Document, **8**.

WIJKSTROM, U.N. & WAHLSTROM, K.O. 1992. Tilapia Culture by Farmers in Luapula Province, Zambia. — ALCOM Field Document, **9**.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 515 - 522 (1995)

Original : Anglais

MÉTHODES DE VULGARISATION DES SYSTÈMES PISCICOLES INTÉGRÉS

PAR

Boyd A. HAIGHT*

RÉSUMÉ. — L'accès aux services de vulgarisation est souvent cité comme l'un des facteurs-clés de l'adoption et de l'amélioration des pratiques piscicoles. La vulgarisation, c'est-à-dire le processus itératif qui consiste à transformer l'information en connaissances et à adapter ces connaissances pour les mettre en pratique, est évaluée à deux niveaux: les méthodes de transfert de l'information et les services par le biais desquels les méthodes sont mises à disposition. Les méthodes de vulgarisation suivent le modèle général de l'adoption d'innovations favorisant une compréhension durable des concepts et pratiques. Les services de vulgarisation se composent de six éléments présentant des lacunes identifiables pour la promotion de pratiques piscicoles intégrées. Ces lacunes sont considérées comme faisant obstacle au développement de l'aquaculture intégrée et devraient être palliées au moment où les chercheurs diffusent des informations plus complexes sur les aspects biologiques et socio-économiques de l'aquaculture. La présence de services de vulgarisation aquacole spécialisés ne se justifie que là où le potentiel piscicole est important et/ou la pratique de la pisciculture largement répandue. Dans les autres cas, l'information sur l'aquaculture devrait être diffusée en collaboration avec les services de vulgarisation agricole existants. L'intégration des services contribuera à promouvoir l'aquaculture en tant qu'activité exerçant l'impact le plus important lorsqu'elle est intégrée avec les pratiques agricoles. La forme du service de

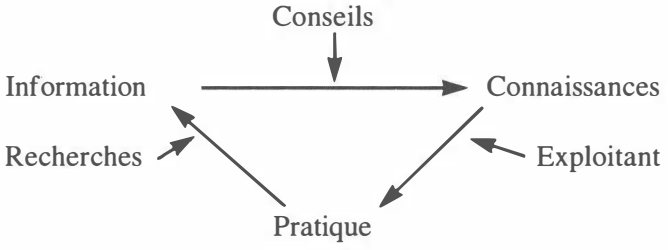
* Aquaculture for Local Community Development Programme, P.O. Box 3730, Harare (Zimbabwe).

vulgarisation dépendra des circonstances locales concernant les éléments de la vulgarisation: support institutionnel, groupe cible, intérêt pour la question, méthodes de vulgarisation appliquées, assistance matérielle, formation des vulgarisateurs et conditions de service. Pour réussir et perdurer, la vulgarisation de l'aquaculture intégrée doit être un processus continu à long terme qui développe chaque élément de la vulgarisation, et en particulier les ressources humaines.

Introduction

L'accès aux services de vulgarisation est souvent cité comme l'un des facteurs-clés de l'adoption et de l'amélioration des pratiques piscicoles. Dans leur étude de cas sur le Malawi, l'ICLARM et le GTZ (1991) font référence à ".... un service de vulgarisation aquacole bien organisé - ce lien indispensable entre le chercheur, l'administrateur et le producteur". Dans son étude sur le développement de l'aquaculture dans la province du Luapula, en Zambie, HARRISON (1993) constatait que "... l'une des principales caractéristiques distinguant les exploitants plus productifs des moins productifs est la régularité de leurs contacts avec les services de vulgarisation". Dans leur étude en Tanzanie, NILSSON & WETENGERE (1994) indiquent que le critère le plus important de l'adoption de la pisciculture semi-intensive par l'exploitant est le contact avec les services de vulgarisation. Une récente synthèse du développement et des besoins de recherche en aquaculture en Afrique sub-saharienne (COCHE *et al.* 1994) taxait les obstacles au développement aquacole liés à la vulgarisation de très importants et identifiait la réorganisation et le renforcement des services de vulgarisation comme la plus haute priorité de développement.

En termes simples, la vulgarisation est le processus itératif qui consiste à transformer l'information en connaissances et à mettre ces connaissances en pratique, comme illustré ci-dessous:



Le vulgarisateur transforme l'information en connaissance pour l'exploitant; ce dernier met ces connaissances en pratique et les

chercheurs évaluent les reéultats de la pratique pour générer de nouvelles informations.

Le processus de vulgarisation est évidemment bien plus complexe que ce simple modèle. Pour les besoins du présent exposé, la vulgarisation est considerée à deux niveaux différents: (1) les méthodes de vulgarisation qui concernent les techniques de transfert de l'information, par exemple communication individuelle, en groupe, technique participative, démonstration, etc.; (2) les services de vulgarisation qui comprennent un ensemble de méthodes et les moyens de les transmettre c'est à dire le cadre institutionnel.

Au niveau des méthodes, la plupart des techniques récemment développées (p.ex. VAN DER MHEEN 1994) de même que la diffusion d'un exploitant à l'autre, suivent le modèle général de l'adoption d'innovations (fig. 1) pour produire une assimilaton durable des connaissances et pratiques. Le modèle présenté ci-dessous peut être adapté aux derniers résultats concernant les motivations plus complexes qui incitent les exploitants à pratiquer la pisciculture.

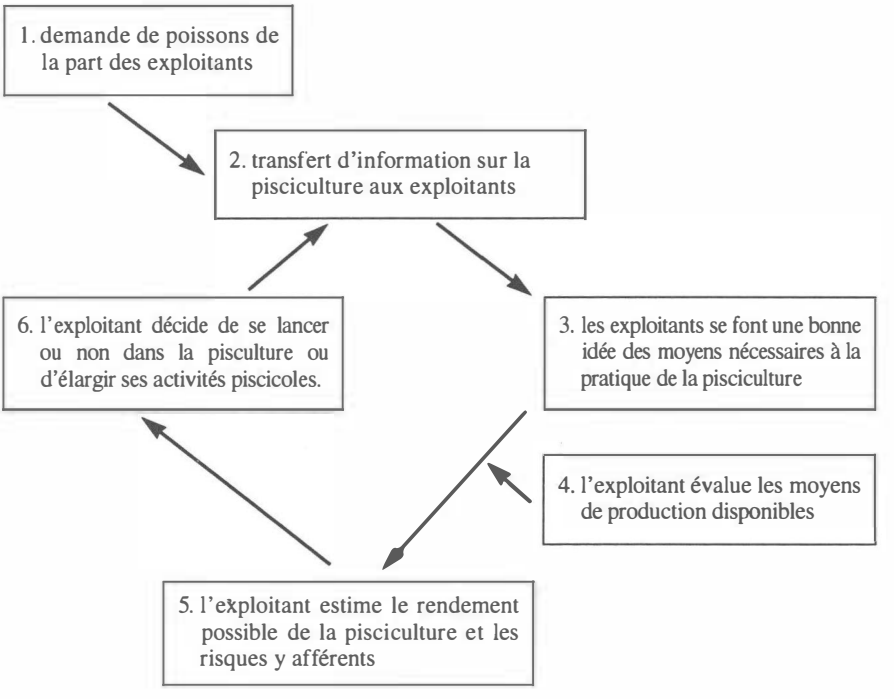


Fig. 1. — Diagramme de l'adoption du processus d'innovation (VAN DER MHEEN 1994).

Services de vulgarisation

Plus intéressants, d'un point de vue politique, les services de vulgarisation caracterisés par six éléments principaux et leurs questions liées à l'aquaculture.

Elément	Questions soulevées
Institution	L'aquaculture est-elle une priorité fondamentale, secondaire ou inférieure au sein de l'institution? Comment une institution justifie-t-elle l'utilisation de ressources de vulgarisation pour l'aquaculture?
Groupe cible	Comment le groupe cible est-il défini? Y a-t-il des sous-groupes specifiquement définis? Comment les membres sont-ils identifiés? Quel est l'emplacement spatial des membres du groupe cible?
Sujet	Large (plusieurs cultures) ou restreint (une seule culture)? À quel niveau du contenu technique des messages l'aquaculture intervient-elle ? Approche denrées de base et approche intégrée/plurisdiciplinaire; L'approche est-elle orientée vers l'adoption d'une nouvelle activité ou une production optimisée par le biais de meilleures pratiques? L'objectif global est-il l'amélioration de la sécurité alimentaire ou du revenu du ménage?
Ensemble de méthodes	Propre au contexte et à l'emplacement.
Assistance matérielle	Quel est l'impact sur la durabilité des pratiques agricoles?
Travailleur de terrain	Capacité globale d'exécuter le travail; compétence/ connaissances (sujet, vision précise du développement); motivation; mobilité.

À un moment où les chercheurs prodiguent des informations plus complexes sur les aspects biologiques et socio-économiques de l'aquaculture, les services de vulgarisation peuvent être considérés comme un obstacle important au développement de l'aquaculture. Ils devraient davantage attirer l'attention des décideurs politiques et des organismes de développement en raison de leur coût élevé et de leur haute

visibilité, parce qu'ils concernent des hommes et parce qu'ils offrent le moyen de fournir des informations sur les systèmes d'exploitation.

La situation dans les pays de la Communauté de développement d'Afrique australe (SADC, Southern African Development Community) met en exergue les lacunes existantes des services de vulgarisation aquacole:

- Dans tous les pays à l'exception de trois (Malawi, Namibie, Tanzanie), l'aquaculture releve de la compétence du ministère de l'agriculture, mais toujours d'un département spécialisé séparé de l'agriculture ou de la vulgarisation. Les organisations non gouvernementales (ONG) se chargent du développement mais quelques-unes seulement ont intégré l'aquaculture dans leur programme.
- Les petits exploitants ruraux couvrent la majeure partie de la population de la région et constituent le groupe cible des principales institutions de vulgarisation, mais il existe de nombreux sous-groupes présentant des besoins différents.
- Les institutions de vulgarisation agricole ont de larges mandats mais, eu égard aux contraintes institutionnelles, se concentrent sur les cultures de base et les principales denrées; dans de telles conditions, l'aquaculture est plutôt négligée. L'agriculture ne fait que rarement l'objet d'une approche intégrée ou pluridisciplinaire.
- Les systèmes de vulgarisation varient d'un pays à l'autre et au sein des pays; certains utilisent des méthodes adaptées à l'aquaculture.
- La fourniture d'alevins est la principale assistance matérielle fournie.
- Les travailleurs de terrain ont en général un faible niveau scolaire, une formation didactique limitée, n'ont pas de formation pluridisciplinaire, ne sont guère motivés et sont peu mobiles.

Vulgarisation au profit des systèmes aquacoles intégrés

Les pratiques aquacoles intégrées dans les activités de l'exploitation se prêtent idéalement à la promotion par les méthodes et services de vulgarisation utilisés en agriculture. La politique et les activités de développement connexes devraient chercher à combler les lacunes des six éléments de base des services de vulgarisation. Au sein même des pays, l'attention devrait se focaliser sur les emplacements géographiques limités où la pratique de l'aquaculture est possible. Les options disponibles font partie d'un processus et ne sont pas des programmes isolés.

Dans les cas où le potentiel de la pisciculture est important et/où sa pratique répandue, un service de vulgarisation aquacole spécifique peut se justifier, bien que ceci ne facilite pas l'intégration dans les activités d'exploitation. Cette situation n'est cependant pas courante en Afrique sub-saharienne et n'apparaît d'ailleurs pratiquement nulle part dans la région SADC, à quelques rares exceptions près comme le sud du Malawi ou le sud-ouest de la Tanzanie. Le potentiel est plutôt limité et se concentre dans les vastes régions rurales à densité de population relativement faible.

Dans ces circonstances, l'information sur l'aquaculture devrait être diffusée en collaboration avec les services de vulgarisation agricole existants, qu'ils soient gérés par le gouvernement ou par des ONG. L'intégration des services contribuera à promouvoir l'aquaculture en tant qu'activité exerçant l'impact le plus important lorsqu'elle est intégrée avec les pratiques agricoles.

La forme du service de vulgarisation dépendra des circonstances locales (c'est-à-dire nationales ou sous-nationales) concernant les éléments de la vulgarisation. Les questions suivantes doivent être prises en considération:

- Les services de vulgarisation agricole existants prodiguent-ils des informations axées sur les cultures de base ou sur l'ensemble du système d'exploitation? Si l'approche des services de vulgarisation est orientée vers les denrées de base, l'intégration s'opérera au niveau fonctionnel, l'aquaculture leur disputant les ressources limitées (temps, mobilité du personnel) des services de vulgarisation et n'ayant guère de chance de bénéficier d'une grande attention, en tant que culture à faible priorité. En revanche, si l'approche est axée sur l'ensemble du système d'exploitation, les chercheurs en aquaculture devraient analyser les points communs avec l'agriculture dans l'approche integrée des ressources et adapter leur informations en conséquence (plutôt que d'élaborer un système analytique totalement distinct).
- L'intégration signifie que les techniciens en aquaculture sont susceptibles de jouer un rôle d'encadrement à l'égard des vulgarisateurs agricoles à vocation plus générale (p.ex. en tant que spécialistes du système T&V). Les techniciens en aquaculture doivent donc recevoir une formation d'instructeurs, pour être capables d'initier leurs collègues des services de vulgarisation agricole à la pisciculture.
- Si l'on utilise l'approche des ressources intégrées, tant les techniciens en aquaculture que les exploitants doivent être formés aux méthodes participatives de vulgarisation. Ils doivent être capables d'utiliser ces

méthodes pour prodiguer aux exploitants les informations dont ils ont besoin pour évaluer leur utilisation des ressources disponibles dans l'exploitation pour les activités de production, y compris l'aquaculture. Avec ce type de formation, ils seront capables de travailler directement avec les exploitants ou avec des groupes de la collectivité locale entretenant des contacts directs avec les exploitants.

- Les services généraux de vulgarisation agricole desservent un public large et très diversifié, alors que l'aquaculture se concentre sur un groupe cible choisi, d'une part, en fonction des potentialités physiques pour la pisciculture et, d'autre part, en fonction des probabilités d'adoption. La recherche devrait fournir des indicateurs clairs de l'adoption, utilisables par les services de vulgarisation.
- Les sous-groupes spécifiques requièrent une attention particuliere, p.ex. les exploitants spécialisés et certains sous-groupes socio-économiques. Une capacité de vulgarisation résiduelle, en termes de techniciens formés aux méthodes de vulgarisation, est nécessaire pour prodiguer des informations de pointe en matière d'aquaculture. Quoi qu'il en soit, le ciblage de sous-groupes socio-économiques spécifiques devrait relever de la compétence du service de vulgarisation agricole.
- Les services de vulgarisation agricole recourent souvent à des méthodes considérées comme rentables pour atteindre un large groupe d'exploitants. Certaines de ces méthodes peuvent être appliquées à l'aquaculture, comme les contacts vulgarisateur - collectivité - exploitant, tandis que d'autres s'y prêtent moins bien comme les systèmes de formation et de visites.

Plusieurs aspects doivent être pris en considération concernant la durabilité des services de vulgarisation dans le domaine aquacole:

- La formation théorique et pratique du personnel est un exercice à long terme qui requiert la participation des organes de développement et la prise en considération des conditions de service (esprit de corps, promotion, rémunération, logement, mobilité) incitant les travailleurs de terrain à faire de leur mieux;
- L'assistance matérielle aux exploitants, comme la fourniture d'alevins, peut être nécessaire au départ des activités de développement de l'aquaculture mais devrait être progressivement supprimée, pour céder la place à l'approvisionnement par les exploitants; la privatisation des intrants matériels peut jeter les bases de la privatisation des intrants techniques;

- Selon le niveau technique des pratiques aquacoles, il arrivera un moment où la base de connaissances aquacoles pour la situation locale sera suffisante et où les conseils techniques seront superflus.

Le succès des services de vulgarisation (l'agriculture intégrant l'aquaculture) dépend d'une vision continue à long terme du développement de chaque élément du service de vulgarisation, y compris les ressources humaines.

RÉFÉRENCES

COCHE, A., VINCKE, M. & HAIGHT, B. 1994. Aquaculture development and research in Sub-Saharan Africa. Synthesis of national reviews and indicative action plan for research. — CIFA Technical Paper **22**, FAO, Rome, 143 pp.

HARRISON, E. 1993. "My pond has no fish": Aquaculture development in Luapula Province, Zambia. — Report of ODA Support research project R4681 (In prep.).

ICLARM & GTZ. 1991. The context of small-scale integrated agriculture-aquaculture systems in Africa : a case study of Malawi. ICLARM Stud. Rev. **18**, 302 pp.

NILSSON, H. & WETENGERE, K. 1994. Adoption and viability criteria for semi-intensive fish farming: a report on a socio-economic study in Ruvuma and Mbeya Regions, Tanzania. ALCOM Field Document, FAO, Harare. (In prep.).

VAN DER MHEEN, J. 1994. Fish farming extension experiences from Eastern Province, Zambia. Final report on field-testing of aquaculture in rural development. ALCOM Report **16**, FAO, Harare. (In prep.).

SÉANCE DU 19 MAI 1994

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 525 - 552 (1995)

Original : Anglais

MÉTHODES SEMI-INTENSIVES D'ALIMENTATION POUR LE POISSON D'EAU DOUCE: CONCEPTS ET VOIE DE RECHERCHE

PAR

Albert G.J. TACON*

RÉSUMÉ. — Parmi les différentes méthodes nutritionnelles couramment employées pour la production du poisson d'élevage, l'utilisation de méthodes d'alimentation semi-intensives est de loin la plus courante au niveau de l'exploitation, plus de 70% de la production piscicole mondiale reposant sur des systèmes d'élevage semi-intensifs en étangs. La majeure partie de cette production se base sur quelques espèces, dont les plus importantes sont des cyprinides et des tilapias d'eau douce, qui se nourrissent au bas de la chaîne alimentaire aquatique. Le présent article passe en revue les différentes méthodes d'alimentation actuellement appliquées pour la production de poisson d'eau douce dans le cadre de systèmes d'élevage semi-intensifs, dont les techniques de fertilisation des étangs (par ex. l'utilisation d'engrais chimiques, de fumier et de compost) et les stratégies d'alimentation complémentaire (c.-à-d. de l'utilisation d'aliments naturels simples à la production d'aliments composés d'origine agricole pour les poissons). L'exposé met un accent particulier sur l'utilisation de méthodes d'alimentation semi-intensives dans le cadre de systèmes de production en polyculture et le rôle important que jouent les organismes alimentaires naturels dans le budget nutritionnel global de l'élevage de poisson en étangs. Il insiste en outre sur la nécessité de réduire les coûts de production agricoles par le recours à des techniques améliorées de gestion des engrais, des aliments et de l'eau au niveau de l'exploitation, et sur la nécessité de réduire la dépendance des systèmes d'élevage et d'alimentation semi-intensifs, vis à vis des sources d'aliments riches en protéines tels que la farine de poisson. De plus, quelques recommandations générales sont formulées concernant les méthodes semi-intensives d'alimentation du poisson en Afrique.

* Inland Water Resources and Aquaculture Service, F.A.O., Via delle Terme di Caracalla, I-00100, Roma (Italia).

1. Introduction

Tout comme celles des animaux terrestres d'élevage, la croissance et la production des poissons d'élevage dépendent de l'absorption d'aliments contenant au moins 40 nutriments diététiques essentiels. Cependant, alors que tous les poissons et crevettes d'élevage ont les mêmes besoins diététiques qualitatifs de base en ce qui concerne les cinq grands groupes de nutriments (protéines, lipides, hydrates de carbone, sels minéraux et vitamines), la forme sous laquelle ces nutriments sont administrés varie en fonction du système d'exploitation appliqué. Par exemple, dans le cas des systèmes d'exploitation extensive (SEE) en étangs, ces nutriments sont administrés sous la forme d'organismes alimentaires naturels vivants produits de manière endogène au sein de l'écosystème de l'étang, tandis que dans les systèmes d'exploitation semi-intensive (SESI) en étangs, les besoins en nutriments des espèces élevées sont couverts par une combinaison d'organismes alimentaires naturels produits de manière endogène (dont la production peut être accrue par l'adjonction d'engrais/fumiers ou l'amendement du substrat) et d'intrants alimentaires supplémentaires fournis de manière exogène. À l'opposé, les poissons élevés à de fortes densités d'empoissonnement au sein de systèmes d'exploitation intensive (SEI) dépendent entièrement de l'apport exogène d'un régime alimentaire complet du point de vue nutritionnel durant l'ensemble de leur cycle de production, que ce soit sous forme d'aliments pour poissons fabriqués sur place ou achetés dans le commerce, ou bien sous forme d'aliments naturels exogènes à haute valeur nutritive tels que des poissons de médiocre valeur ou l'*Artemia,* constituant leur régime complet. Il faut dire que le coût de fourniture de ces nutriments, que ce soit indirectement par application d'engrais ou directement sous forme d'aliments supplémentaires ou complets, représente généralement le plus gros poste parmi les coûts de la plupart des élevages semi-intensifs et intensifs; les aliments et le nourrissage représentent généralement 30 à 60% des coûts de production totaux de l'élevage, voire davantage.

Le présent rapport vise à passer brièvement en revue les différentes méthodes d'alimentation disponibles actuellement pour la production de poissons d'eau douce dans le cadre de systèmes d'exploitation semi-intensive (SESI) et à mettre en lumière les méthodes de nourrissage et les domaines de recherche qui conviendraient le mieux dans le cadre des SESI en Afrique. Avant de passer à la description des différentes

méthodes ou options d'alimentation existantes, il est peut-être utile de commencer par un bref inventaire du secteur aquacole africain. Selon les statistiques les plus récentes relatives à la production aquacole en Afrique (FAO, 1993, 1994), la production aquacole totale de poissons n'était que de 64 132 tonnes en 1992 soit 0,7% de la production aquacole totale mondiale de poissons (figure 1, tableau 1). Les poissons d'eau douce constituent la plus grosse part de cette production (50 648 t ou 79,0 % de l'ensemble des poissons d'élevage), les principaux groupes d'élevage étant 1) les tilapias et autres cichlidés (33 150 t); 2) les carpes, barbeaux et autres cyprinidés (9444 t); et 3) divers poissons d'eau douce tels que les poissons-chats (8054 t) (figure 2). Il est important de noter que 60,6 % de la production piscicole africaine ont été produits en Égypte en 1992 (38 895 t, dont 21 505 t d'*Oreochromis niloticus*, soit 64,9 % des tilapias d'élevage, 7300 t de *Cyprinus carpio*, soit 77,3 % des cyprinidés d'élevage, et 8260 t de *Mugil cephalus*). Le Nigéria assure 26,4 % de cette production (15 782 t, dont 7525 t de tilapia, soit 22,7 % des tilapias d'élevage, 4940 t de poissons-chats d'eau douce. Les 38 autres pays africains se partagent les 14,7 % restants (9455 t) (figure 3).

2. Systèmes d'exploitation semi-intensive et stratégies d'alimentation

Parmi les différentes orientations nutritionnelles suivies actuellement en matière de production de poissons à nageoires d'élevage, la plus répandue (et de loin!) au niveau des exploitations consiste en méthodes d'alimentation semi-intensive appliquant une stratégie combinée de fertilisation/alimentation à base de supplément alimentaire dans des systèmes d'exploitation semi-intensive (SESI) en étang fermé (c.-à-d. en eau dormante). Ce n'est peut-être pas surprenant puisque plus de 70% de la production mondiale de poissons (dont la production de poissons à nageoires africains) s'effectuent actuellement dans des SESI. Bien plus, en Asie, ces systèmes d'exploitation semi-intensive se basent habituellement sur la polyculture d'espèces de poissons omnivores/ herbivores d'eau chaude qui se nourrissent au bas de la chaîne alimentaire aquatique (c.-à-d. les systèmes de polyculture de carpe chinoise et de grande carpe indienne). Les cyprinidés d'eau douce constituent 70,1% de la production piscicole totale et occupent les quatre premières positions dans le tableau de production de la catégorie aquaculture des poissons et des crustacés en 1991 (figures 4 et 5).

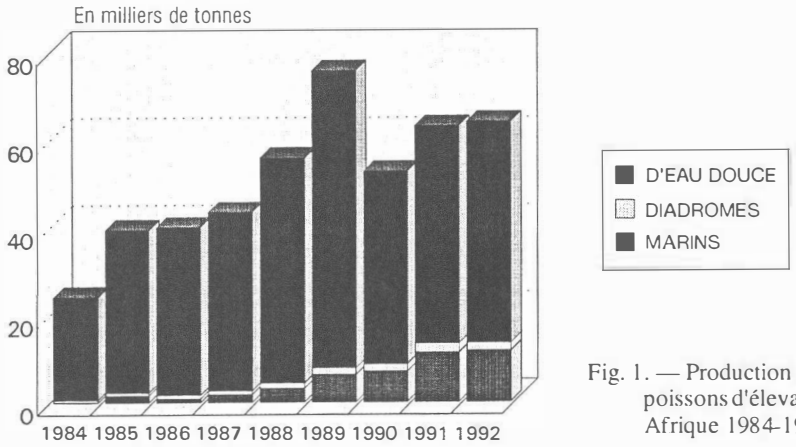


Fig. 1. — Production de poissons d'élevage en Afrique 1984-1992

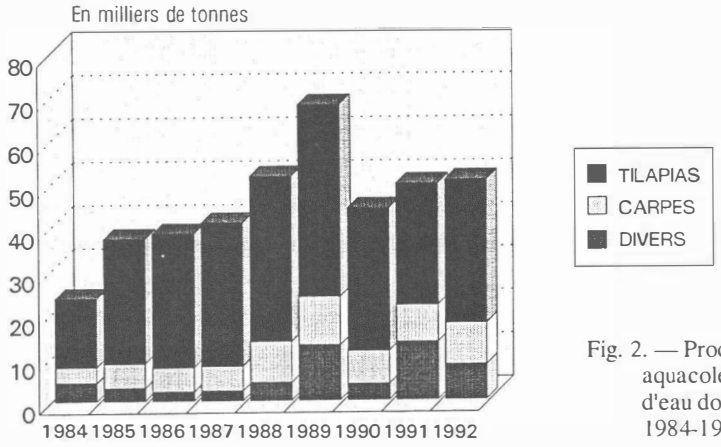


Fig. 2. — Production aquacole de poissons d'eau douce en Afrique 1984-1992

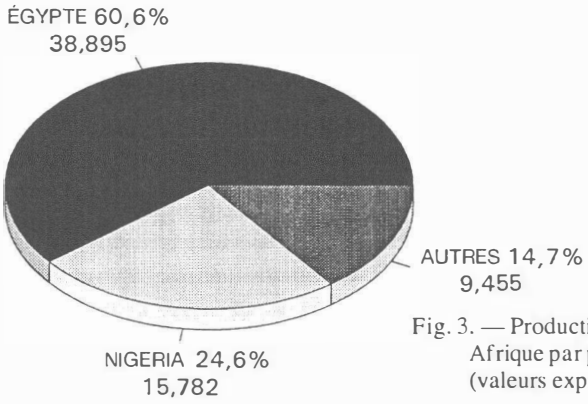


Fig. 3. — Production aquacole de poissons en Afrique par pays en 1992
(valeurs exprimées en tonnes métriques)

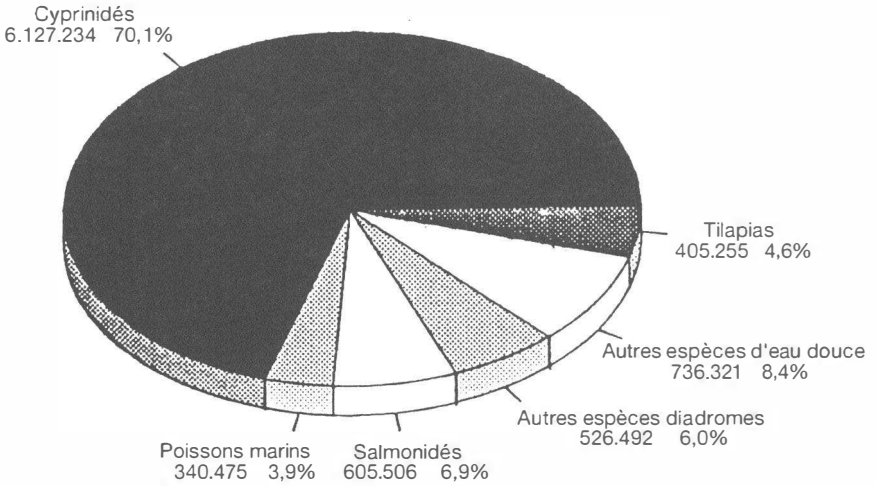


Fig. 4. — Production aquacole mondiale de poissons en 1991 (valeurs exprimées en tonnes et en % du total).

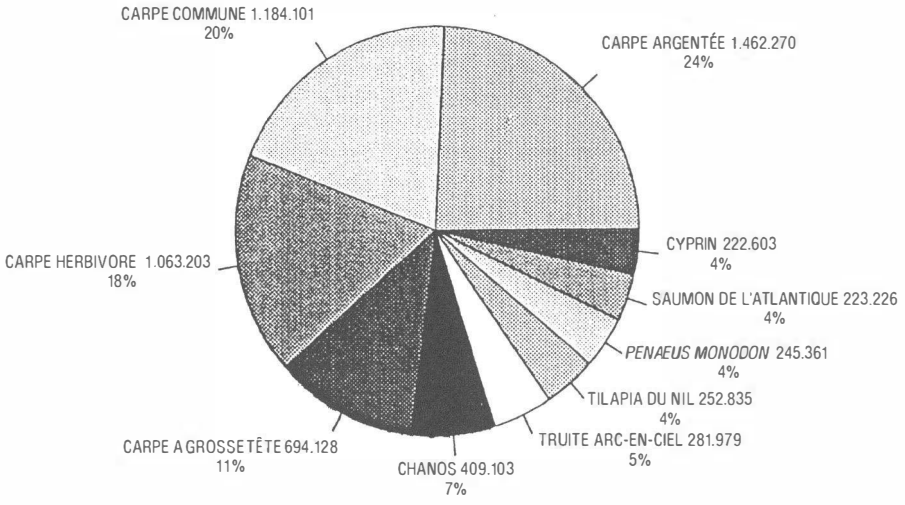


Fig. 5. — Dix premières espèces de poissons et de crevettes d'élevage en 1991 (valeurs exprimées en tonnes et en % du total).

Tableau 1.
Production africaine de l'aquaculture de 1992 par groupes d'espèces

Groupe d'espèces d'aquaculture	Production (tonnes)
POISSONS D'EAU DOUCE	**50 648**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	+ 0,70%
Carpes, barbeaux et autres cyprinidés	
Carpe commune (*Cyprinus carpio*)	9 308
Cyprinidés (espèces non spécifiées)	103
Carassin doré (*Carassius auratus*)	32
Carassin (*Carassius carassius*)	1
Total du groupe	9 444
Évolution du groupe depuis 1991 (%)	+15,4%
Tilapia et autres cichlidés	
Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*)	23 556
Tilapia spp. (espèces non spécifiées)	8 554
Tilapia à trois taches (*O. andersonii*)	1 000
Tilapia bleu (*Oreochromis aureus*)	24
Tilapia du Mozambique (*Oreochromis mossambicus*)	13
Tilapia (*Tilapia rendalli*)	3
Total du groupe	33 150
Évolution du groupe depuis 1991 (%)	+18,4%
Poissons d'eau douce divers	
Poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*)	4 038
Silures (*Clarias* spp.)	1 481
Têtes-de-serpent (*Channa* spp.)	800
Ostéichthyens (espèces non spécifiées)	587
Poisson-chat (*Clarias anguilaris*)	393
Hétérotis (*Heterotis* spp.)	303
Poisson-chat (*Chrysichthys nigrodigitatus*)	252
Poissons-chats noirs (*Chrysichthys* spp)	120
Poissons-chats renversés (*Synodontis* spp)	80
Total du groupe	8 054
Évolution du groupe depuis 1991 (%)	-43,0%
POISSONS DIADROMES	**1 755**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	-7,7%
Truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)	1 332
Truite de mer (*Salmo trutta*)	243
Anguille (*Anguilla anguilla*)	180
POISSONS DE MER	**11 729**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	+5,0%
Mulet (*Mugil cephalus*)	8 260
Dorade royale (*Sparus auratus*)	1 106
Bar (*Dicentrarchus labrax*)	1 006
Vivaneaux (*Lutanidae* spp.)	767
Muges (Mugilidae; espèces non spécifiées)	422
Sargue (*Diplodus* spp.)	136
Tassergal (*Pomatomus saltatrix*)	29
Mérous (*Epinephelus* spp.)	2
Sole commune (*Solea vulgaris*)	1
TOTAL DES POISSONS	**64 132**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	+1,2%

CRUSTACÉS	**335**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	- 4,6%
Crevettes pénéides (*Penaeus* spp, espèces non specifiées)	169
Penaeus monodon	84
Macrobrachium rosenbergii	71
Crustacés (espèces non spécifiées)	6
Crabe (*Scylla serrata*)	3
Décapodes marcheurs (*Natantia*)	2
MOLLUSQUES	**1 833**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	- 33,1%
Moule (*Mytilus galloprovincialis*)	1 153
Huître (*Crassostrea gigas*)	626
Huître (*Crassostrea* spp.)	25
Huître (*Crassostrea cucullata*)	10
Clovisse (*Tapes* spp.)	10
Mactra glabrata	5
Flie (*Ruditapes decussatus*)	3
Huître (*Ostrea edulis*)	1
ANIMAUX AQUATIQUES DIVERS	**100**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	-13,0%
Crocodiles (*Crocodylidae*)	50
Amphibiens (*Pyura stolonifera*)	30
Tortues (*Chelonia mydas*)	20
PLANTES AQUATIQUES	**6 334**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	+24,6%
Algues (espèces non spécifiées)	5 000
Algues vertes (*Eucheuma* spp.)	1 334
PRODUCTION AQUACOLE TOTALE	**72 734**
Évolution de la production depuis 1991 (%)	+1,5%

Source: FAO (1994; en préparation). Les principaux pays producteurs en aquaculture en 1992 étaient: 1) l'Égypte (38 895 t de poissons); 2) le Nigeria (15 782 t de poissons); 3) l'Afrique du Sud (1601 t de poissons, 1593 t de mollusques, 309 t de plantes aquatiques, 80 t d'animaux aquatiques divers, 30 t de crustacés); 4) la Zambie (1120 t de poissons); 5) le Kenya (1017 t de poissons, 119 t de crustacés); 6) la Tunisie (779 t de poissons, 65 t de mollusques); 7) le Zaïre (730 t de poissons); 8) Madagascar (622 t de poissons, 30 t de crustacés, 1025 t de plantes aquatiques); 9) le Maroc (595 t de poissons, 120 t de mollusques); et 10) le Ghana (440 t de poissons).

Comme la majorité des SESI se limitent habituellement à la culture d'espèces de poissons de faible valeur et donc relativement peu coûteuses (du point de vue du commerce international) destinées à la consommation humaine locale, les stratégies alimentaires mises en oeuvre par les exploitants sont généralement peu coûteuses et reposent sur une technologie traditionnelle locale et les déchets/sous-produits de l'agriculture. L'activité piscicole est généralement de petite échelle par nature et "intégrée" avec la production de récoltes et/ou de bétail à titre d'activité secondaire dans le cadre d'un "système intégré d'exploitation agro-piscicole" (EDWARDS 1993, TACON & DE SILVA 1993). Une des

caractéristiques marquantes du SESI est qu'en fait, la croissance des poissons ne dépend pas d'une source unique d'alimentation (comme dans le cas des SEI) mais plutôt d'une combinaison de différents types d'aliments (c'est-à-dire les organismes vivants naturels de l'étang, produits de manière endogène, et les aliments supplémentaires, administrés de manière exogène). En fait, cette flexibilité est essentielle aux SESI car les apports d'engrais, d'aliments et de main-d'oeuvre peuvent varier au cours du cycle piscicole en fonction de la disponibilité d'intrants agricoles et des ressources financières de l'exploitant. En outre, les systèmes de production basés sur la polyculture dans lesquels des populations soigneusement mélangées de différentes espèces de poissons et de crustacés ayant des habitudes alimentaires complémentaires (c'est-à-dire non concurrentes) sont élevées ensemble, optimisent au maximum l'utilisation des ressources alimentaires naturelles (le phytoplancton, le zooplancton, les détritus chargés de bactéries, les macrophytes, les algues benthiques et les animaux) et des ressources aquatiques (superficielles, pélagiques et benthiques) dans un écosystème d'étang, faisant ainsi augmenter la productivité de l'étang et le rendement piscicole par unité de surface. Par exemple, la figure 6 présente les dernières statistiques relatives aux quatre espèces de poissons les plus exploitées en Chine (et dans le monde), lesquelles sont généralement cultivées ensemble en polyculture dans le cadre des SESI. Ces quatre espèces sont: la carpe

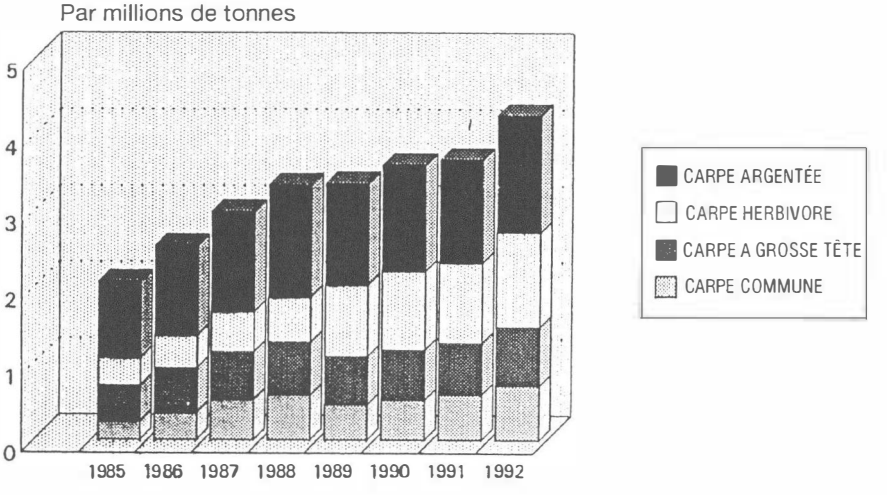


Fig. 6. — Production aquacole de carpes chinoises en Chine.

argentée *Hypophtalmichthys molitrix* (un consommateur filtrant le phytoplancton); la carpe à grosse tête *Aristichthys nobilis* (un consommateur filtrant le zooplancton), la carpe herbivore *Ctenopharyngodon idella* (un consommateur de macrophytes) et la carpe commune *Cyprinus carpio* (un poisson omnivore/mangeur de détritus, se nourrissant sur le fond).

2.1. Stratégies alimentaires basées sur la fertilisation

Les stratégies alimentaires basées sur la fertilisation ont recours aux engrais chimiques et aux fumiers organiques en tant que sources exogènes de nutriments afin d'augmenter la production d'organismes alimentaires vivants naturellement dans le milieu aquatique où le poisson est élevé. Les engrais agissent directement sur la chaîne alimentaire autotrophe et/ou hétérotrophe, augmentant de la sorte la productivité naturelle de l'écosystème de l'étang et donc la disponibilité d'organismes alimentaires vivants pour le poisson élevé. La figure 7 représente les principaux types d'engrais utilisés dans les SESI. Même si on peut théoriquement considérer toutes les substances organiques comme des engrais en puissance, les engrais les plus communément utilisés dans les SESI sont les fumiers organiques (appliqués à la main ou par

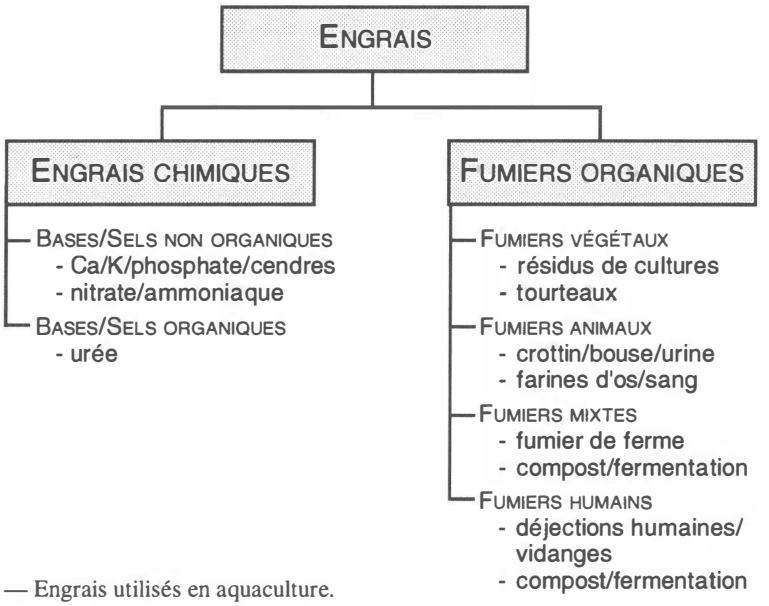


Fig. 7. — Engrais utilisés en aquaculture.

l'intégration avec le bétail), l'engrais vert (végétaux frais fauchés) et les sous-produits agricoles frais ou compostés. Les figures 8 et 9 représentent différentes méthodes d'application des engrais utilisées dans les SESI.

A l'opposé des engrais chimiques qui agissent surtout sur la chaîne alimentaire autotrophe et herbagère en stimulant directement la production de phytoplancton dans l'étang (c'est à dire en augmentant la productivité primaire), les engrais organiques agissent principalement sur la chaîne alimentaire hétérotrophe en apportant des matières organiques et des détritus qui constitueront un substrat nutritif à l'écosystème de l'étang, permettant la croissance de bactéries et de protozoaires, qui serviront à leur tour de source alimentaire aux autres animaux de l'étang, y compris les espèces de poissons élevées. Les engrais servent donc à une "eutrophisation contrôlée" de l'écosystème de l'étang; maximisant la production et la disponibilité d'organismes alimentaires naturels pour les espèces élevées. Il est intéressant de remarquer que, d'après les observations, l'efficacité de la conversion nutritionnelle au sein des SESI (où l'azote et le phosphore sont fournis sous forme de fumier de bétail avec ou sans supplément d'engrais commercial) n'est que légèrement inférieure à celle des SEI (où l'azote et le phosphore sont administrés sous forme de granulés alimentaires complets du point de vue nutritionnel). L'efficacité de la conversion de l'azote (N) et du phosphore (P) dans les SEI et les SESI est respectivement de 21-53% et 5-25% (pour l'azote) et de 11-28% et 5-11% (pour le phosphore) (EDWARDS 1993). Les différents régimes alimentaires basés sur la fertilisation utilisés dans les SESI sont exposés dans COLMAN & EDWARDS (1987), EDWARDS (1993), ISTA III (1991), TACON (1988, 1992) et VINCKE (1988).

2.2. STRATÉGIES ALIMENTAIRES BASÉES SUR LES SUPPLÉMENTS ALIMENTAIRES

Les stratégies basées sur les suppléments alimentaires reposent sur l'utilisation d'aliments exogènes vivants et/ou traités comme sources supplémentaires de nutriments diététiques à consommer directement par le poisson d'élevage, les besoins nutritionnels diététiques du poisson d'élevage sont satisfaits par une combinaison d'organismes alimentaires vivants de production endogène et de suppléments alimentaires administrés de manière exogène. La figure 10 présente les principaux types de suppléments alimentaires utilisés dans les SESI. Ce peuvent être tous les aliments consommables directement par les poissons d'élevage,

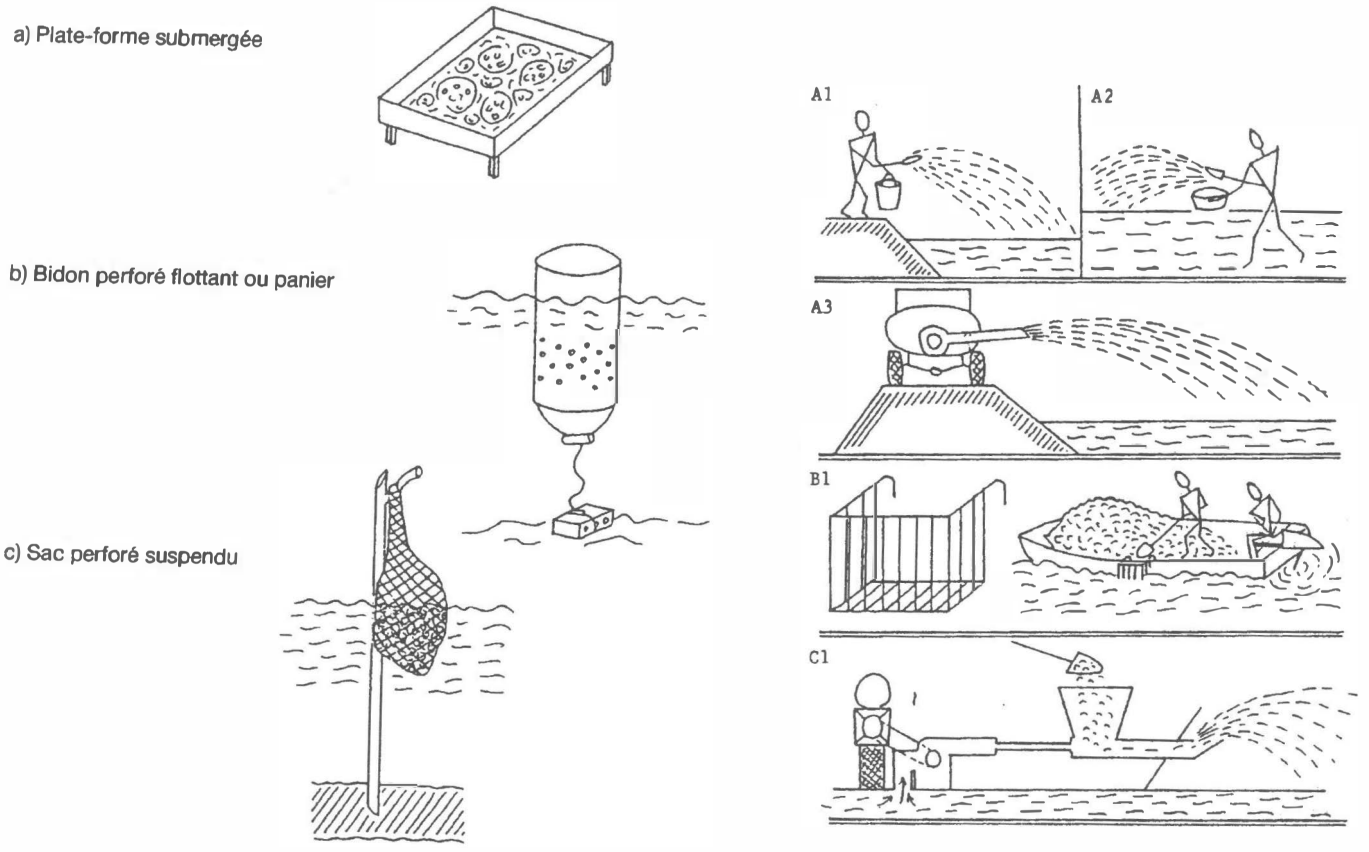


Fig. 8. — Méthodes d'application des engrais chimiques et des fumiers organiques (TACON 1988).

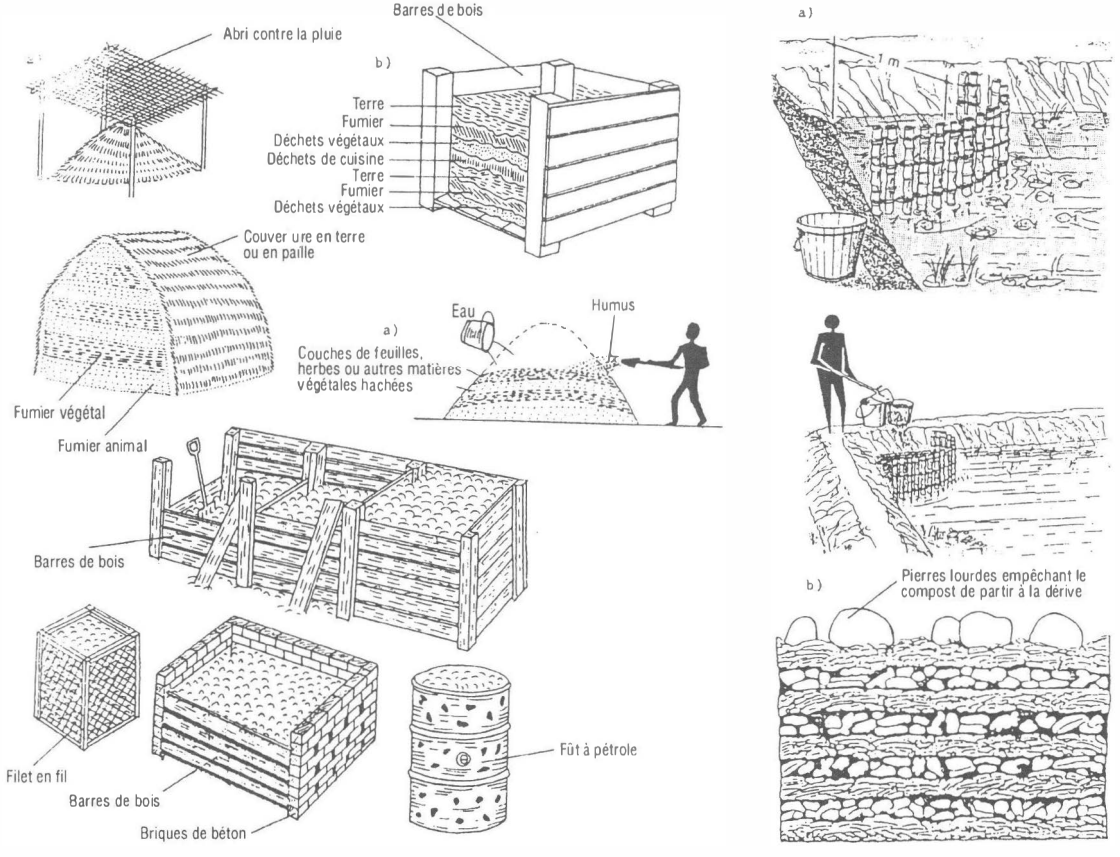


Fig. 9. — Techniques de compostage aérobies et anaérobies utilisées pour la fertilisation des étangs de pisciculture (TACON 1988).

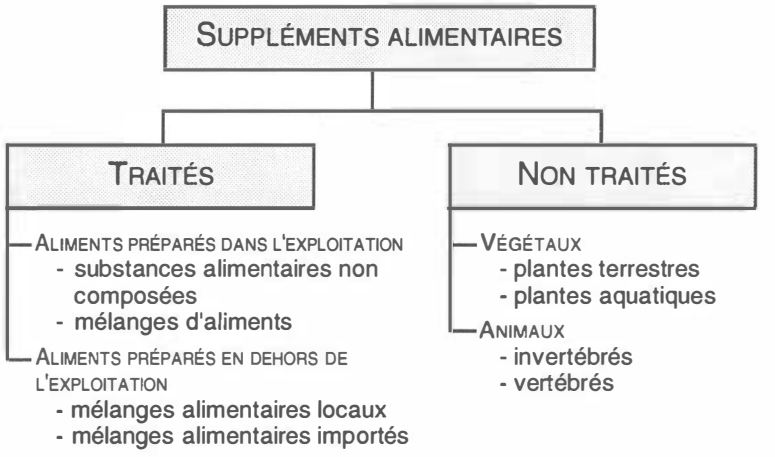


Fig. 10. — Suppléments alimentaires utilisés en aquaculture.

les substances alimentaires naturelles vivantes ou fraîches (macro-invertébrés: insectes, annélides, crustacés, mollusques; macrophytes terrestres et aquatiques, feuilles; déchets d'abattoir), les déchets de cuisine, les aliments traités non composés (rebuts de minoterie, son de riz, céréales et aliments dérivés, tourteaux, etc.), les mélanges alimentaires produits dans l'exploitation (composés de plusieurs aliments traités sous forme de pâtée, boulettes ou granulés) jusqu'aux aliments composés pour poissons en granulés fabriqués en usine. Les ingrédients alimentaires transformés sont définis ici comme étant toutes les substances alimentaires ainsi que les déchets végétaux et animaux physiquement traités avant administration par séchage, fermentation, broyage, granulation ou par mélange à d'autres substances nutritives dans un régime composé.

Au contraire des SEI, la majorité des petits exploitants de SESI préparent leurs propres mélanges de suppléments alimentaires dans leur exploitation; ils utilisent à cet effet la technologie et les sources d'ingrédients alimentaires disponibles localement, que ce soient la production de pâtées non composées, de boulettes ou d'aliments piscicoles secs en granulés (NEW *et al.* 1993). De plus, la sélection des ingrédients alimentaires par les paysans est généralement dictée par leur disponibilité et leur coût plutôt que par leur qualité ou leur valeur nutritive (JANTRAROTAI & JANTRAROTAI 1993, NUOV & NANDEESHA 1993). Dans l'optique de cette méthode de sélection, il n'est peut-être pas surprenant que les ingrédients alimentaires utilisés par les exploitants de

SESI soient des plus variés, y compris dans une même région, cette diversité étant encore accrue si l'on tient compte du nombre de combinaisons possibles d'ingrédients (NANDEESHA, 1993; Tacon & De Silva 1993). Les différents régimes alimentaires à base de suppléments alimentaires utilisés dans les SESI sont étudiés par DE SILVA (1993), De SILVA & DAVY (1992), EDWARDS (1993), ISTA III (1993), NEW *et al.* (1993), TACON (1988, 1992), VINCKE (1988) et YAKUPITIYAGE (1993). Les figures 11 et 12 présentent des exemples de différentes méthodes de nourrissage utilisées pour l'administration de suppléments alimentaires dans les SESI.

Contrairement aux SEI, l'efficacité apparente de l'utilisation d'un supplément alimentaire dans le cadre d'un SESI est influencée par la disponibilité et l'offre d'organismes alimentaires naturels dans l'écosystème de l'étang (TACON 1993). Alors que l'importance nutritionnelle et économique des organismes alimentaires naturels dans l'ensemble de l'économie nutritionnelle des poissons élevés en étang dans un SESI a été bien documentée par des chercheurs israéliens (HEPHER 1988, 1989, SCHROEDER 1991, VIOLA 1989), une part infime de ces informations a filtré en direction des chercheurs, des fabricants d'aliments composés et des exploitants agricoles d'autres pays. Par exemple, malgré l'importance capitale des vitamines dans le régime alimentaire des tilapias dans des conditions de laboratoire, les études sur le terrain en Israël n'ont démontré aucun effet bénéfique des apports vitaminiques dans le régime des tilapias élevés en étangs, cage ou cuves en béton à des densités de 100 poissons/m^2 avec des rendements pouvant atteindre 20 tonnes par hectare (VIOLA 1989). Le caractère apparemment non essentiel des suppléments vitaminiques alimentaires pour les tilapias (même dans des systèmes d'exploitation intensive tels que les cuves en ciment ou les cages flottantes en filet) a également été observé par de nombreux autres travailleurs dans des conditions pratiques d'exploitation (v. la synthèse de TACON 1991). D'un point de vue nutritionnel, il est important de rappeler que de nombreuses espèces de poissons d'élevage sont des poissons filtrants et sont donc aptes à filtrer des particules fines (détritus chargés de bactéries, phytoplancton, zooplancton, etc.) directement depuis la colonne d'eau, que ce soient la carpe argentée *H. molitrix*, la carpe à grosse tête *H. nobilis,* des tilapias, le catla *Catla catla,* le rohu *Labeo rohita*, le mrigal *Currhinus mrigala*, le gourami lippu *Helostoma temmincki*, la carpe commune *Cyprinus carpio*, la barbeau argenté de Thaïlande *Puntius gonionotus*, le "milkfish" *Chanos chanos*

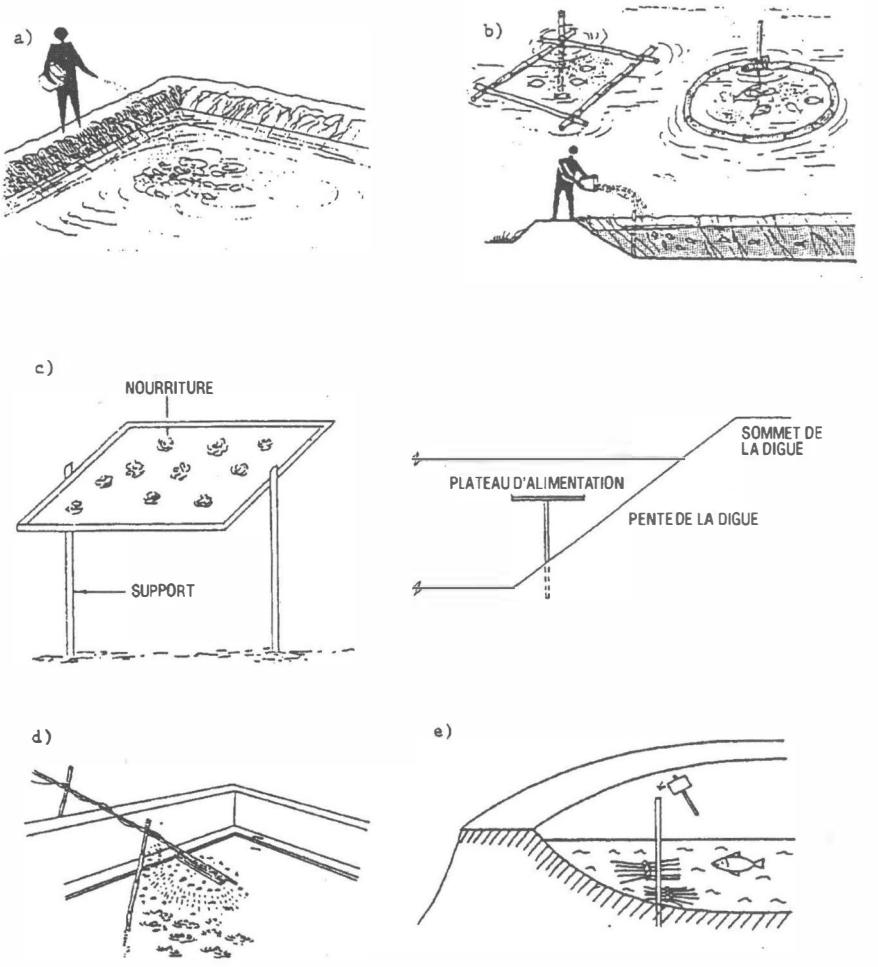


Fig. 11 — Exemples de techniques d'alimentation par suppléments diététiques

a) Alimentation manuelle par dispersion à la surface de l'eau
b) Alimentation manuelle par mise en place de substances alimentaires flottantes (c.-à-d. herbes, plantes fourragères vertes, macrophytes aquatiques hachés, poudres sèches, son de riz, granulés flottants) dans un cadre de bambou flottant ou fixe
c) Alimentation manuelle par mise en place de substances alimentaires à immerger sur un plateau d'alimentation submersible
d) Utilisation d'ampoules électriques au-dessus de la surface de l'étang pour attirer les insectes nocturnes volants
e) Gerbes de tiges/feuilles de végétaux/récoltes fixées au fond de l'étang afin d'encourager la croissance de la microflore et de la faune associées.

(Extrait de TACON 1988).

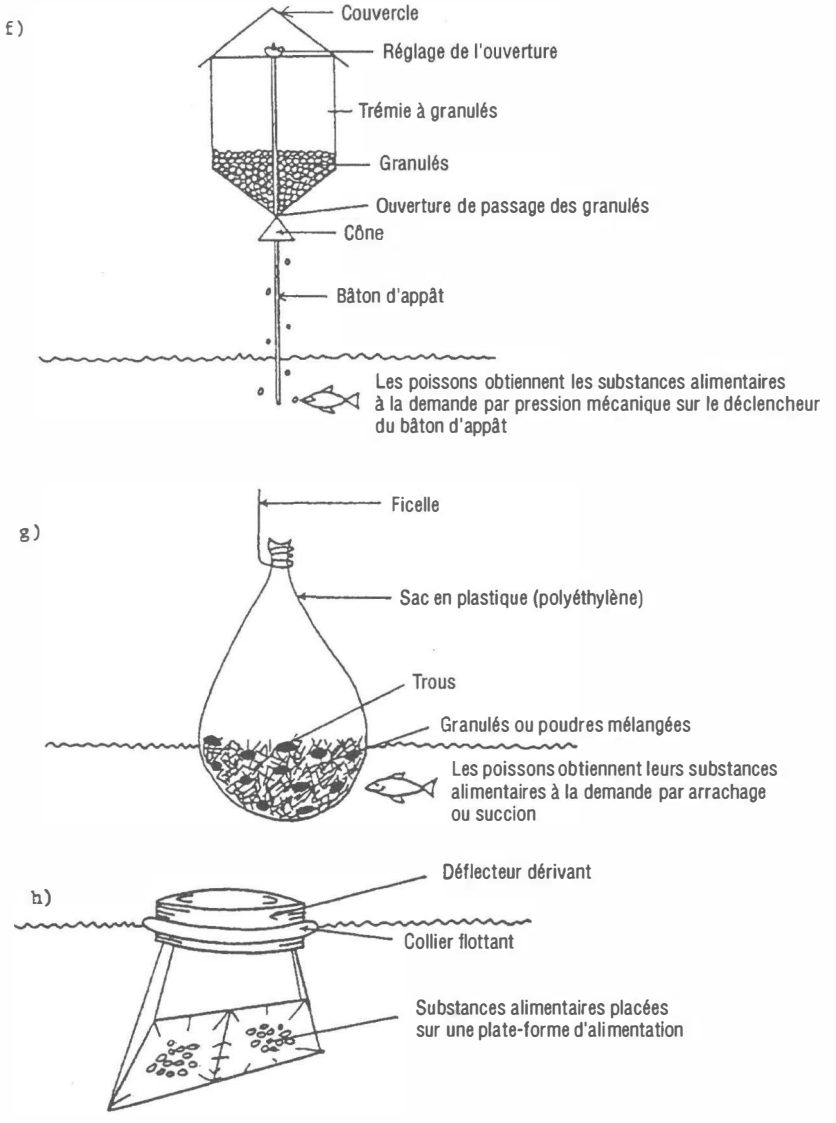


Fig. 12 — Exemples de techniques d'alimentation par suppléments diététiques (suite)
f) Dispositif d'alimentation à la demande - alimentation par bâton d'appât
g) Dispositif d'alimentation à la demande - alimentation par sac en plastique/à engrais
h) Dispositif d'alimentation "Farm Pond Harvest" avec déflecteur dérivant
(Extrait de Tacon 1988).

ou la carpe nilen *Osteochilus hasseltii* (COLMAN & EDWARDS 1987, PERSCHBACHER & LORIO 1993).

En général, la contribution relative des organismes alimentaires naturels à l'économie nutritionnelle globale des poissons élevés en étang dépendra:

1) des habitudes alimentaires naturelles des espèces en question (herbivores, omnivores ou carnivores; filtrants, etc.);
2) de la densité de peuplement en poissons et du total de la biomasse piscicole présente;
3) de la fertilisation de l'étang et des intrants nutritifs (engrais/aliments introduits, quantité et méthode d'administration);
4) de la qualité de l'eau et de la gestion de l'eau (effet du climat, taux de renouvellement de l'eau, schéma de circulation de l'eau, aération);
5) des caractéristiques de l'étang (dimensions, profondeur, sol, superficie, historique de l'étang); et
6) de la productivité naturelle et donc de la disponibilité d'organismes alimentaires naturels dans le milieu aquatique.

D'un point de vue général, la contribution des organismes naturels de l'étang à l'ensemble de l'économie nutritionnelle des poissons élevés en étangs sera la plus élevée aux faibles densités de peuplement ainsi qu'au début du cycle de production de l'étang, lorsque la biomasse totale des poissons est au plus bas, la disponibilité ultérieure et la contribution relative des organismes naturels de l'étang diminuent par la suite au cours du cycle de production, avec la croissance des poissons et de la récolte sur pied (voir DE SILVA 1993, HEPHER 1989, LUQUET 1989, MOORE 1986, MORIARTY & PULLIN 1987, PIEDRAHITA & GIOVANNINI 1991, SCHROEDER *et al.* 1991, STEFFENS 1990, TACON 1988, YAKUPITIYAGE 1993).

3. Recommandations et conclusions

Sur base des discussions ci-dessus et du niveau actuel du développement de l'aquaculture en Afrique, il est possible d'émettre certaines recommandations générales concernant l'évolution ultérieure des méthodes de nourrissage semi-intensives appliquées au poisson en Afrique.

3.1. Comme tous les systèmes d'exploitation, y compris les SESI, dépendent de l'apport d'intrants nutritifs (que ce soit sous forme d'engrais/fumiers ou d'aliments supplémentaires/complets), il est essentiel de mener des études nationales sur le nourrissage agricole (ENNA), afin d'établir la situation géographique des ressources agricoles, la quantité disponible et le moment où elle est disponible, l'utilisateur actuel des ressources et la méthode utilisée, la composition et le coût des ressources à leur source et après transport, ainsi que l'inventaire des fabriques d'aliments pour animaux existantes et les réglementations dans ce domaine. Une telle approche est essentielle si les États membres veulent maximiser l'utilisation des ressources agricoles locales et réduire leur dépendance à l'égard des sources et d'ingrédients nutritifs importés et des circuits d'approvisionnement. Des directives relatives à l'organisation d'ENNA sont fournies dans TACON (1993).

3.2. Dans l'optique de la pénurie de sources conventionnelles d'ingrédients nutritifs destinés à l'alimentation humaine et/ou animale dans les communautés rurales de la plupart des pays africains et du niveau très bas des revenus financiers et du pouvoir d'achat de la plupart des petits exploitants agricoles, la sélection des engrais et des aliments pour poissons devrait se baser sur les critères suivants (cités par ordre d'importance):

1) coût (la matière devrait être accessible à bas prix ou gratuitement);
2) disponibilité locale;
3) nécessité de manutention et de traitement (la nécessité de manutention et de traitement avant nourrissage, en ce compris le transport, devrait être minime ou négligeable); et
4) valeur nutritive.

En outre, du fait qu'elle valorise des produits agricoles de qualité et de valeur réduites et, en particulier, les sous-produits agricoles et industriels qui ne sont habituellement pas utilisés pour l'alimentation de l'homme ou du bétail, l'aquaculture pourrait être considérée comme un atout pour la communauté rurale, puisqu'elle augmente la productivité du sol, et non comme concurrente des activités traditionnelles d'agriculture et d'élevage (TACON 1988a).

3.3. Actuellement, pratiquement toutes les informations disponibles concernant les besoins alimentaires des poissons d'élevage (y compris les tilapias et les poissons-chats) proviennent d'expériences de nourris-

sage en laboratoire, où les poissons sont généralement maintenus dans des conditions d'environnement contrôlées et n'ont pas accès à des organismes alimentaires naturels. Même si ces informations sont essentielles pour la formulation de régimes complets à consommer dans les SEI, elles ne peuvent pas être directement appliquées à la formulation de régimes supplémentaires à consommer dans les SESI. Malheureusement, l'un des principaux obstacles au développement de l'aquaculture en Afrique est constitué par le transfert et l'application directs de stratégies d'alimentation intensive complète (et d'exigences en nutriments fournis par le régime) aux systèmes d'exploitation semi-intensive en étangs. Par exemple, pratiquement tous les aliments commerciaux produits pour les systèmes d'exploitation semi-intensive en étangs sont surformulés, car ce sont des régimes complets d'un point de vue nutritionnel qui ne tiennent pas compte de la densité de peuplement envisagée et de la présence de nourriture naturelle. Il va sans dire qu'il faut remédier à cette situation si l'on veut que les exploitants réduisent leurs frais de production et maximisent le profit économique de leurs systèmes d'exploitation semi-intensive en étangs (TACON 1993a).

Il s'ensuit que les études sur les besoins en nutriments et les expériences de nourrissage réalisées en vue de développer des aliments aquacoles à consommer dans les SESI doivent être menées dans des conditions reproduisant autant que possible celles de l'unité de production visée et son environnement (c'est-à-dire les conditions de l'exploitation agricole), y compris l'installation piscicole expérimentale, la technique de préparation des aliments, la méthode de nourrissage, la qualité de l'eau et la densité du peuplement (TACON 1993b). En outre, il est également recommandé d'entreprendre une combinaison d'études aux traceurs isotopiques sur le réseau alimentaire (pour la méthodologie, voir PARKER *et al.* 1991, SCHROEDER 1993, WADA *et al.* 1991) et des études de modélisation mathématique (CUENCO 1989, VAN DAM 1990, DELINCE 1992, MORIARTY & PULLIN 1987, PIEDRAHITA 1988, ZWEIG 1991), afin de comprendre la dynamique nutritionnelle des étangs et d'étudier la contribution nutritive des organismes naturels de l'étang à l'ensemble de l'économie nutritionnelle des poissons élevés en étangs. A cet égard, il est également nécessaire de réduire les coûts de production des exploitations en maximisant le rôle joué par les organismes alimentaires naturels dans l'économie nutritionnelle globale des poissons élevés en étangs. L'amélioration des techniques de fertilisation des étangs (y compris l'intégration avec le bétail) ainsi que des techniques de gestion des sédiments et de l'eau des étangs s'avérera utile à cet égard.

3.4. Étant donné que la nourriture et l'alimentation (en ce compris la fertilisation) représentent généralement le plus gros poste de coût d'exploitation, une attention toute particulière sera accordée au développement de stratégies heuristiques visant à réduire les coûts de fertilisation et de nourrissage, et à améliorer les techniques de gestion de l'engrais/nourrissage dans l'exploitation. Dans cette perspective, on procédera à une évaluation détaillée des stratégies de fertilisation et de nourrissage utilisées actuellement par la communauté des exploitants piscicoles du pays, à l'aide de questionnaires sur l'exploitation et de visites sur le terrain. On publiera ensuite ces informations sous forme de profils nationaux du nourrissage aquacole qui seront distribués dans le secteur public et le secteur privé. On trouvera des directives relatives à la structuration d'un questionnaire relatif aux exploitations dans TACON (1991a). Seule une telle étude permettra d'identifier les carences et les contraintes en matière d'engrais et nourrissage, celles-ci faisant à leur tour l'objet de futures investigations sur le terrain.

En outre, pour garantir l'applicabilité et le transfert rapide des résultats de la recherche aux exploitants, il est recommandé d'effectuer des expériences heuristiques de fertilisation et de nourrissage/nutrition *in situ* dans des exploitations piscicoles représentatives et d'évaluer les données générées par ces études heuristiques dans l'exploitation du point de vue de leur impact économique, socio-économique et environnemental. Par exemple, les résultats des études effectuées sur le terrain sur les cyprinidés par NANDEESHA *et al.* (1993) ont signalé la possibilité d'appliquer le concept de programmes d'alimentation mixte (DE SILVA 1985) dans les SESI. Les programmes d'alimentation mixte ont des rendements similaires à ceux des régimes nutritionnels complets mais génèrent des économies de nourriture pouvant atteindre 30% (voir également DE SILVA *et al.* 1993).

Il convient d'insister auprès des fonctionnaires gouvernementaux/publics afin que l'on recherche des solutions et améliorations locales aux problèmes courants du secteur aquacole en soutenant la recherche à l'exploitation même (approche systémique) plutôt qu'en se cantonnant dans la recherche pure ou fondamentale. Cependant, la clé du succès de la recherche en exploitation réside dans la participation des exploitants eux-mêmes, non seulement à l'identification des besoins et des priorités de la recherche mais également à la mise en oeuvre concrète des programmes de recherche dans leur exploitation (ALI 1992, AUSTRALIAN FISHERIES 1994). Malheureusement, dans la plupart des cas, les

programmes de R&D de la plupart des agences publiques d'assistance sont davantage axés sur l'intérêt scientifique personnel de certains chercheurs officiels et/ou des agences donatrices que sur les exploitants qu'ils sont censés soutenir.

3.5. L'une des évolutions les plus passionnantes auxquelles nous ayons assisté ces dernières années est l'application de la méthode piscicole du parc de fagots ou "récifs d'acadja" dans des systèmes d'exploitation aquacole semi-intensive. Cette pratique se base sur l'introduction dans un étang ou un enclos de matériaux ligneux (p.ex. branches, brindilles, bambou) qui serviront de substrat artificiel ou d'habitat. Ces matériaux stimuleront la croissance et la production du périphyton ainsi que de la flore et de la faune associées qui serviront d'organismes alimentaires vivants pour le poisson d'élevage (voir HEM 1992, ISTA III 1991, KONAN-BROU & GUIRAL 1994). Au vu de la tradition piscicole du récif d'acadja pratiquée en Afrique (provenant du Bénin, WELCOMME 1972) et des avantages potentiels résultant de l'application de ces techniques à des systèmes d'exploitation extensive et semi-intensive – ils n'exigent pas d'intrants exogènes en nutriments/ aliments, sont simples à exploiter, ne sont pas polluants, et ne requièrent que des apports minimes en argent et en main-d'oeuvre – , les systèmes d'exploitation basés sur l'acadja pourraient être particulièrement prometteurs dans les SESI africains.

Une approche analogue quoique différente a récemment été mise au point par Phillips et ses collaborateurs aux Etats-Unis et en République Dominicaine (PHILLIPS *et al.* 1994): de l'herbe fauchée sert de substrat à la production d'un réseau alimentaire à base de micro-organismes fixateurs d'azote (c'est-à-dire un écosystème à tapis microbien dominé par les algues bleues) dans des "couloirs d'alimentation" dans un système alimentaire complet destiné aux tilapias. Une approche similaire a également été proposée par des chercheurs australiens (DE SILVA *et al.* 1993) qui utilisent des légumineuses fixatrices d'azote (le trèfle, le lupin, etc. cultivés dans l'étang à poissons et sur ses digues) comme source de supplément alimentaire et/ou source de substrat/ détritus pour accroître la production d'organismes alimentaires naturels dans l'écosystème de l'étang. En termes clairs, il faudra encore étudier longuement l'utilisation de substrats artificiels et de tapis/plantes fixateurs d'azote (dont certains macrophytes aquatiques) dans les SESI. Toutefois le succès définitif de ces systèmes d'alimentation originaux dépendra dans une large mesure

des habitudes alimentaires des espèces de poissons sélectionnées et de leurs densités de peuplement. Les systèmes d'exploitation basés sur la polyculture (en tant qu'opposés aux systèmes de production en monoculture) facilitent le plein usage de l'ensemble de l'écosystème de l'étang et dans certains cas combinent la présence d'espèces de poissons omnivores/prédateurs (les poissons-chats africains) qui contrôlent la reproduction du poisson (systèmes de production en polyculture tilapias/poissons-chats; v. COCHE & EDWARDS 1989, ISTA III 1991, VINCKE 1988).

3.6. Si l'aquaculture (en particulier les SESI) est appelée à jouer un rôle significatif dans la sécurité alimentaire de l'Afrique, il est impératif que les espèces de poisson choisies pour la production de masse aient des habitudes alimentaires herbivores ou détritivores/ omnivores (qu'elles se nourrissent au bas de la chaîne alimentaire aquatique) et ne soient pas dépendantes d'intrants alimentaires hyperprotéinés de qualité alimentaire supérieure tels que la farine de poisson et autres concentrés protéiniques. Il est important de souligner à cet égard qu'alors que la majorité de la production aquacole des pays "développés" est basée sur la culture d'espèces de poissons ou de crevettes carnivores de grande valeur dans des systèmes d'exploitation intensive, la plus grande part de la production aquacole des pays "en développement" est basée sur l'élevage d'espèces de poissons ou crevettes omnivores/herbivores généralement de faible valeur (d'un point de vue commercial) dans des systèmes d'exploitation semi-intensive et extensive. Les pays "en développement" (qui soit dit en passant produisent plus de 70% de l'ensemble de la production aquacole mondiale) nous apprennent une chose importante: leurs systèmes d'exploitation semi-intensifs sont plus rentables d'un point de vue énergétique que les SEI (en ce qu'ils sont des producteurs nets et non des réducteurs nets de protéines de poisson), ils sont basés sur la polyculture d'espèces de poissons complémentaires, ils ont peu ou pas d'effets néfastes sur l'environnement aquatique et n'exigent que des intrants d'engrais ou d'aliments faiblement protéinés (il est même possible d'éliminer totalement la farine de poisson et les protéines animales des suppléments alimentaires destinés à ces espèces; HUGHES & HANDWERKER 1993, TACON 1993 c). La valeur réelle des poissons d'élevage ne réside pas dans leur prix modeste de vente au détail mais dans leur grand intérêt nutritif, car ils représentent une source très utile de protéines animales à bas prix dans le régime alimentaire humain (figure 13).

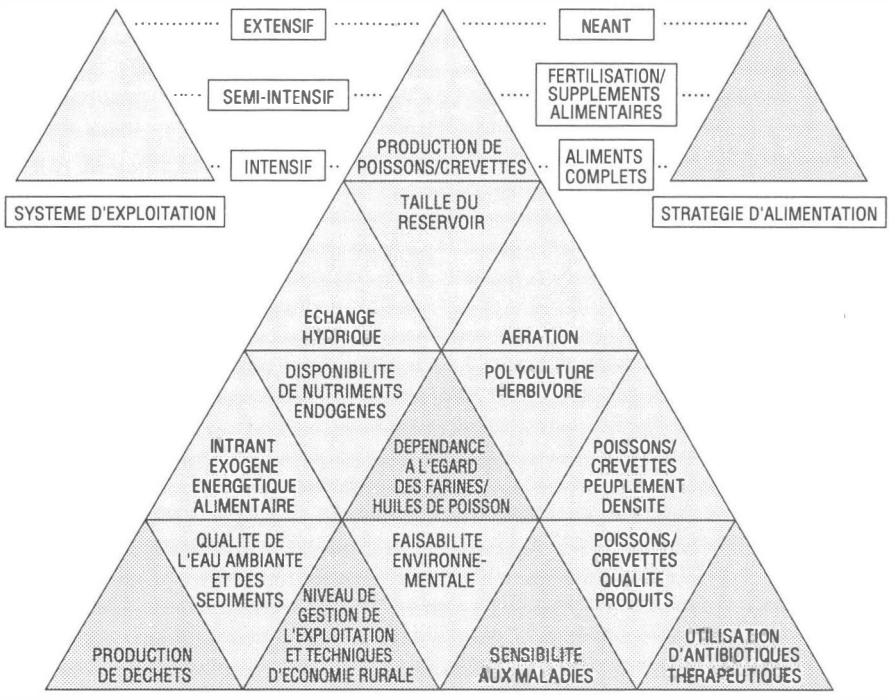


Fig. 13 — Principales différences biologiques et écologiques entre les systèmes d'exploitation extensive, semi-intensive et intensive.
(TACON *et al.* 1994)

RÉFÉRENCES

ALI, A.B., 1992. On-farm research in Malaysia. — *World Aquaculture,* **23** (1): 56-57

Australian Fisheries, 1994. Opportunity for fishermen to have more say on research. — *Australian Fisheries,* January 1994: 10-11

COCHE, A. & EDWARDS, D. 1989. Selected aspects of warmwater fish culture. — A compilation based on lectures presented at a series of FAO/AGFUND International Training Courses in Aquaculture hosted by Hungary in 1987 and 1988. Project GCP/INT/435/AGF, FAO, Rome, Italy, 181pp.

COLMAN, J.A. & EDWARDS, P. 198). Feeding pathways and environmental constraints in waste-fed aquaculture: balance and optimization. — *In:* MORIARTY, D.J.W. & PULLIN, R.S.V. (eds.), Detritus and microbial ecology in aquaculture, August 1985, Bellagio, Italy. ICLARM Conference Proceedings 14, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 240-281.

CUENCO, M.L., (1989). Aquaculture systems modelling: an introduction with emphasis on warmwater aquaculture. — ICLARM Studies and Reviews No.19, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 46pp.

DELINCE, G., 1992. The ecology of the fish pond ecosystem. — Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 230 pp.

DE SILVA, S.S., 1985. Performance of *Oreochromis niloticus* (L.) fry maintained on mixed feeding schedules of differing protein content.— *Aquaculture and Fisheries Management,* **10**: 621-633

DE SILVA, S.S., 1993. Supplementary feeding in semi-intensive aquaculture. — *In*: NEW, M.B., TACON, A.G.J & CSAVAS, I. (eds). Farm-made aquafeeds. Proceedings of the FAO/AADCP Regional Expert Consultation on Farm-made Aquafeeds, (Bangkok, 14-18 December 1992, Thailand) FAO-RAPA/AADCP, Bangkok, Thailand, pp. 24-60.

DE SILVA, S.S. & DAVY, F.B. 1992. Fish nutrition research for semi-intensive culture systems in Asia. — *Asian Fisheries Science,* **5**: 129-144.

DE SILVA, S.S., MITCHELL,B.D. & NANDEESHA, M.C. 1993. Reducing feed costs in semi-intensive finfish culture: An update on mixed feeding schedules and an idea for enhancing food supply in ponds. NAGA, — *The ICLARM Quarterly,* **16** (1): 24-26.

EDWARDS, P., 1993. Environmental issues in integrated agriculture-aquaculture and wastewater-fed fish culture systems. — *In:* PULLIN, R.S.V. ROSENTHAL, H. & MACLEAN, J.L. (eds.) Environment and aquaculture in developing countries. ICLARM Conference Proceedings **31**: Manila, Philippines, pp. 139-170.

FAO Fishery Information, Data and Statistics Service, 1993. Aquaculture production 1985-1991. FAO Fisheries Circular. No.815, Rev.5. Rome, FAO. 1993. 213pp.

HEM, S. 1992. Acadja-enclos: De la pêche de cueillette à la pêche de culture. — *In*: BERNACSEK, G.M. & POWLES, H. (eds.) Aquaculture systems research in Africa. Proceedings of a workshop (Bouake, Côte d'Ivoire, 14-17 November 1988). IDRC-MR308e,f March 1992, International Development Research Centre. Ottawa, Canada, pp.101-113.

HEPHER, B., 1988. Nutrition of pond fishes. — Cambridge University Press, England. 388 pp.

HEPHER, B., 1989. Principles of fish nutrition. — *In*: SHILO, M. & SARIG, S. (eds.), Fish culture in warm water systems: problems and trends. CRC Press Inc., Boca Raton, USA, pp. 121-141.

HUGHES, S.G. & HANDWERKER,T.S. 1993. Formulating for tilapia: all-vegetable protein feeds. — *Feed International,* **14**: 55-60

ISTA III, 1991. The Third International Symposium on Tilapia in aquaculture, (Abidjan, Côte d'Ivoire, 11-16 November 1991), 137pp. Abstracts.

JANTRAROTAI, W. & JANTRAROTAI, P. 1993. On-farm feed preparation and feeding strategies for catfish and snakehead. — *In:* NEW, M.B., TACON, A.G.J. & CSAVAS, I. (eds). Farm-made aquafeeds. Proceedings of the FAO/AADCP Regional Expert Consultation on Farm-made Aquafeeds (Bangkok, Thailand. 14-18 December 1992). FAO-RAPA/AADCP, Bangkok, Thailand, 434 pp.

KONAN-BROU, A.A. & GUIRAL, D. 1994. Available algal biomass in tropical brackishwater artificial habitats. — *Aquaculture,* **119**: 175-190

LUQUET, P., 1989. Practical considerations on the protein nutrition and feeding of tilapia. — *Aquatic Living Resources,* **2**: 99-104.

MOORE, L.B., 1986. Input of organic materials into aquaculture systems: emphasis on feeding semi-intensive systems. — *Aquacultural Engineering,* **5**: 123-133

MORIARTY, D.J.W. & PULLIN, R.S.V.(eds), 1987. Detritus and microbial ecology in aquaculture, — August 1985, Bellagio, Italy. ICLARM Conference Proceedings 14. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 420 pp.

NANDEESHA, M.C., 1993. Aquafeeds and feeding strategies in India. — *In:* NEW, M.B., TACON, A.G.J. & CSAVAS, I. (eds). Farm-made aquafeeds. Proceedings of the FAO/AADCP Regional Expert Consultation on Farm-made Aquafeeds, (Bangkok, Thailand, 14-18 December 1992). FAO-RAPA/AADCP, Bangkok, Thailand, pp. 213-254.

NEW, M.B., TACON, A.G.J. & CSAVAS, I. (eds), 1993. Farm-made aquafeeds. Proceedings of the FAO/AADCP Regional Expert Consultation on Farm-made Aquafeeds (Bangkok, Thailand, 14-18 December 1992). FAO-RAPA/AADCP, Bangkok, Thailand, 434 pp.

NUOV & NANDEESHA, M.C. 1993. Aquafeeds and feeding strategies in Cambodia. — *In:* NEW, M.B., TACON, A.G.J. & CSAVAS, I. (eds). Farm-made aquafeeds. Proceedings of the FAO/AADCP Regional Expert Consultation on Farm-made Aquafeeds, (Bangkok, Thailand, 14-18 December 1992). FAO-RAPA/AADCP, Bangkok, Thailand, pp. 181-200.

PARKER, P.L., ANDERSON, R.K. & LAWRENCE, A.L. 1991. Stable isotope methodology for evaluation of nutritional requirements of shrimp. — *In:* DELOACH, P.F., DOUGHERTY, W.J. & DAVIDSON, M.A. (eds.), Frontiers of shrimp research. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, **22**. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

PERSCHBACHER, P.W. & LORIO, W.J. 1993. Filtration rates of catfish pond phytoplankton by Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. — *Journal of the World Aquaculture Society,* **24**(3): 434-437

PHILLIPS, P., RUSSELL, A., BENDER, J. & MUNOZ, R. 1994. Management plan for utilization of a floating microbial mat with its associated detrital gelatinous layer as a complete tilapia *Oreochromis niloticus* feed system. — *Bioresource Technology,* **47**: 239-245

PIEDRAHITA, R.H., 1988. Introduction to computer modelling of aquaculture pond ecosystems. — *Aquaculture and Fisheries Management,* **19**: 1-12.

PIEDRAHITA, R.H. & GIOVANNINI, P., 1991. Fertilized non-fed pond systems. — *In:* Aquaculture systems engineering. Proceedings of the World Aquaculture Society (WAS) and the American Society of Agricultural Engineers, WAS 22nd Annual Meeting (San Juan, Puerto Rico 16-20 June 1991). Published by the American Society of Agricultural Engineers, p.1-14.

SCHROEDER, G.L., 1993. Sources of fish and prawn growth in polyculture ponds as indicated by ^{13}C:^{12}C analysis. — *Aquaculture,* **35**: 29-42

SCHROEDER, G.L., ALKON, A. & LAHER, M. 1991. Nutrient flow in pond aquaculture systems. — *In:* BRUNE, D.E. & TAMASSO, J.R. (eds.), Aquaculture and water quality. Advances in World Aquaculture, Volume 3. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, pp. 489-505.

STEFFENS, W., 1990. Interrelationships between natural food and supplementary feeds in pond culture. — *In:* BERKA, R. & HILGE, V. (eds.), Production enhancement in still-water pond culture. Proceedings of the FAO/EIFAC Symposium on Production Enhancement in Still-water Pond Culture, (Prague, 15-18 May 1990). Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, Vodnany, Czechoslovakia., pp. 218-229

TACON, A.G.J., 1988. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - a training manual 3. Feeding methods. — FAO Field Document, Project GCP/RLA/075/ITA `Support to the Regional Aquaculture Activities for Latin America and the Caribbean', Field Document No. 7/E, Brasilia, Brasil, 208 pp.

TACON, A.G.J., 1988a. Fish feed technology. — *In:* KING, H.R. & IBRAHIM, K.H. (eds). Village level aquaculture development in Africa. Proceedings of the Commonwealth Consultative Workshop on Village Level Aquaculture Development in Africa (Freetown, Sierra Leone, 14-20 February 1985). Commonwealth Secretariat, London, UK, pp. 129-136.

TACON, A.G.J., 1991. Vitamin nutrition in shrimp and fish. — *In*: AKIYAMA, D.M. & TAN, R.K.H. (eds), Proceedings of the Aquaculture Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia (19-25 September, 1991).

TACON, A.G.J., 1991a. Kenya: Development of tilapia feeds. — FAO Field Document. Report prepared for the Small-scale Fish farming in the Lake Basin Project KEN/86/027, Field Document 1, FAO, Rome, Italy, 31pp.

TACON, A.G.J., 1992. The food and feeding of farmed fish and shrimp: an annotated selection of FAO Field Documents, 1973-1991. — FAO Fisheries Circular No.849, FAO, Rome, April 1992, 92 pp.

TACON, A.G.J., 1993. National agricultural feed surveys (NAFS) for aquaculture planning and development: guidelines. — FAO Aquaculture Newsletter, No.., pp.2-7, FAO, Rome, August 1993

TACON, A.G.J., 1993a. Aquaculture nutrition and feeding in developing countries: A practical approach to research and development. — *In*: KAUSHIK, S.J. & LUQUET, P. (eds), Fish Nutrition in Practice. IVth International Symposium on Fish Nutrition and Feeds. Les Colloques No.61, INRA, Paris, France, pp. 731-741.

TACON, A.G.J., 1993b. Application of nutrient requirement data: special problems of intensive and semi-intensive fish farming systems. — Paper presented at the EIFAC workshop on methodology for determination of nutrient requirements in fish, (Eichenau, Germany, 29 June -1 July 1993). (In Press)

TACON, A.G.J., 1993. Feed ingredients for warmwater fish. Fish meal and other processed feedstuffs. — FAO Fisheries Circular No. 856, FAO, Rome, April 1993, 64 pp.

TACON, A.G.J. & S.S. DE SILVA, 1993. Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. Paper presented at the 6th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, 4-7 October 1993, Hobart, Australia .

TACON, A.G.J., PHILLIPS, M.J. & BARG, U.C. 1994. Aquaculture feeds and the environment: the Asian experience. Paper presented during the Second International Symposium on Nutritional Strategies and Management of Aquaculture Waste, 23-28 April 1994, Aalborg, Denmark.

VAN DAM, A.A., 1990. Modelling of aquaculture pond dynamics. — *In:* Proceedings of EIFAC-FAO Symposium on Production Enhancement in Still-Water Pond Culture (Prague, 15-18 May 1990), pp. 24-30.

VINCKE, M.M.J., 1988. Developing productive systems under village conditions. — *In*: KING, H.R. & IBRAHIM, K.H. (eds), Village level aquaculture development in Africa. Proceedings of the Commonwealth Consultative Workshop on Village Level Aquaculture Development in Africa, (Freetown, Sierra Leone, 14-20 February 1985). Commonwealth Secretariat, London, UK, pp. 39-57.

VIOLA, S., 1989. Production of commercial feeds for warm water fish. — *In:* SHILO, M. & SARIG, S. (eds) Fish Culture in Warm Water Systems: Problems and Trends. CRC Press Inc., Boca Raton, USA, pp. 143-162.

WADA, E., MIZUTANI, H. & MINAGAWA, M. 1991. The use of stable isotopes for food web analysis. — *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* **30**(3): 361-371.

WELCOMME, R.L., 1972. An evaluation of the acadja method of fishing as practised in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). — *Journal of Fish Biology,* **4**: 39-55

YAKUPITIYAGE, A., 1993. On-farm preparation and feeding for carps and tilapia. — *In*: NEW, M.B. TACON, A.G.J. & CSAVAS, I. (eds), Farm-made aquafeeds. Proceedings of the FAO/AADCP Regional Expert Consultation on Farm-made Aquafeeds, (Bangkok, Thailand, 14-18 December 1992). FAO-RAPA/AADCP, Bangkok, Thailand, pp. 87-100.

ZWEIG, R.D., 1991. Principles and methodology of ecological-economic modelling of integrated agriculture-aquaculture farming systems, (abstract). — *In:* COSTA-PIERCE, B.A., LIGHTFOOT, C. RUDDLE, K. & PULLIN R.S.V. (eds.), Aquaculture research and development in rural Africa. ICLARM Conference Proceedings, No.27, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 17.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 553 - 572 (1995)

Original : Français

LES PLANTES AQUATIQUES, ET NOTAMMENT *AZOLLA*, SOURCES D'ALIMENTS VALABLES POUR LES POISSONS ?

PAR

V. LÉONARD*

RÉSUMÉ. — Dans cette étude sont discutés différents aspects de l'utilisation alimentaire des macrophytes aquatiques, en particulier de la fougère diazotrophe *Azolla*, chez les poissons (surtout les tilapias). Les taux de croissance des poissons nourris uniquement de macrophytes aquatiques frais (sans complément naturel de nourriture, comme en étang) semblent généralement légèrement négatifs ou positifs. Lorsque les macrophytes aquatiques secs sont combinés à des aliments à base de farine de poisson, le taux de croissance des poissons décroît avec l'élévation de leur taux d'inclusion mais se maintient positif jusqu'à des proportions égales ou supérieures à 90% du poids sec de la ration. Différents problèmes liés à l'utilisation des macrophytes aquatiques dans l'alimentation des poissons sont ensuite abordés: problèmes de l'ingestion, de la digestibilité et de l'utilisation métabolique. L'ingestion de matière sèche, et donc de protéines et d'énergie, des poissons seulement nourris de macrophytes aquatiques frais (contenant généralement plus de 90% d'eau) paraît insuffisante pour leur assurer une croissance optimale. Les poissons nourris presque uniquement de macrophytes aquatiques secs semblent ingérer suffisamment de matière sèche mais un déficit en énergie et en protéines subsiste, déficit lié à la composition chimique des macrophytes aquatiques. La digestibilité fécale apparente des macrophytes aquatiques paraît assez faible, surtout pour leur contenu énergétique. L'effet dépressif de facteurs anti-nutritionnels est discuté: l'impact de la haute teneur en

* Laboratoire de Pisciculture Marcel Huet, Unité des Eaux et Forêts, Université Catholique de Louvain, Route de Blocry 2, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

fibres insolubles des macrophytes aquatiques sur leur digestibilité semble prépondérant. Enfin, quelques aspects de l'utilisation métabolique des macrophytes aquatiques sont présentés. L'utilisation des macrophytes aquatiques frais par les poissons semble notamment occasionner une importante perte d'énergie à la suite de l'élévation de l'action dynamique spécifique des aliments (ADS). Différentes voies de recherche sont proposées pour la valorisation alimentaire des macrophytes aquatiques chez les poissons.

Introduction

Différentes synthèses ont traité de la valorisation des macrophytes aquatiques en pisciculture tropicale. BOWEN (1982, 1988) et EDWARDS (1987) détaillent différentes adaptations du système digestif des poissons macrophytophages ou omnivores leur permettant d'utiliser des macrophytes aquatiques (dentition pharyngienne développée, forte acidité stomacale, longueur de l'intestin). EDWARDS (1980) rappelle l'intérêt de ces poissons pour nettoyer les plans d'eau des macrophytes aquatiques, mais mentionne des taux de conversion (g ingéré sec/ g biomasse produite) souvent élevés. Toutefois EDWARDS (1987) cite des taux de conversion inférieurs à 2 pour certaines Lemnacées (riches en protéines et assez pauvres en fibres). EDWARDS (1987) fait aussi état de productions de 5000-6000 kg poissons/ha/an en Chine, avec pour seul aliment des macrophytes aquatiques (en plus de la biomasse naturelle des étangs).

L'objectif de cet article est d'analyser comment les poissons valorisent les macrophytes aquatiques grâce à différentes études réalisées en milieu contrôlé (donc sans apport alimentaire de la biomasse naturelle des étangs).

Dans cette publication, il sera souvent question de la fougère aquatique *Azolla*. L'intérêt principal d'*Azolla* est son caractère diazotrophe (VAN HOVE 1989), qui le rend capable d'enrichir l'écosystème aquatique tropical en azote. De plus, *Azolla* présente une teneur assez élevée en protéines (résultats variables selon les auteurs, synthétisés par DETIMMERMAN & PETRY 1988: protéines brutes: N x 6,25 = 15-35 % poids sec).

La majorité des poissons élevés en zone tropicale sont nourris de produits végétaux et sont capables de consommer des macrophytes aquatiques. On s'intéressera ici plus particulièrement à l'utilisation des macrophytes aquatiques chez les tilapias.

1. Contribution des plantes aquatiques à la croissance des poissons

Les tableaux 1 et 2 présentent les taux de croissance de quelques poissons nourris totalement ou partiellement de macrophytes aquatiques. Vu le nombre réduit d'observations et les différences de conditions expérimentales, les tendances dégagées ici doivent être considérées avec beaucoup de prudence et demandent confirmation.

1.1. Plantes aquatiques comme aliment unique

Les études présentées aux tableaux 1 et 2 ont été réalisées en aquariums ou en tanks. Elles ont été choisies pour l'assurance qu'elles donnaient que les poissons ne pouvaient se nourrir que des aliments offerts (développement négligeable d' autre biomasse susceptible de nourrir les poissons).

On constate aux tableaux 1 et 2 que les poissons nourris exclusivement de macrophytes aquatiques montrent des taux de croissance specifique ("specific growth rate", SGR) compris entre -1 et +1,77, mais généralement proches de 0.

Des différences sembleraient exister entre espèces de poissons et espèces de plantes aquatiques. Ainsi des poissons macrophytophages tels *Tilapia rendalli* et *Ctenopharyngodon idella* ou omnivores-macrophytophages comme *Cichlasoma melanurum* paraissent présenter une meilleure croissance lorsqu'ils sont nourris uniquement de plantes aquatiques que *Oreochromis niloticus* ou *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, poissons omnivores-phytoplanctonophages. De plus, les Lemnacées (*Lemna gibba, Lemna minor, Spirodela polyrhiza*) semblent donner de meilleurs résultats de croissance qu'*Azolla* (*Azolla pinnata, Azolla microphylla*).

1.2. Plantes aquatiques comme constituants partiels de la ration alimentaire

Le tableau 2 rapporte les résultats des tests de croissance réalisés par El-Sayed (1992) sur *Oreochromis niloticus* nourri partiellement d'*Azolla pinnata*, et par Appler (1985) sur *Oreochromis niloticus* et *Tilapia zillii* nourris partiellement de l'algue verte en réseau *Hydrodictyon reticulatum*. Ces plantes aquatiques sont incluses à divers taux dans des régimes à base de farine de poisson, isoprotéiques et, chez El-Sayed

Tableau 1

Taux de croissance et d'ingestion chez différentes espèces de poissons nourris uniquement de macrophytes aquatiques frais

Espèces	SGR[1]	Imf[2](%)	Ims[3](%) (%témoin)	IPB[4](%) (%témoin)	I énergie[5] (%témoin)	référence
Poissons juvéniles						
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata*	+ 0.18	40.5	2.03 (40.5)	0.51 (33.1)	15.2 (36.9)	EL-SAYED 1992
Oreochromis niloticus *Azolla microphylla*	- 0.19	48.1	2.44 (67.7)	0.53 (43.0)	12.8 (46.6)	MICHA *et al.* 1988
Tilapia rendalli idem	- 0.09	61.9	3.13 (86.9)	0.68 (55.3)	12.8 (59.7)	
Cichlasoma melanurum idem	- 0.09	37.2	1.90 (52.7)	0.42 (21.9)	12.8 (36.3)	ANTOINE *et al.* 1987
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata*	- 1.00	± 20				ALMAZAN *et al.* 1986
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata*	+ 0.06					PULLIN & ALMAZAN 1983
Tilapia zillii						SAEED & ZIEBELL 1986
Chara sp.	+ 0.15	79.4				
Najas marina	+ 0.12	67.0				
Egeria densa	- 0.01	24.0				
Myriophyllum exalbescens	- 0.40	16.0				
(à jeun)	(- 0.39)					
Ctenopharyngodon idella *Lemna minor* + *Spirodela polyrhiza*	+ 1.77	89.8	4.2	1.48 (75.1)	17.7 (94.7)	CUI *et al.* 1992
Poissons adultes						
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata*	- 0.49					ALMAZAN *et al.* 1986
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata*	- 0.11	20.2	1.01 (33.8)	0.25 (27.6)	15.2 (30.7)	EL-SAYED 1992
Oreochromis niloticus x *Oreochromis aureus* *Lemna gibba*	+ 0.67	16.8	0.67	0.21		GAIGHER *et al.* 1984

[1] SGR(% d^{-1}) = taux de croissance spécifique = 100 x (ln Poids moyen final - ln Poids moyen initial)/ durée du test de croissance (d)

[2] Imf(%) = ingestion quotidienne de matière fraîche, en % de la biomasse du poisson

[3] Ims(%) = ingestion quotidienne de matière sèche, en % de la biomasse du poisson

[4] IPB(%) = ingestion quotidienne de protéines brutes (N x 6,25), en % de la biomasse du poisson

[5] I énergie = ingestion d'énergie (kJ) par g d'aliment sec

Teneur en énergie calculée: protéines: 23.62 kJ/g; lipides: 39.71 kJ/g; glucides (sans les fibres brutes): 17.56 kJ/g

(sauf CUI et al. 1992: bombe calorimétrique)

Tableau 2

Taux de croissance et d'ingestion observés chez différentes espèces de poissons nourris d'aliments partiellement ou entièrement constitués de macrophytes aquatiques secs

Espèces Ims[1] (%)	régime alimentaire	SGR[2] (%témoin)	Itot macr. aqu. sec[3] (g)	référence
Poissons juvéniles				
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata* Ims[1]= 5%	0% *Azolla* 30% *Azolla* 59% *Azolla* 77% *Azolla* 94% *Azolla*	+ 2.32 (100) + 1.71 (73.7) + 1.51 (65.1) + 0.99 (42.7) + 0.44 (19.0)	0 6.67 13.96 12.46 7.98	EL-SAYED 1992
Oreochromis niloticus *Hydrodictyon reticulatum* Ims[1]=4.8%	0.0% *Hydrodictyon* 19.1% *Hydrodictyon* 38.3% *Hydrodictyon* 57.4% *Hydrodictyon* 70.6% *Hydrodictyon* 98.5% *Hydrodictyon*	+ 2.42 (100) + 2.22 (91.7) + 1.85 (76.5) + 1.48 (61.2) + 1.49 (61.7) + 1.07 (44.3)	0 0.74 1.27 1.62 1.89 2.52	APPLER 1985
Tilapia zillii idem	0.0% *Hydrodictyon* 19.1% *Hydrodictyon* 38.3% *Hydrodictyon* 57.4% *Hydrodictyon* 70.6% *Hydrodictyon* 98.5% *Hydrodictyon*	+ 1.89 (100) + 2.04 (107.9) + 1.73 (91.5) + 1.45 (76.7) + 1.44 (76.1) + 1.03 (54.3)	0 0.82 1.26 1.70 2.11 2.59	
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata* Ims[1]= 4.4%	100% T[4] 90% T-10% A[4] 75% T-25% A 50% T-50% A 10% T-90% A	+ 3.03 (100) + 2.70 (88.9) + 2.01 (66.5) + 1.55 (51.3) + 0.70 (23.1)	0 0.24 0.52 1.06	ALMAZAN *et al.* 1986
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata* Ims[1]= 4.5% 9.0%	94% *Azolla pinnata* 5% amidon de maïs 1% afsillin (mélange de micronutriments)	 - 0.38 - 0.40		ALMAZAN *et al.* 1986
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata* Ims[1]= 4.4% en excès	100% *Azolla pinnata* sec (en poudre)	 - 0.32 + 0.74		
Poissons adultes				
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata* Ims[1]= 3%	0% *Azolla* 30% *Azolla* 59% *Azolla* 77% *Azolla* 94% *Azolla*	+ 1.13 (100) + 0.72 (63.7) + 0.57 (50.4) + 0.23 (20.4) + 0.13 (11.5)	0 24.86 38.23 23.07 16.64	EL-SAYED 1992
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata* Ims[1]= en excès	94% *Azolla* 5% amidon de maïs 1% afsillin (mélange de micronutriments)	- 0.42		ALMAZAN *et al.* 1986

[1] Ims(%) = ingestion quotidienne de matière sèche (en % de la biomasse du poisson)

[2] SGR(% d^{-1}) = taux de croissance spécifique = 100 x (lnPoids moyen final-lnPoids moyen initial)/durée du test de croissance (d)

[3] Itot macr. aqu. sec (g) = ingestion totale de macrophytes aquatiques secs durant la durée du test de croissance, par poisson

[4] T = aliment témoin (à base de farine de poisson); A = *Azolla pinnata*

(1992), isocaloriques. Toutefois, une réduction de la teneur en énergie et en protéines n'a pu être évitée dans les régimes comportant plus de 90% de macrophytes aquatiques secs. Dans l'étude effectuée par ALMAZAN *et al.* (1988), les régimes testés sur *Oreochromis niloticus* ne sont ni isoprotéiques ni isocaloriques mais *Azolla pinnata* y remplace un aliment témoin en différentes proportions. Dans ces trois études, l'aliment offert aux poissons est leur seule source alimentaire (pas d'apport dû à l'alimentation naturelle). Le taux de croissance d'*Oreochromis niloticus* diminue progressivement avec l'augmentation de la proportion d'*Azolla pinnata* ou d'*Hydrodictyon reticulatum* dans le régime alimentaire (ALMAZAN *et al.* 1988, APPLER 1985, EL-SAYED 1992).

Chez *Tilapia zillii*, APPLER (1985) observe un taux de croissance supérieur au témoin pour un régime contenant 19,15% d'*Hydrodictyon reticulatum,* mais ensuite le taux de croissance diminue progressivement. Toutefois, des taux d'inclusion des plantes aquatiques supérieurs à 90% peuvent encore permettre des croissances positives (tableau 2).

L'utilisation des plantes aquatiques semblerait différer suivant l'âge et l'espèce du poisson. Ainsi, EL-SAYED (1992) observe que la diminution du taux de croissance d'*Oreochromis niloticus* nourri d'un régime contenant des proportions croissantes d'*Azolla pinnata* est nettement moins marquée chez les juvéniles (4,5 g) que chez les adultes (40,3 g). APPLER (1985) constate que le taux de croissance de *Tilapia zillii* est moins affecté que celui d'*Oreochromis niloticus* par l'introduction de proportions croissantes d'*Hydrodictyon reticulatum* dans son régime alimentaire.

En étang, les poissons nourris de plantes aquatiques peuvent montrer de bons taux de croissance. Mais dans ces conditions, le régime alimentaire des poissons est peu contrôlé: ceux-ci bénéficient d'un complément alimentaire plus ou moins important, issu de l'écosystème aquatique.

2. Problèmes liés à l'utilisation des plantes aquatiques dans l'alimentation des poissons

On s'intéressera ici aux problèmes liés à la valeur alimentaire des macrophytes aquatiques chez les poissons. Ces problèmes seront abordés en trois étapes, correspondant aux stades physiologiques de l'utilisation d'un aliment par les poissons: ingestion (consommation de protéines et d'énergie), digestion et utilisation métabolique.

Rappelons que, vu le nombre limité d'observations et les différences de conditions expérimentales, les tendances dégagées ici doivent être considérées avec beaucoup de prudence et demandent confirmation.

2.1. Ingestion

Les poissons nourris uniquement de plantes aquatiques, notamment d'*Azolla*, ingèrent-ils suffisamment de protéines et d'énergie (sans tenir compte ici de leur utilisation ultérieure) pour bénéficier d'une croissance optimale?

Les tableaux 1 et 2 présentent des valeurs d'ingestion chez différents poissons nourris d'aliments à base de macrophytes aquatiques ou d'aliments témoins. Ces valeurs correspondent aux quantités réellement ingérées (pesée des refus) dans les cas des régimes constitués uniquement de macrophytes aquatiques frais et de l'aliment témoin utilisé par Cui *et al.* (1992): vers Tubificides. Dans les autres cas, la nature des régimes (granulés se décomposant plus ou moins rapidement dans l'eau) n'a pas rendu possible la pesée des refus et les quantités ingérées sont supposées égales aux quantités offertes; dans ces conditions, l'ingestion réelle est inférieure ou égale aux valeurs indiquées aux tableaux 1 et 2 (surévaluation). Cependant, quand les quantités offertes sont inférieures aux quantités recommandées pour assurer aux poissons une croissance optimale, on peut espérer que les quantités réellement ingérées (taux d'ingestion) sont proches des quantités offertes (taux de nourrissage). Signalons que Lovell (1989) propose, pour la croissance optimale des tilapias, des taux de nourrissage en matière sèche de 5,4 et 2,7% biomasse poisson d^{-1} (aliment bien appété et hautement assimilable), respectivement pour des tilapias de 5 et de plus de 30 g.

Les poissons mentionnés au tableau 1 semblent capables d'ingérer de grandes quantités de plantes aquatiques (16-89,4% biomasse poisson d^{-1}), dont *Azolla* (20-61,9% biomasse poisson d^{-1}). Toutefois, des différences d'appétence existent, suivant les espèces de poissons, entre plantes aquatiques et entre souches d'*Azolla.* Wery *et al.* (1987) mentionnent la présence de substances anti-appétentes pour *Cichlasoma melanurum* chez une souche d'*Azolla pinnata*. Aussi, le faible taux d'ingestion d'*Azolla pinnata* frais observé par Almazan *et al.* (1986) chez *Oreochromis niloticus* (20% biomasse poisson d^{-1}) pourrait éventuellement être expliqué par la présence de substances anti-appétentes.

Cependant les plantes aquatiques contiennent généralement plus de 90% de leur poids en eau (BOYD 1968, LINN *et al.* 1975), si bien que l'ingestion finale de matière sèche est assez faible.

Au tableau 1, on observe pour les tilapias des valeurs d'ingestion de matière sèche comprises entre 2,03 et 3,13% biomasse poisson d^{-1} pour les juvéniles (3,78-5,96 g) et entre 0,67 et 1,01% biomasse poisson d^{-1} pour les poissons adultes (38-141,1 g), ce qui est inférieur aux valeurs recommandées par LOVELL (1989) pour obtenir une croissance optimale des tilapias (avec un aliment hautement assimilable): respectivement 5,4 et 2,7% biomasse poisson d^{-1}. On constate également au tableau 1 que l'ingestion de matière sèche des poissons nourris uniquement de plantes aquatiques données fraîches est inférieure à celle des poissons recevant les aliments témoins (procurant, eux, généralement une bonne croissance). Ces régimes témoins sont élaborés à base de farine de poisson sauf chez CUI *et al.* (1992) où le régime témoin est constitué de vers Tubificides vivants. L'exemple fourni par la carpe herbivore *Ctenopharyngodon idella* échappe à cette règle et demande confirmation (notamment avec un autre aliment témoin, à base de farine de poisson).

Les poissons nourris uniquement de macrophytes aquatiques frais ingèrent moins d'énergie et moins encore de protéines que lorsqu'ils reçoivent les aliments témoins (tableau 1). Ceci résulte de leur plus faible ingestion de matière sèche, mais aussi de la moindre teneur en protéines et en énergie de la matière sèche de ces macrophytes aquatiques.

Le tableau 2 présente quelques travaux où les poissons sont nourris de macrophytes aquatiques secs donnés seuls ou dans des régimes où leur degré d'inclusion est très élevé : ≥94% (la teneur en énergie et en protéines de ces derniers est alors peu affectée quantitativement, par rapport aux macrophytes aquatiques secs donnés seuls).

APPLER (1985) & EL-SAYED (1992) montrent chez *Tilapia zillii* et *Oreochromis niloticus* des taux de nourrissage (taux d'ingestion réelle?) d'*Azolla pinnata* et d'*Hydrodictyon reticulatum* (régimes à haut taux d'inclusion des macrophytes aquatiques) similaires aux régimes témoins: 3 ou 5% (tableau 2). Notons que la présence d'huile de foie de morue (2% du régime sec) dans le régime contenant 94% d'*Azolla pinnata* sec (EL-SAYED 1992) a pu jouer un rôle d'attractif alimentaire. ALMAZAN *et al.* (1986) ont testé chez *Oreochromis niloticus* des rations plus élevées d'*Azolla pinnata* sec seul (en poudre) ou à très haut taux d'inclusion (tableau 2). Les poissons nourris de régimes composés presque uniquement de macrophytes aquatiques secs pourraient (au meilleur des

cas, si les régimes sont suffisamment appétents) ingérer suffisamment de matière sèche. Mais il subsisterait généralement un déficit en énergie et en protéines, déficit lié à la composition chimique des macrophytes aquatiques.

Les macrophytes aquatiques peuvent parfois être ingérés en plus grandes quantités lorsqu'ils sont combinés avec des aliments bien appétés (contenant par exemple de la farine de poisson). Ainsi EL-SAYED (1992) observe une ingestion maximale d'*Azolla pinnata* chez des *Oreochromis niloticus* juvéniles (poids initial: 4,47 g) et adultes (poids initial: 39 g) nourris durant 10 semaines avec un régime contenant 59% de poids sec de cette plante (tableau 2).

2.2. DIGESTIBILITÉ ET UTILISATION MÉTABOLIQUE

Le tableau 3 présente les taux de rétention protéique et énergétique des *Oreochromis niloticus* juvéniles (environ 4,5 g) et adultes (environ 40 g) nourris de régimes comportant des proportions croissantes d'*Azolla pinnata* sec (EL-SAYED 1992). Dans cette étude, le taux d'ingestion de matière sèche (% biomasse poisson d^{-1}) est supposé constant (= taux de nourrissage) dans chacun des deux groupes de poissons. De plus, excepté pour le régime contenant 94% d'*Azolla pinnata*, les régimes utilisés sont isoénergétiques et isoprotéiques et renferment des proportions semblables de lipides et de fibres brutes. Enfin, tous les régimes sont complémentés en minéraux et en vitamines de manière identique.

Ces conditions constantes d'ingestion permettront d'évaluer l'effet de l'inclusion d'*Azolla pinnata* dans la ration alimentaire uniquement au niveau de son utilisation par *Oreochromis niloticus* (rapports rétention/ingestion). On a vu au début du point 2.1. que les taux réels d'ingestion étaient inférieurs ou égaux aux taux de nourrissage. L'ingestion peut donc être surévaluée et, en conséquence, les rapports rétention/ingestion être sous-évalués.

Le taux d'utilisation des protéines semble généralement supérieur à celui de l'énergie (tableau 3). Mais ces taux d'utilisation des protéines et de l'énergie diminuent avec l'accroissement du taux d'inclusion d'*Azolla pinnata* dans la ration. Cette évolution est cependant moins marquée chez les juvéniles que chez les adultes.

Exprimés en % des performances obtenues avec l'aliment témoin à base de farine de poisson, les taux de rétention protéiques et énergétiques semblent assez semblables aux taux de croissance (SGR) de *Oreochromis*

Tableau 3

Taux de croissance et taux de rétention protéique et énergétique chez des Oreochromis niloticus *juvéniles et adultes nourris de régimes comportant des proportions croissantes d'*Azolla pinnata *sec*

Espèces	régime alimentaire	Pi-Pf [1] (g)	SGR [2] (%témoin)	PR/PI [3](%) (%témoin)	ER/EI [4](%) (%témoin)	référence
Oreochromis niloticus *Azolla pinnata* Ims[5]= 5%(juvéniles) 3%(adultes)	PB[6]=29.0-30.6 % mat. sèche énergie[7] = 16.4-16.7 kJ/g mat. sèche					EL-SAYED 1992
	0% *Azolla*	4,54 - 23	2,32 (100)	36,4 (100)	28,6 (100)	
	60% farine de poisson	40 - 88	1,13 (100)	28,8 (100)	22,4 (100)	
	35% son de blé					
	30% *Azolla*	4,55 - 15	1,71 (74)	26,8 (73,6)	21,1 (73,5)	
	45% farine de poisson	42 - 70	0,72 (63,7)	21,9 (76,2)	11,7 (52,4)	
	19% son de blé					
	59% *Azolla*	4,47 - 12,9	1,51 (65,4)	19,5 (53,6)	14,8 (51,8)	
	35% farine de poisson	39 - 58	0,57 (50,4)	12,3 (42,7)	11,3 (50,3)	
	77% *Azolla*	4,65 - 9,34	0,99 (42,9)	16,6 (45,7)	11,8 (41,2)	
	17% farine de poisson	40 - 47	0,23 (20,3)	4,3 (14,8)	1,5 (6,9)	
	PB[6] = 23,6% mat, sèche énergie[7]= 15,8 kJ/g mat, sèche					
	94% *Azolla*	4,4 - 6	0,44 (18,9)	10,0 (27,5)	5,7 (19,8)	
		40 - 43	0,13 (11,5)			

[1] Pi-Pf = poids moyen initial et poids moyen final des poissons (g)

[2] SGR(%d^{-1}) = taux de croissance spécifique= 100x(lnPf-lnPi)/ durée du test de croissance (d)

[3] PR/PI(%) = taux de rétention protéique = protéines brutes (N x 6,25) retenues dans la carcasse des poissons durant le test de croissance/ protéines brutes ingérées

[4] ER/EI(%) = taux de rétention énergétique = énergie retenue dans la carcasse des poissons durant le test de croissance/ énergie ingérée

[5] Ims(%) = ingestion quotidienne de matière sèche, en % de la biomasse du poisson

[6] PB = protéines brutes (N x 6,25)

[7] Teneur en énergie calculée: protéines: 23,62 kJ/g; lipides: 39,71 kJ/g; glucides (sans les fibres brutes): 17,56 kJ/g

niloticus, excepté pour les hauts taux d'inclusion d'*Azolla pinnata*. En effet, un taux de croissance peut parfois se maintenir positif un certain temps malgré une perte d'énergie et de protéines (changement de composition corporelle).

Notons aussi que les rapports rétention/ingestion utilisés ici sous-estiment l'utilisation réelle des régimes testés chez *Oreochromis niloticus*. Une part des protéines et de l'énergie fournies par la ration alimentaire est utilisée pour les besoins d'entretien d' *Oreochromis niloticus* et n'est donc pas disponible pour la rétention corporelle (seuls quelques travaux apportent des informations, guère utilisables dans notre situation, sur les besoins d'entretien des tilapias). Cette sous-estimation de l'utilisation des aliments testés est surtout marquée pour les régimes ne permettant qu'un faible taux de rétention protéique et énergétique, c'est-à-dire pour les régimes à haut taux d'inclusion d'*Azolla pinnata.*

Enfin, l'évaluation de l'utilisation (rétention/ingestion) des régimes testés ici reflète en fait deux étapes physiologiques de l'utilisation d'un aliment par les poissons: la digestion (transfert des nutriments de l'aliment vers la circulation sanguine) et l'utilisation métabolique (utilisation des nutriments digérés pour les besoins des poissons).

2.2.1. Digestibilité

Le tableau 4 présente quelques valeurs de digestibilité (matière sèche, protéines brutes, énergie) rencontrées chez différents poissons nourris de macrophytes aquatiques.

Notons que la technique généralement utilisée pour la récolte des fèces, le siphonnage, surévalue la digestibilité fécale apparente à cause de la dégradation partielle des fèces dans l'eau (SPYRIDAKIS *et al.* 1989). Rappelons aussi que dans le cas des macrophytes aquatiques secs (APPLER 1985) et des aliments témoins (sauf chez CUI *et al.* 1992), l'ingestion peut être surévaluée, ce qui entraîne une sous-évaluation de la digestibilité.

On observe donc au tableau 4 des valeurs de digestibilité fécale apparente (digestibilité réelle chez EL-SAYED & TESHIMA 1991) comprises entre 64,3 et 80,8% pour les protéines brutes et entre 45,4 et 64,9% pour l'énergie. Ces valeurs sont inférieures à celles observées pour les aliments témoins (tableau 4) ainsi qu'aux valeurs citées par LOVELL (1989) pour la farine de poisson et la farine de soja chez *Oreochromis niloticus:* respectivement 84,8 et 94,4% pour les protéines brutes et 87,4 et 72,5% pour l'énergie.

Tableau 4

Valeurs de digestibilité fécale apparente observées chez différentes espèces de poissons nourris de macrophytes aquatiques.

Espèces	CUDa[1](%) ms (témoin)	CUDa[1](%) PB[2] (témoin)	CUDa[1](%) énergie[3] (témoin)	ED/PD[4]	Référence
macrophytes aquatiques frais					
Ctenopharyngodon idella *Lemna minor* + *Spirodela polyrhiza*	56.2 (90.5)	80.8 (95.1)	64.9 (91)	40.5	Cui *et al.* 1992
Ctenopharyngodon idella *Lemna minor* + *Lemna gibba*	52.6	80	61	35.5	Van Dyke & Sutton 1977
Tilapia zillii *Najas guadalupensis*	29.3	75.1	45.4	58.9	Buddington 1979
Etrophus suratensis *Hydrilla verticillata*	41.3	64.3			De Silva & Perera 1983
macrophytes aquatiques secs					
Oreochromis niloticus *Hydrodictyon reticulatum*		70.9 (94.0)			Appler (1985)
Tilapia zillii idem		75.7 (86.0)			
Oreochromis niloticus *Azolla* sp.		75[5]			El-Sayed & Teshima 1991 citant Lorico-Querijero & Chiu 1989

[1] CUDa = Coefficient d'utilisation digestive apparent du nutriment = (quantité nutriment ingérée - quantité nutriment retrouvée dans les fèces)/ quantité du nutriment ingérée

[2] PB = Protéines brutes

[3] Teneur en énergie calculée: protéines: 23,62 kJ/g; lipides: 39,71 kJ/g; glucides (sans les fibres brutes): 17.56 kJ/g
(sauf Cui *et al.* 1992: bombe calorimétrique)

[4] ED/PD = rapport Énergie digestible/ protéines digestibles (kJ/ g protéines)

[5] Valeur de digestibilité réelle

De même, APPLER (1985) constate une diminution de la digestibilité fécale apparente des protéines brutes chez des juvéniles de *Oreochromis niloticus* et de *Tilapia zillii* nourris de régimes contenant des proportions croissantes d'*Hydrodictyon reticulatum*. Ainsi, il observe pour des régimes contenant de 0 à 98,5% d'*Hydrodictyon reticulatum*, chez *Oreochromis niloticus* et *Tilapia zillii*, des valeurs de digestibilité fécale apparente des protéines brutes respectivement de 94,1 à 70,9% et de 86,0 à 75,7%.

La composition en minéraux des macrophytes aquatiques peut faire craindre certains antagonismes lors de leur absortion intestinale, notamment entre le Ca et le P. Signalons aussi des teneurs élevées en Fe et Mn chez les macrophytes aquatiques (LINN *et al.* 1975), qui peuvent réduire la digestibilité d'autres cations divalents.

La digestibilité des macrophytes aquatiques peut être affectée par la présence de facteurs antinutritionnels.

La teneur élevée des macrophytes aquatiques en cendres totales (BOYD 1968: 6,1-40,6% poids sec) et surtout en fibres (LINN *et al.* 1975: fibres insolubles selon VAN SOEST = 16,2-62,2% poids sec) réduit leur digestibilité. ANDERSON *et al.* (1991) constatent que la digestibilité fécale apparente de l'énergie de différents produits végétaux terrestres chez *Oreochromis niloticus* est négativement corrélée à leur teneur en "Neutral Detergent Fiber" (fibres insolubles selon VAN SOEST). LOVELL (1989) conseille de ne pas dépasser des teneurs de 10% en cellulose dans le régime sec des tilapias.

La présence de facteurs antinutritionnels autres que les fibres insolubles et les cendres n'a guère été étudiée chez les macrophytes aquatiques. Toutefois, BOYD (1968) cite des teneurs élevées en tanins (>6% poids sec) chez certaines plantes aquatiques. SANDOVAL & MABESA (1985) mentionnent la présence d'importantes concentrations d'acide oxalique chez *Azolla pinnata*. Les tanins et l'acide oxalique sont réputés affecter respectivement la digestibilité des protéines et du Ca.

2.2.2. Utilisation métabolique

L'ingestion, la digestion et l'assimilation des macrophytes aquatiques frais occasionnent chez les poissons une importante perte d'énergie (ADS= action dynamique spécifique des aliments) (EL-SAYED 1992). Cette importante action dynamique spécifique des aliments est principalement due à la forte teneur en eau des macrophytes aquatiques. Elle pourrait expliquer, au moins partiellement, la perte de poids

observée par SAEED & ZIEBELL (1986) chez des *Tilapia zillii* nourris uniquement de *Myriophyllum exalbescens* (consommation de matière fraîche: 16% biomasse poisson d^{-1}), perte de poids comparable à celle des poissons à jeun (tableau 1).

Les macrophytes aquatiques peuvent présenter des carences importantes en acides aminés essentiels, comme le tryptophane, ou semi-essentiels, comme les acides aminés soufrés (méthionine et cystéine), ce qui réduit la valeur biologique de leurs protéines pour les poissons. Ainsi, la souche d'*Azolla pinnata* utilisée par ALMAZAN *et al.* (1986) est déficiente en tryptophane, ce qui pourrait expliquer partiellement les mauvais résultats de croissance obtenus par ces auteurs chez des *Oreochromis niloticus* nourris d'*Azolla pinnata* seul ou de régimes comportant une grande proportion d'*Azolla pinnata* sec (≥ 94% poids sec). Cependant, certaines souches d'*Azolla* peuvent présenter un profil en acides aminés convenant aux tilapias, avec une légère carence en méthionine et cystéine et parfois en lysine (VAN HOVE 1989). Encore faudrait-il s'assurer de la forme de ces acides aminés: protéique ou libre (moins disponible pour la synthèse protéique).

LOVELL (1991) recommande un rapport énergie/protéines optimal de 33-42 kJ énergie digestible /g protéines brutes (pour un aliment hautement assimilable) dans la ration de divers poissons en croissance, notamment chez *Oreochromis sp.* Il semble que les macrophytes aquatiques riches en protéines (protéines brutes >30% poids sec), comme certaines Lemnacées, peuvent présenter un rapport énergie/protéines favorable (tableau 4), sous réserve que leur énergie et leurs protéines digestibles soient bien métabolisées.

Le métabolisme des poissons nourris de macrophytes aquatiques peut également être affecté par des carences en certains éléments, comme le phosphore (carences dues à leur faible teneur dans ces macrophytes et/ou à leur mauvaise digestibilité). Des excès en certains minéraux seraient peut-être à craindre, notamment en Fe et en Mn (teneurs fort élevées par rapport aux besoins des poissons).

La faible teneur en lipides des macrophytes aquatiques (généralement <4% du poids sec: BOYD 1968) peut faire craindre des carences en acides gras essentiels.

Enfin, les macrophytes aquatiques pourraient être déficients en certaines vitamines peu ou pas synthétisables par les poissons: SANDOVAL & MABESA (1985) mentionnent de très faibles teneurs en vitamine C chez *Azolla pinnata.*

3. Discussion générale

En étang, l'apport de macrophytes aquatiques semble permettre dans certains cas une production piscicole intéressante. Ainsi, EDWARDS (1987) cite des productions de 5000-6000 kg poissons/ha/an en Chine, avec pour seul aliment des macrophytes aquatiques, en plus de la biomasse naturelle des étangs. Cependant, dans ces conditions, les macrophytes aquatiques offerts peuvent aussi servir, notamment via les déjections des poissons, à accroître la biomasse naturelle des étangs et être ainsi utilisés par les poissons de manière indirecte.

Dans cette publication, nous avons voulu étudier comment les poissons valorisent les macrophytes aquatiques dans des conditions contrôlées (sans apport de la biomasse naturelle des étangs). Nous avons vu que les poissons utilisaient assez mal les protéines et l'énergie des macrophytes aquatiques, et que par ailleurs ils les ingéraient souvent en trop faibles quantités (surtout dans le cas des macrophytes aquatiques donnés frais). Des recherches complémentaires doivent être menées pour mieux connaître puis améliorer l'utilisation des plantes aquatiques chez les poissons. Les possibilités d'augmenter l'ingestion des macrophytes aquatiques les mieux utilisés doivent aussi être étudiées. Enfin, les facteurs liés au poisson (comme la taille et l'espèce) et les facteurs environnementaux doivent être pris en considération.

La digestibilité et l'utilisation métabolique des macrophytes aquatiques les mieux utilisés par les poissons, notamment certaines souches d'*Azolla*, doivent être étudiées de manière plus approfondie.

L'étude de la digestibilité chez les poissons des différents nutriments des macrophytes aquatiques permettra d'évaluer, par rapport aux besoins des poissons, leurs carences, excès et déséquilibres éventuels. Ceux-ci pourront ensuite être corrigés par la combinaison des macrophytes aquatiques avec d'autres sources alimentaires, afin d'obtenir des aliments assurant aux poissons une bonne croissance. Ensuite, l'utilisation des régimes à base de macrophytes aquatiques (éventuellement associés à des sources alimentaires complémentaires) pourra être comparée, sur les plans digestif et métabolique, aux régimes classiques grâce à la combinaison de tests de croissance (+ analyses de carcasses) et de tests de digestibilité. Certaines précautions méthodologiques doivent être prises dans ces futures recherches. Tout d'abord, les aliments à base de macrophytes aquatiques et les aliments témoins doivent être isoprotéiques et isoénergétiques afin de pouvoir comparer l'utilisation de

leurs protéines et de leur énergie, sans interférence avec l'ingestion. D'autre part, si l'on veut tester l'utilisation par les poissons de l'énergie et des protéines des seuls macrophytes aquatiques secs, il convient de ne les combiner avec aucune autre substance, excepté les produits liants indispensables à la compacité des aliments (ceux-ci doivent être indigestibles et pertuber le moins possible la digestion). L'ajout de minéraux, vitamines et autres substances utilisables par les poissons est à proscrire, même si elles ne modifient pas l'apport protéique et énergétique, à cause de leur interférence sur le métabolisme des poissons étudiés.

Différentes recherches doivent être menées pour augmenter l'ingestion des macrophytes aquatiques les mieux utilisés par les poissons.

L'amélioration de la composition chimique des macrophytes aquatiques peut favoriser leur utilisation (digestibilité, utilisation métabolique) chez les poissons ainsi que leur ingestion. Les macrophytes aquatiques cultivés dans de bonnes conditions environnementales (notamment de nutrition minérale) et récoltés jeunes présentent généralement une meilleure composition chimique (richesse en protéines, assez faible teneur en fibres). Par ailleurs, l'emploi d'attractifs alimentaires (comme l'acide citrique et l'huile de foie de morue) pourrait favoriser l'ingestion des macrophytes aquatiques chez les poissons de même que leur préparation adéquate (ex: hachage pour les juvéniles), qui améliore aussi leur digestibilité.

Différents facteurs liés tant au poisson qu'à son environnement influencent l'ingestion et l'utilisation des macrophytes aquatiques chez les poissons, outre leur composition, dont nous avons discuté. Les effets de la température de l'eau, de la taille et de l'espèce du poisson seront brièvement présentés.

D'après CAULTON (1978), l'élévation de la température de l'eau (18-34°C) occasionne une élévation de l'ingestion et de la digestibilité de l'énergie chez des *Tilapia rendalli* (16-150 g) nourris uniquement de *Ceratophyllum demersum* frais. Cependant l'élévation de la température de l'eau provoque aussi une élévation de l'excrétion azotée (pertes urétro-branchiales) et des pertes sous forme de chaleur, si bien que l'optimum de température pour la croissance de *Tilapia rendalli,* dans ces conditions, est limité à 30°C.

Nous avons vu que les poissons de faible masse étaient capables d'ingérer de plus grandes quantités d'aliments (en % biomasse poisson d^{-1}) que les poissons plus gros (tableau 1) et de mieux les utiliser (tableau 3),

ce qui se répercute par des taux de croissance plus élevés.

Enfin, des différences spécifiques paraissent exister: les poissons macrophytophages comme *Ctenopharyngodon idella*, *Tilapia rendalli* et *Tilapia zillii* semblent capables d'ingérer de plus grandes quantités de macrophytes aquatiques frais que les poissons omnivores-phytoplanctonophages tel *Oreochromis niloticus*. De plus, les tilapias macrophytophages possèdent des dents pharyngiennes robustes qui les rendent plus aptes à digérer les macrophytes. Ainsi, APPLER (1985) observe une plus grande digestibilité des protéines brutes chez *Tilapia zillii* que chez *Oreochromis niloticus*, lorsqu'ils sont nourris presque uniquement d'*Hydrodictyon reticulatum* (98,5% poids sec de la ration).

Conclusions

Cette publication analyse comment les poissons macrophytophages ou omnivores valorisent les protéines et l'énergie des macrophytes aquatiques, notamment d'*Azolla*, donnés seuls ou inclus à divers taux dans les aliments testés (synthèse d'études réalisées en aquariums ou en tanks, sans apport alimentaire dû à un développement de biomasse naturelle).

Les taux de croissance des poissons restent généralement proches de zéro lorsqu'ils sont nourris de macrophytes aquatiques frais mais se maintiennent dans certains cas positifs avec des aliments comprenant plus de 90% de macrophytes aquatiques secs.

Ces résultats peuvent être expliqués en étudiant la valorisation des protéines et de l'énergie des macrophytes aquatiques par les poissons à trois stades successifs: ingestion, digestion, utilisation métabolique.

Les poissons peuvent ingérer de grandes quantités de macrophytes aquatiques frais (16-89,4% biomasse poisson d^{-1}) mais comme ceux-ci contiennent généralement plus de 90% d'eau , les poissons ne peuvent ingérer suffisamment d'énergie (moins encore de protéines) pour bénéficier d'une croissance optimale. Ces déficits subsistent, dans une moindre mesure, chez les poissons nourris de régimes à haut degré d'inclusion (≥94%) de macrophytes aquatiques secs.

De plus, les poissons présentent une moins bonne utilisation (digestibilité et utilisation métabolique) des protéines et surtout de l'énergie pour les macrophytes aquatiques que pour les aliments classiques à base de farine de poisson. Ainsi, les macrophytes aquatiques montrent une digestibilité fécale apparente relativement faible (64,3-

80,8% pour les protéines et 45,4-64,9% pour l'énergie), ce qui semble lié à leur teneur généralement importante en cendres (61-40,6% poids sec) et surtout en fibres insolubles (16,2-62,2% poids sec). Au niveau métabolique, la valeur biologique des protéines des macrophytes aquatiques est souvent réduite par des carences en acides aminés essentiels ou semi-essentiels, comme la méthionine, la cystéine et le tryptophane. Par ailleurs, la forte teneur en eau des macrophytes aquatiques frais occasionne une importante perte d'énergie par l'élévation de l'action dynamique spécifique des aliments.

Deux voies de recherche semblent se dessiner: d'une part, l'étude plus approfondie de la digestibilité des différents nutriments des plantes aquatiques chez les poissons (dans le but d'améliorer leur utilisation par des combinaisons judicieuses avec d'autres sources alimentaires), d'autre part, l'étude des possibilités d'augmenter chez les poissons l'ingestion des macrophytes aquatiques bien utilisés.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos vifs remerciements au professeur J.-C. Micha pour la lecture de cette publication.

RÉFÉRENCES

ALMAZAN, G.J., PULLIN, R.S.V, ANGELES A.F., MANALO, T.A., AGBAYANI, R.A. & TRONO M.T.B. 1986. *Azolla pinnata* as a dietary component for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. — *In:* MACLEAN, J.L., DIZON, L.B. & HOSILLOS, L.V. (eds.). The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, 26-31 May 1986, pp. 523-528.

ANDERSON, J., CAPPER, B.S. & BROMAGE N.R. 1991. Measurement and prediction of digestible energy values in feedstuffs for the herbivorous fish tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). — *British J. of Nutrition*, **66**: 37-48.

ANTOINE, T., WERY, P., MICHA, J.-C. & VAN HOVE C. 1987. Comparaison de la croissance et de la composition chimique d'*Oreochromis* (*Tilapia*) *niloticus* L. et de *Cichlasoma* (*Threraps*) *melanurum* Gth. nourris avec *Azolla*. — *Aquaculture*, **66**: 181-196.

APPLER, H.N. 1985. Evaluation of *Hydrodictyon reticulatum* as protein source in feeds for *Oreochromis* (Tilapia) *niloticus* and *Tilapia zillii*. — *J. Fish Biol.*, **27**: 327-334.

BOWEN, S.H. 1982. Feeding, digestion and growth- qualitative considerations, — *In:* PULLIN, R.S.V. & LOWE-MCCONNEL, R.H. (eds.). The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings, **7**, International Center for Living Resources Management, Manila, Philippines, p. 141-156.

BOWEN, S.H. 1988. Detritivory and herbivory. — *In:* LÉVÊQUE, C. , BRUTON, M.N. & SSENTONGO, G.W. (eds.). Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains. Editions de l'ORSTOM, Coll. Travaux et Documents, n° 216, Paris, pp. 234-247.

BOYD, C.E. 1968. Fresh-water plants: a potential source of protein. — *Econ. Bot.*, **22**: 359-368.

BOYD, C.E. 1970. Amino acid, protein and caloric content of vascular aquatic macrophytes. — *Ecology,* **51**(5): 902-906.

BUDDINGTON, R.K. 1979. Digestion of an aquatic macrophyte by *Tilapia zillii* (Gervais). — *J. Fish Biol.*, **15**: 449-455.

CAULTON, M.S. 1978. The importance of habitat temperatures for growth in the tropical cichlid *Tilapia rendalli* Boulenger. — *J. Fish Biol.*, **13**: 99-112.

CUI, Y., LIU, X., WANG, S. & CHEN, S. 1992. Growth and energy budget in young grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val., fed plant and animal diets. —*J. Fish Biol.*, **41**: 231-238.

DE SILVA, S.S. & PERERA, M.K. 1983. Digestibility of an aquatic macrophyte by the cichlid *Etrophus suratensis* (Bloch) with observations on the relative merits of three indigenous components as markers and daily changes in protein digestibility. — *J. Fish Biol.*, **23**: 675-684.

DETIMMERMAN, F. & PETRY, M. 1988. Étude de la valeur alimentaire d'*Azolla* pour le lapin. — Mémoire de licence, Faculté des Sciences, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 178 pp.

EDWARDS, P. 1980. Food potential of aquatic macrophytes. — *ICLARM Studies and Reviews*, **5**, 51 pp.

EDWARDS, P. 1987. Use of terrestrial vegetation and aquatic macrophytes in aquaculture. — *In:* MORIARTY, D.J.W. & PULLIN, R.S.V. (eds.). Detritus and microbial ecology in aquaculture. ICLARM Conference Proceedings, **14**, — International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 311-335.

EL-SAYED, A.-F.M. 1992. Effects of substituting fish meal with *Azolla pinnata* in practical diets for fingerling and adult Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). — *Aquaculture and Fisheries Management*, **23**:167-173.

EL-SAYED, A.-F.M. & TESHIMA, S.-I. 1991. Tilapia nutrition in aquaculture. — *Reviews in Aquatic Sciences*, **5**(3-4): 247-265.

GAIGHER, I.G., PORATH, D. & GRANOTH, G. 1984. Evaluation of duckweed (*Lemna gibba*) as feed for tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) in a recirculating unit. — *Aquaculture*, **41**: 235-244.

LINN, J.G., STABA, E.J., GOODRICH, R.D., MEISKE, J.C. & OTTERBY, D.E. 1975. Nutritive value of dried or ensiled aquatic plants. I. Chemical composition. — *J. Anim. Sci.*, **41**(2): 601-609.

LOVELL, R.T. 1989. Nutrition and feeding of fish. — Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 260 pp.

LOVELL, R.T. (1991). Nutrition of aquaculture species. — *J. Anim. Sci.*, **69**: 4193-4200.

MICHA, J.-C., ANTOINE, T., WERY, P. & VAN HOVE, C. 1989. Growth, ingestion capacity, comparative appetency and biochemical composition of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia rendalli* fed with *Azolla*, — *In:* PULLIN, R.S.V.,TONGUTHAI, K. & MACLEAN, J.L (eds.). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, ICLARM Conference Proceedings, **15**, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 347-355.

PULLIN, R.S.V. & ALMAZAN, G. 1983. *Azolla* as a fish food. — *ICLARM Newsletter*, January 1983: 6-7.

SAEED, M.O. & ZIEBELL, C.D. 1986. Effects of dietary nonpreferred aquatic plants on the growth of redbelly tilapia (*Tilapia zillii*). — *Progr. Fish Cult.*, **48**: 110-112.

SANDOVAL, M.E.C. & MABESA, L.B. 1985. *Azolla* (*Azolla pinnata*, R. Brown) as a possible human food source. 1. Proximate composition, ascorbic acid, provitamin A and oxalic acid. — *Philippine J. of Nutrition* (Philippines), **38**(2): 83-87 (summary).

SPYRIDAKIS, P., METAILLER, R., GABAUDAN, J. & RIAZA, A. 1989. Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 1. Methodological aspects concerning faeces collection. — *Aquaculture*, **77**: 61-70.

VAN DYKE, J.M. & SUTTON, D.L. 1977. Digestion of duckweed (*Lemna* sp.) by the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). — *J. Fish. Biol.*, **11**: 273-278.

VAN HOVE, C. 1989. *Azolla*, ses emplois multiples, son intérêt en Afrique. — FAO, 53 pp.

WERY, P., MICHA, J.-C. & BRAEKMAN, J.-C. 1987. Chemical relationships between *Azolla* and *Cichlasoma*. — *Aquaculture*, **61**: 313-315.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 573 - 590 (1995)

Original : Anglais

LA FERTILISATION ORGANIQUE PEUT-ELLE SUFFIRE POUR INTENSIFIER LES SYSTÈMES INTÉGRÉS DE PRODUCTION PISCICOLE ?

PAR

Ana MILSTEIN*

RÉSUMÉ. — Comme c'est souvent le cas, ce genre de question recevra une réponse différente selon les objectifs du système de culture (subsistance ou production commerciale), le niveau de départ et le niveau d'intensification désiré, le type d'engrais organique disponible et les caractéristiques socio-économiques de chaque cas spécifique étudié. Afin de tenter d'apporter une réponse à cette question, les données relatives à des étangs fumés et provenant d'une série d'expériences de pisciculture intégrée à l' élevage menées aux Philippines, les données expérimentales accumulées durant 14 ans à la Dor Research Station en Israël et les résultats publiés par de nombreux auteurs de différents pays ont été groupés en un ensemble de données et analysés par des méthodes multivariables (MLG). Les modèles présentés dans le présent article peuvent contribuer à fournir une première estimation des rendements journaliers réalisables au départ d'un ensemble limité de variables. Pour obtenir un modèle général et plus approprié des rendements piscicoles dans les étangs fumés, il faudrait disposer d'une base de données plus large contenant des données provenant d'un nombre aussi grand que possible de polycultures et de combinaisons pisciculture-élevage.

* Fish and Aquaculture Research Station, Dor, M.P. Hof HaCarmel, 30820 (Israël).

Introduction

La conception intégrée de la production vivrière considère l'eau et la terre comme un tout, où les déchets d'un sous-système deviennent les intrants d' un autre sous-système; elle permet donc une meilleure utilisation des ressources et évite les dommages écologiques. Le type d'intégration et son succès économique dépendent largement des caractéristiques socio-économiques et de l'échelle de production, la fertilisation organique n'étant qu'un des facteurs du système.

Dans des systèmes socio-économiques différents, les ressources disponibles ont abouti à différentes conceptions de l'aquaculture. L'usage prédominant du fumier dans la pisciculture chinoise est lié à l'indisponibilité de céréales alimentaires pour la pisciculture. Cette contrainte a mené à la polyculture de différentes espèces adaptées à la croissance sur fumier et autres aliments non céréaliers. L'Europe et les États-Unis disposent d'aliments pour poissons et des considérations esthétiques limitent le recours aux fumiers. Il s'ensuit une monoculture intensive d'espèces de poissons adaptés à la consommation de céréales et de granulés alimentaires. Le coût du poisson et le rapport des coûts poissons/aliments sont donc plus élevés dans les pays occidentaux qu'en Chine, ce qui rend plus rentable la poursuite de l'élevage du poisson avec emploi du fumier en Chine et d' aliments classiques dans les pays occidentaux (WOHLFARTH & SCHROEDER 1979). Par conséquent, la structure énergétique de l'aquaculture intégrée chinoise diffère grandement de celle de la monoculture industrialisée occidentale. Dans le système chinois, le rayonnement solaire joue un rôle essentiel en ce qu'il apporte environ 60 % de l'énergie consommée, tandis que 20 % seulement sont fournis par les aliments préparés, dont le fumier, et 1 % environ est tiré de l'énergie industrielle (LI 1987). Dans la monoculture occidentale (un élevage de truites arc-en-ciel, par exemple), l'énergie alimentaire et l'énergie industrielle apportent respectivement 93 % et 7 % de l'énergie consommée, et une bonne part de l'énergie industrielle consommée consiste en carburant fossile (PITCHER & PHIL 1977, cité par LI 1987). Israël représente un cas intermédiaire, où l'utilisation des radiations solaires au long du réseau trophique constitue une source importante d'énergie pour la polyculture pratiquée, laquelle est fortement complétée par les aliments pour poissons actuellement disponibles et l'énergie industrielle.

L'aquaculture peut être intégrée avec plusieurs activités agricoles en fonction de la disponibilité des ressources et des contraintes pesant dans

chaque cas. Dans les régions rizicoles, la pisciculture en rizière a pour résultat l'éradication des mauvaises herbes et des insectes nuisibles, l'ameublissement des sols, l'accroissement des taux d' oxygène dissous et l'amélioration de la fertilité des rizières; la production rizicole peut ainsi être augmentée de 8 à 47 %, tandis qu'il est possible de produire 300 kg de poisson/ha ou 4 500-7 500 grands alevins/ha en moyenne (LI 1992). Dans les régions où la population se compose principalement de paysans à ressources limitées, l'élevage de bétail à proximité des étangs à poissons résoud le problème du transport extensif de fumier et permet une utilisation complète du fumier frais et des restes de fourrage avant toute perte due à leur dégradation biologique; par ailleurs, cette méthode couvre les besoins en protéines animales de la famille et assure à celle-ci des rentrées en espèces. Dans les régions où le bétail est fortement concentré, l'utilisation du fumier en aquaculture peut s'avérer plus profitable que son utilisation comme engrais dans les champs cultivés. C'est ainsi qu'une exploitation agricole de l'État de Bahia, au Brésil, dont les porcs produisent chaque jour 4 200 kg de fumier, a décidé de se lancer dans la pisciculture en tant qu'activité secondaire. Une grande part du fumier qui, auparavant, servait uniquement d'engrais dans les champs du Manitoba, est désormais utilisée comme intrant unique dans les étangs de pisciculture; il s'ensuit une production et des gains élevés. Dans les régions semi-arides comme Israël, l'utilisation simultanée des étangs pour la pisciculture et le stockage de l'eau d'irrigation des champs permet une meilleure exploitation des ressources limitées en eau.

L'intégration agro-piscicole a pris, en Asie, la forme d'un système d'exploitation agricole à petite échelle. De la sorte, elle présente l'avantage de répartir l'utilisation des ressources, d'éliminer ou de réduire les problèmes des déchets, de réduire les coûts de production, d'améliorer la gestion des différents éléments et de permettre une croissance peu coûteuse. A mesure que la pisciculture ou la production de l'autre élément de l'intégration s'intensifient, les désavantages de l'intégration deviennent plus évidents : les critères de manutention ne sont parfois pas compatibles pour les deux sous-systèmes, la synchronisation des cycles de production risque de ne pas être facile, le flux des éléments nutritifs est difficile à contrôler, etc. (VARADI 1990). Par exemple, en Chine, la rizipisciculture a été une occupation traditionnelle secondaire des familles paysannes jusqu'à ce que les technologies modernes de riziculture en dry-farming, les applications de pesticides et les techniques de fertilisation y fassent obstacle. Cependant, depuis 1978,

de nouvelles méthodes ont résolu partiellement ces problèmes, de telle sorte que le recours à un maximum d'engrais organique et un minimum d'applications chimiques permettent l'adoption de la rizipisciculture par une exploitation agricole familiale moderne à grande échelle (LI 1992). Dans d'autres systèmes d'exploitation agricole à grande échelle, les sous-systèmes ne sont pas en contact étroit et l'intégration se limite habituellement au transport et à l'épandage du fumier organique dans les étangs d'aquaculture et, dans les zones semi-arides, à l'utilisation de l'eau des étangs pour l'irrigation des récoltes.

Fertilisation organique

Plusieurs études portant sur les détritus et l'écologie microbienne en aquaculture ont été compilées par MORIARTY & PULLIN (1987) qui démontrent la complexité de l'écosystème de l' étang et de ses voies métaboliques autotrophes et hétérotrophes. Des expériences réalisées sur l'effet des taux d'application de fumier sur les rendements piscicoles ont été réalisées par HOPKINS & CRUZ (1982), ZHU *et al.* (1990) et MILSTEIN *et al.* (1991). WOHLFARTH & SCHROEDER (1979), EDWARDS (1980), OLÁH (1986), WOHLFARTH & HULATA (1987), PEKÁR & OLÁH (1990), VARADI (1991) ont passé en revue différents aspects de la gestion de la fertilisation organique des étangs; ils ont mis en lumière une grande variété de pratiques affectant l'écosystème de l' étang et, par conséquent, les rendements piscicoles.

Dans la plupart de ces travaux, la relation entre le rendement piscicole, la densité des poissons et le taux de fumure dans les étangs recevant du fumier organique, est discutée sur base des résultats publiés par de nombreux auteurs de plusieurs pays. Ainsi, on a observé, dans la fourchette de 1500-10 000 poissons/ha, une croissance linéaire du rendement piscicole en fonction de l'augmentation du taux de fumure; pour des densités plus hautes en poissons, le rendement diminue en raison de la concurrence pour la nourriture. De même, avec une structure de peuplement adéquate et pour autant que l'on ne dépasse pas cette fourchette de densité, une dose d'environ 100 kg de matière sèche de fumier/ha/j semble adéquate. On obtient des rendements piscicoles plus bas si les étangs sont sous-fumés ou surfumés. Enfin, avec une densité d'empoissonnement et un taux de fumure adéquats, il est possible d'obtenir des rendements piscicoles élevés avec tous les types de fumiers utilisés.

Il s'agit là de tendances générales découvertes par comparaison des résultats de plusieurs sources et de plusieurs systèmes d'aquaculture. Un diagramme des rendements piscicoles journaliers obtenus au départ de différentes densités d'empoissonnement et de différents taux de fumure, basé principalement sur des données provenant d'Israël et des Philippines, mais comprenant également des données du monde entier citées dans les études susmentionnées et les expériences relatives au taux de fumure, indique que la relation n'est pas simple et que le type de fumier peut également avoir un effet (Fig. 1).

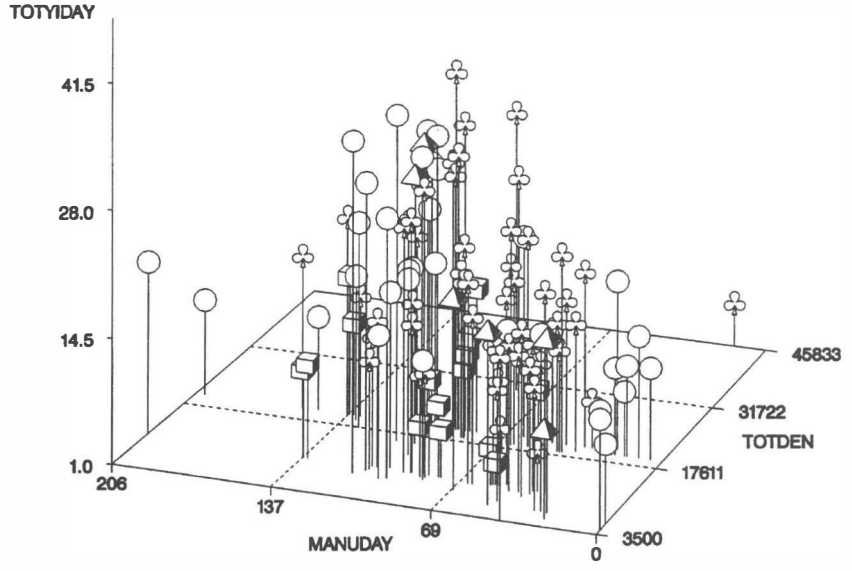


Fig. 1. — Diagramme tridimensionnel du rendement total piscicole (TOTYIDAY, kg/ha/j) en étangs fumés, par rapport au taux de fumure (MANUDAY, kg/ha/j) et à la densité des poissons (TOTDEN, poisson/ha). Les symboles représentent le type de fumier utilisé: trèfle = fumier de porc, cercle = fumier de poulet, cube = fumier de canard, pyramide = fumier de vache.

Les méthodes multivariables permettent d'analyser des systèmes complexes tels que les étangs d'aquaculture présentant un degré élevé d'interaction entre les différents éléments du système. PREIN, HULATA & PAULY (1993) ont compilé des exemples de plusieurs méthodes semblables appliquées à la recherche aquacole. Dans cet ouvrage, MILSTEIN & PREIN (1993) ont réanalysés les données de HOPKINS & CRUZ (1982) relatives à une série d'expériences de pisciculture intégrée à l'élevage aux Philippines, tandis que des données expérimentales

accumulées pendant 12 ans à la Dor Research Station en Israël ont été analysées par HULATA *et al.* (1993). Les données provenant des Philippines, celles des étangs fumés sans aliments supplémentaires d'Israël, celles des étangs fumés mis en expérience à Dor et étudiées par MILSTEIN *et al.* (1991, 1995), et les données mondiales communiquées dans les études susmentionnées sur la fertilisation organique des étangs, ont été fondues en un ensemble de 190 données. Toutes les variables ont été converties sur une base par ha et par jour, le fumier étant déjà exprimé en matière sèche. C'est cet ensemble de données qui est analysé ici afin de tenter de répondre à la question posée dans le titre du présent article.

Analyse multivariable des rendements piscicoles dans les étangs fumés

DONNÉES ANALYSÉES

Les données des Philippines proviennent d'une série d'expériences de pisciculture intégrée à l' élevage menées au Freshwater Aquaculture Center de la Central Luzon State University en collaboration avec l'International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM). Les espèces de poissons peuplant ces étangs étaient le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), la carpe commune (*Cyprinus carpio*), et le poisson à tête de serpent (*Channa striata).* Ces poissons furent mis en élevage à des densités de 10 000 et 20 000 poissons/ha dans des proportions respectives de 85:14:1. Ils recevaient pour intrants nutritionnels le fumier des porcs, canards ou poulets élevés sur les remblais de ces étangs. Des détails supplémentaires sont fournis dans HOPKINS & CRUZ (1992), MILSTEIN & PREIN (1993) et PREIN (1993).

Les données israéliennes proviennent de différentes expériences menées à la Fish and Aquaculture Research Station, Dor, entre 1974 et 1988, au cours desquelles du fumier sec de poulet a été utilisé sans aucun supplément alimentaire. Les étangs étaient peuplés de carpes communes, d'hybrides de tilapia (surtout *O. niloticus* x *O. aureus*), de carpes argentées (*Hypophthalmichthys molitrix*) et de carpes herbivores (*Ctenopharyngodon idella*), à différents poids et densités d'empoissonnement et de proportions entre espèces. On trouvera des détails complémentaires sur ces expériences dans WOHLFARTH & HULATA (1987), MILSTEIN *et al.* (1988, 1991, 1995) et HULATA *et al.* (1993).

Les données provenant d'autres régions ont été empruntées au

tableau 2 de l'étude de PEKÁR & OLÁH (1990) et à ZHU *et al.* (1990). Ces résultats proviennent d' étangs à polyculture et comportent uniquement la densité totale en poissons et le rendement journalier, ainsi que le type et la quantité de fumier utilisé.

ANALYSE À PLUSIEURS VARIABLES

Des modèles linéaires généraux (MLG) ont servi de régressions multiples selon le procédé MLG du programme SAS, décrit dans SAS (1987). Cette procédure peut comporter des variables continues et catégoriques intervenant en tant que variables indépendantes. Dans plusieurs modèles, le rendement journalier total intervenait en tant que variable dépendante. Parmi ces modèles, nous avons choisi de présenter ici ceux qui présentaient le plus haut coefficient de détermination où tous les effets étaient significatifs.

Les tableaux 1 et 2 présentent les résultats d'un MLG du rendement journalier total dans lequel les seules variables indépendantes sont le taux et le type de fumure ainsi que la densité des poissons. La figure 1 représente, sous forme de graphique, les 190 observations de l'ensemble de données en fonction des variables impliquées dans le modèle. Le modèle rend compte de 62 % de la variabilité globale des données (racine carrée = 0,62). Toutes les variables indépendantes comprises sont catégoriques. Dans les lots où le taux de fumure et la densité du poisson intervenaient comme variables continues, le coefficient de détermination n'était que de 0,3 seulement, en raison de l'effet non linéaire de ces variables sur le rendement piscicole. Dans le modèle sélectionné, plus de 50 % de la variabilité dépendaient du type de fumier (la somme des carrés correspondante est égale à 54 % de la somme totale des carrés), environ 30 % du taux de fumure proprement dit et les 15 % restants de l'effet combiné du taux de fumure et de la densité des poissons. La densité des poissons en soi n'a eu d'effet significatif dans aucun lot MLG. Les comparaisons multiples de moyennes, qui tiennent uniquement compte de l'effet principal de chaque variable indépendante considérée, montrent: (1) des rendements totaux supérieurs lorsque l'on apporte du fumier de poulet ou de vache, ce qui ne corrobore pas les conclusions de PEKÁR & OLÁH (1990) ni celles de WOHLFARTH & HULATA (1987); (2) des rendements totaux supérieurs lorsque le taux de fumure se situe entre 70 et 140 kg de matière sèche/ha/jour, fourchette qui comprend les 100 kg/ha/jour recommandés discutés plus haut; et (3)

la croissance du rendement en fonction de l'accroissement de la densité des poissons jusqu'à 10000 poissons/ha, après quoi le rendement reste stationnaire ainsi que l'indique la littérature discutée plus haut.

Tableau 1

Premier modèle de rendement journalier total dans des étangs fumés. Comparaison multiple de moyennes ANOVA et Duncan. Une lettre identique dans chaque colonne indique l'absence de différences significatives entre les moyennes au niveau 0,05.

ANOVA

rendement total moyen = 19.5 kg/ha/jour
modèle Pr > F = 0.0001
racine carrée = 0.62
nombre d'observations = 190

Source de variabilité	d.f.	Somme des carrés	Pr > F
Type de fumier	3	3723	0.0001
Taux de fumure	4	2161	0.0001
Fumure x densité	13	1062	0.0045

COMPARAISON MULTIPLE DES MOYENNES

Type de fumier	n	rendement moyen (kg/ha/j)
porc	71	18.1 b
canard	24	10.2 c
poulet	89	23.0 a
vache	6	22.3 a

Taux fumure (kg/ha/j)	n	rendement moyen (kg/ha/jour)	densité poisson (poissons/ha)	n	rend. moyen (kg/ha/jour)
0 - 35	28	12.6 b	3 500 - 7 000	12	14.5 c
35 - 70	44	14.9 b	7 000 - 10 000	68	19.2 b
70 - 105	75	22.1 a	10 000 - 15 000	16	20.2 a b
105 - 140	37	25.7 a	15 000 - 20 000	76	19.6 a b
140 - 210	6	14.6 b	20 000 - 46 000	18	23.1 a

Les coefficients de régression du modèle repris au tableau 2 autorisent une première approximation du rendement journalier total théorique pour chaque taux de fumure, densité de poisson et catégorie de type de fumier. Je considère qu'il s'agit là d'une approximation et non d'une véritable prédiction, car la racine carrée du modèle n'est pas assez élevée. Pour calculer les coefficients de régression, la procédure MLG utilise le dernier niveau de chaque variable catégorique comme niveau de référence, les autres coefficients de niveau y étant liés.

Le premier paramètre de la régression (l'intercept) représente le rendement journalier moyen dans l'ensemble de données lorsque tous les

Tableau 2

Premier modèle du rendement total dans des étangs fumés. Coefficients de régression (kg/ha/jour), ns = non significatif, réf = niveau de référence.

REGRESSION				
Paramètre		Coefficient Estimation	Pr > |T|	Std.Error Estimation
Interception		16.3	0.0001	3.7
TYPE DE FUMIER				
porc		-5.4	0.0430	2.7
canard		-16.6	0.0001	2.9
poulet		-2.0	0.4639 ns	2.7
vache		0.0	. réf	.
TAUX DE FUMURE (kg/ha/jour)				
0- 35		3.2	0.3835 ns	3.7
35- 70		5.3	0.1690 ns	3.9
70-105		17.0	0.0001	3.3
105-140		13.9	0.0001	2.9
140-210		0.0	. réf	.
Taux de fumure (kg/ha/jour)	Densité poisson (poissons/ha)			
0- 35	3 500 - 7 000	-3.5	0.2699 ns	3.2
0- 35	7 000 - 10 000	-1.4	0.7722 ns	4.9
0- 35	15 000 - 20 000	-6.4	0.0431	3.1
0- 35	20 000 - 46 000	0.0	. réf	.
35- 70	3 500 - 7 000	-0.1	0.9786 ns	5.2
35- 70	7 000 - 10 000	-0.8	0.8058 ns	3.2
35- 70	10 000 - 15 000	-2.3	0.7171 ns	6.5
35- 70	15 000 - 20 000	0.5	0.8855 ns	3.3
35- 70	20 000 - 46 000	0.0	. réf	.
70-105	7 000 - 10 000	-8.3	0.0003	2.3
70-105	10 000 - 15 000	-9.0	0.0005	2.5
70-105	15 000 - 20 000	-3.4	0.1376 ns	2.3
70-105	20 000 - 46 000	0.0	. réf	.
105-140	7 000 - 10 000	1.7	0.3932 ns	1.9
105-140	10 000 - 15 000	-9.8	0.1019 ns	6.0
105-140	15 000 - 20 000	0.0	. réf	.
140-210	10 000 - 15 000	5.2	0.4118 ns	6.3
140-210	15 000 - 20 000	0.0	. réf	.

autres paramètres sont égaux à zéro. Dans le cas présent, cela signifie que l'on applique du fumier de vache, que le taux de fumure est supérieur à 140 kg/ha/jour et que la densité des poissons est de l'ordre de 15 000-20 000 poissons/ha (niveaux de référence). L'estimation du coefficient d'interception (16,3) est un peu inférieure au rendement journalier moyen général (19,5 kg/ha/jour), mais cette valeur retombe dans la plage du coefficient lorsque l'on tient compte de l'erreur standard de l'estimation (3,7).

Les coefficients du deuxième paramètre n'indiquent aucune différence dans le rendement journalier imputable à l'utilisation de fumier de vache ou de poulet (l'estimation du coefficient pour le poulet ne présente pas de différence significative par rapport à la référence, la vache). Lorsque l'on utilise du fumier de porc, le rendement diminue jusqu'à 5,4 kg/ha/jour et l'effet du fumier de canard est inférieur de 16,6 kg/ha/jour au fumier de référence.

Les coefficients du troisième paramètre, le taux de fumure, indiquent que l'on n'obtient aucun effet supplémentaire sur le rendement journalier total lorsque le taux de fumure est inférieur à 70 kg/ha/jour ou supérieur à 140 kg/ha/jour (les estimations du coefficient des deux premières catégories ne sont pas significativement différentes de la dernière catégorie, le niveau de référence). Au contraire, des taux de fumure de 70-105 kg/ha/jour et de 105-140 kg/ha/jour produisent respectivement une augmentation de rendement de 17 kg/ha/jour et 13,9 kg/ha/jour par rapport à l'intercept.

Le quatrième paramètre, l'effet croisé du taux de fumure et de la densité des poissons, n'indique aucun effet sur la densité des poissons quand le taux de fumure est bas ou élevé (les estimations du coefficient ne sont pas significativement différentes du niveau de référence correspondant). Ce paramètre introduit une correction due à la densité des poissons pour des taux de fumure compris entre 70 et 105 kg/ha/jour. Ainsi, pour cette catégorie de taux de fumure, des densités de peuplement de 7000-15 000 poissons/ha produisent des rendements inférieurs d'environ 8-9 kg/ha/jour par rapport aux densités de 15 000-46 000 poissons/ha.

La combinaison des deux derniers paramètres indique que lorsque les étangs sont sous-fumés ou surfumés, une plus grande densité des poissons n'augmente pas le rendement journalier. Dans le premier cas, ce phénomène reflète l'absence d'une nourriture suffisante pour des poissons trop nombreux et, dans le second, des conditions environ-

nementales défavorables. Lorsque le taux de fumure est de l'ordre de 70-105 kg/ha/jour, la capacité de charge n'est pas atteinte si la densité des poissons est inférieure à 15 000 poissons/ha et les meilleurs rendements s'obtiennent avec des densités plus élevées. La conjonction d'un taux de fumure de 105-140 kg/ha/jour et de densités comprises entre 7 000 et 20 000 poissons/ha permet également d'obtenir de bons rendements.

La Figure 2 indique la relation entre les valeurs du rendement journalier et celles prédites par ce modèle. Le fait que le modèle ne soit pas trop bien ajusté et que son coefficient de détermination soit plutôt bas indique qu'il existe d'autres sources de variabilité non identifiées dans le modèle et affectant le rendement journalier total. C'est assez normal dans

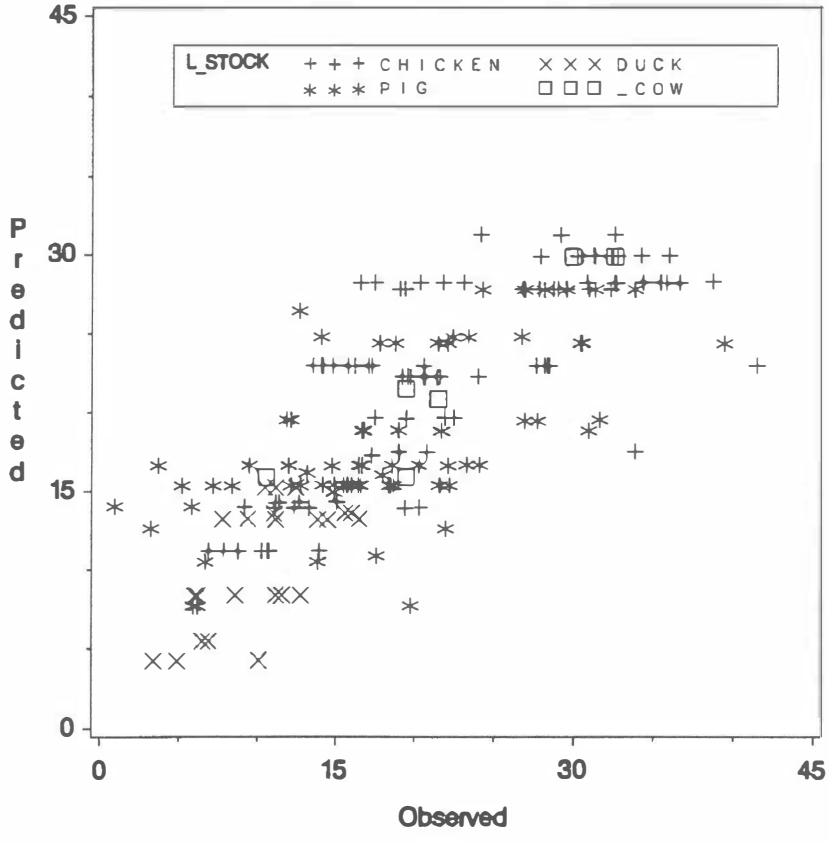


Fig. 2. — Rendement total journalier (kg/ha/jour) observé et prédit par le premier modèle MLG. n=190 observations. L_STOCK= fumier du cheptel (chicken = poulets; duck = canards; pig = porcs; cow = vaches)

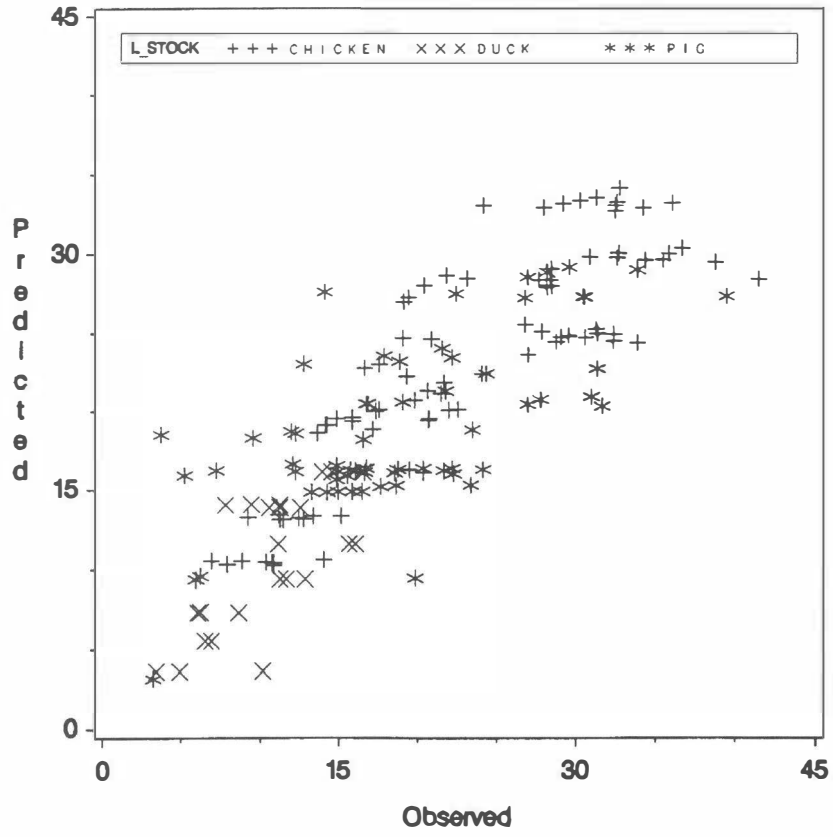


Fig. 3. — Rendement total journalier (kg/ha/j) observé et prédit par le deuxième modèle MLG. n=190 observations. L_STOCK= fumier du cheptel (chicken = poulets, duck = canards, pig = porcs).

un système complexe où plusieurs espèces sont en interaction et où plusieurs méthodes de gestion sont parfois appliquées. Afin d'améliorer le modèle, des analyses ont été effectuées concernant le poids d'empoissonnement et la densité de chaque espèce dans la polyculture. Cependant, comme ces données ne sont pas complètes dans l'ensemble des données disponibles, seules 170 observations ont pu être utilisées, dont aucune ne comporte d' étang fertilisé au fumier de vache.

Les résultats du modèle amélioré sont présentés aux tableaux 3 et 4 ainsi qu' à la figure 2. Le modèle actuel rend compte de 71 % de la variabilité globale des données. Les principales sources de variabilité sont identiques à celles du modèle précédent, plus la densité d'empoissonnement des carpes, qui représente 7 % de la variabilité

expliquée et les poids d'empoissonnement du tilapia (5 %), de la carpe argentée (3 %) et de la carpe (1 %).

Tableau 3

Deuxième modèle de rendement journalier total dans des étangs fumés. Comparaison multiple de moyennes ANOVA et Duncan. Une lettre identique dans chaque colonne indique l'absence de différences significatives entre les moyennes au niveau 0,05.

ANOVA

rendement total journalier = 19.8 kg/ha/jour
modèle Pr > F = 0.0001
racine carrée = 0.71
nombre d'observations = 170

Source de variabilité	d.f.	Somme des carrés	Pr > F
Densité des carpes	1	544	0.0001
Poids total des carpes	1	120	0.0331
Poids total des tilapias	1	395	0.0001
Poids total des carpes argentées	1	283	0.0012
Type de fumier	2	3 562	0.0001
Taux de fumure	4	2 236	0.0001
Fumure x densité	10	909	0.0003

COMPARAISON MULTIPLE DES MOYENNES

Type de fumier	n	rendement moyen (kg/ha/jour)
porc	62	19.0 b
canard	24	10.2 c
poulet	84	23.1 a

Taux de fumure (kg/ha/jour)	n	rendement moyen (kg/ha/jour)	densité poisson (poissons/ha)	n	rend. moyen (kg/ha/jour)
0 - 35	21	13.1 c	3 500 - 7 000	6	14.3 c
35 - 70	7	14.6 c	7 000 - 10 000	62	19.4 b
70 - 105	70	21.8 b	10 000 - 15 000	13	20.6 b
105 - 140	37	25.7 a	15 000 - 20 000	73	19.1 b
140 - 210	5	13.6 c	20 000 - 46 000	16	25.6 a

Les coefficients de régression de ce modèle (tableau 4) indiquent que chaque carpe déversée ajoute 2 g/ha/jour (coefficient 0,002) par rapport à la valeur d'interception du rendement journalier total. Le poids d'empoissonnement des carpes affecte positivement le rendement journalier total et l'augmente de 40 g/ha/jour par gramme de son poids d'empoissonnement. Le poids d'empoissonnement du tilapia et de la carpe argentée affecte négativement le rendement journalier total, le réduisant respectivement de 158 et 82 g/ha/jour par gramme de leur

Tableau 4

Deuxième modèle du rendement total dans des étangs fumés. Coefficients de régression (kg/ha/jour), ns = non significatif, réf = niveau de référence.

REGRESSION				
Paramètre		Coefficient Estimation	Pr > |T|	Stud. Error Estimation
Interception		9.1	0.0008	2.7
Densité des carpes		0.002	0.0001	0.0005
Poids total des carpes		0.040	0.0331	0.018
Poids total des tilapias		-0.158	0.0001	0.040
Poids total des carpes argentées		-0.082	0.0012	0.025
TYPE DE FUMIER				
porc		-4.4	0.0025	1.4
canard		-17.3	0.0001	1.6
poulet		0.0	. réf	.
TAUX DE FUMURE (kg/ha/jour)				
0- 35		9.5	0.0135	3.8
35- 70		4.9	0.1663 ns	3.5
70-105		18.1	0.0001	3.0
105-140		11.9	0.0001	2.7
140-210		0.0	. réf	.
Taux de fumure (kg/ha/jour)	Densité poisson (poissons/ha)			
0 - 35	3 500 - 7 000	-8.9	0.0162	3.6
0 - 35	7 000 - 10 000	-13.8	0.0239	6.0
0 - 35	15 000 - 20 000	-10.1	0.0032	3.4
0 - 35	20 000 - 46 000	0.0	. réf	.
35 - 70	7 000 - 10 000	4.2	0.1666 ns	3.0
35 - 70	15 000 - 20 000	3.1	0.3059 ns	3.0
35 - 70	20 000 - 46 000	0.0	. réf	.
70 - 105	7 000 - 10 000	-5.3	0.0128	2.1
70 - 105	10 000 - 15 000	-5.0	0.0511	2.5
70 - 105	15 000 - 20 000	-1.6	0.4666 ns	2.2
70 - 105	20 000 - 46 000	0.0	. réf	.
105 - 140	7 000 - 10 000	5.3	0.0055	1.9
105 - 140	10 000 - 15 000	-4.4	0.4163 ns	5.4
105 - 140	15 000 - 20 000	0.0	. réf	.
140 - 210	15 000 - 20 000	0.0	. réf	.

poids d'empoissonnement. La corrélation négative entre le rendement du tilapia et sa densité d'empoissonnement avait déjà été rapportée pour ces données relatives aux Philippines (MILSTEIN & PREIN 1993). Les densités de ces espèces n'ont pas eu d'effet significatif dans aucune des modélisations. Dans le cas du tilapia, ce phénomène peut être dû à sa corrélation avec la densité totale (dans cet ensemble de données, le tilapia constituait 50-85 % des polycultures), et dans le cas de la carpe argentée, à sa faible densité (laquelle n'excède pas 10 % dans les données israéliennes et est absente dans la polyculture philippine).

Les variables catégoriques présentent des résultats similaires à ceux du premier modèle. Les principales différences se situent au niveau de l'effet croisé du taux de fumure et de la densité des poissons. Les deux modèles présentent les mêmes schémas pour les taux de fumure de 35-70 et 70-105 kg/ha/jour. Dans le modèle amélioré, les effets de la densité des poissons sont observés pour les catégories de taux de fumure de 0-35 et 105-140. En ce qui concerne le taux de fumure le plus bas, l'augmentation des densités produit des rendements supérieurs, tandis que pour le taux le plus haut, on observe un déficit nutritionnel lorsque la densité des poissons dépasse 10 000 poissons/ha.

Bien que ce modèle s'ajuste mieux aux données que le premier, il subsiste presque 30 % de variabilité due à des sources non identifiées. Seules deux combinaisons de polycultures sont bien représentées dans les ensembles de données disponibles, tandis que ceux-ci ne contiennent que quelques observations sur les étangs qui ont reçu du fumier de vache ou des taux de fumure très élevés ainsi que sur les étangs présentant des densités très hautes ou très basses; les données ne sont pas complètes et reflètent des situations expérimentales qui pourraient ne pas être similaires à des conditions réelles d'exploitation. Pour obtenir un modèle général et plus approprié des rendements en poissons des étangs fumés, il faudrait un ensemble de données plus large contenant des données provenant du plus grand nombre possible de polycultures et de combinaisons pisciculture-élevage. L'ensemble de données devrait comporter des variables liées à chaque espèce de poissons, au bétail, à la qualité de l'eau, au fonctionnement du système intégré, ainsi que des paramètres socio-économiques. C'est une approche de ce genre qu'ont adoptée MILSTEIN *et al.* (1993) dans leur analyse du système de pisciculture commerciale israélien et qui leur a permis de générer une série de recommandations pratiques en vue d'améliorer les rendements en poissons et le profit.

Une fertilisation organique peut-elle suffire pour intensifier les systèmes de production piscicole intégrée ?

Comme c'est souvent le cas, ce genre de question recevra une réponse différente selon les objectifs du système de culture (subsistance ou production commerciale), le niveau de départ et le niveau d'intensification désiré, le type d'engrais organique disponible et les caractéristiques socio-économiques de chaque cas spécifique étudié. Les modèles présentés ci-dessus peuvent contribuer à obtenir une première estimation des rendements journaliers réalisables au départ d'un nombre limité de variables connues.

Dans les systèmes intégrés de subsistance à petite échelle, le fumier de bétail déposé à proximité ou jeté dans l' étang peut suffire à intensifier la production de manière à ce qu'elle dépasse le minimum indispensable à une famille. C'est ainsi qu'en Thaïlande, les rendements moyens en poissons d'un système intégré poisson-canard ont augmenté lorsque le nombre de canards est passé de 10 à 30 par étang de 200 m^2 (AIT, 1986). Le rendement extrapolé avec 30 canards a été similaire aux observations effectuées dans les exploitations possédant 30 canards, où l'on a obtenu 110-290 kg/étang/an (soit 16-40 kg/ha/jour). Un rendement de 180 kg/étang/an suffit pour fournir les protéines animales nécessaires à une famille de 5 personnes, si l'on suppose qu'un tiers des protéines nécessaires sont d'origine animale (EDWARDS *et al.* 1983).

Les systèmes intégrés commerciaux à grande échelle pratiquent actuellement l'addition d'aliments afin d'augmenter la production de poisson. En Chine, où la polyculture comprend surtout des espèces herbivores et des espèces filtrantes, on observe une tendance à augmenter la proportion d'espèces herbivores et à diminuer les espèces filtrantes tout en augmentant fortement la quantité de granulés alimentaires et en diminuant celle de fumier et d'herbe. Cette pratique a augmenté l'efficacité de la conversion biologique de l'énergie et la production nette de poissons (LI 1987). En Israël, où la polyculture comprend surtout des poissons démersaux, toutes les exploitations fournissent des granulés alimentaires dans une proportion d'environ 3 % de la biomasse piscicole par jour. Certaines exploitations ne recourent à la fumure qu'avant l'empoissonnement, afin d'accroître la fertilisation de l' étang, alors que d'autres pratiquent la fumure intensive. Un MLG de données relatives à des viviers israéliens indique que, dans ce système, le rendement journalier est dû pour 45 % aux granulés alimentaires et pour 2 % au

fumier tandis que la contribution du fumier est la plus haute lorsqu'il est appliqué à 100 kg/ha/jour (MILSTEIN *et al.* 1993).

RÉFÉRENCES

AIT (Asian Institute of Technology) 1986. Final report on buffalo/fish and duck/fish integrated systems for small-scale farmers at the family level. — AIT Research Report (Bangkok), 198, 138 pp.

EDWARDS, P. 1980. A review of recycling organic wastes into fish, with emphasis on the tropics. — *Aquaculture,* **21**: 261-279

EDWARDS, P., KAEWPAITOON, K., MEEWAN, A. HARNPRASITKAM A. & CHANTACHAENG C. 1983. A feasibility study of fish-duck integrated farming at the family level in Central and Northeast Thailand. — AIT Research Report (Bangkok), 163, 51 pp.

HOPKINS, K.D. & CRUZ, E.M. 1982. The ICLARM-CLSU integrated animal-fish farming project: final report. — ICLARM Technical Rep. **5**, 96 pp.

HULATA, G., MILSTEIN A. & GOLDMAN A. 1993. Multiple regression analysis of relationships between management inputs and fish yield or profit in fish polyculture experimental ponds. — *In:* PREIN M. , HULATA, G. & PAULY, D. (eds.). Multivariate methods in aquaculture research: case studies of tilapias in experimental and commercial systems. ICLARM Studies and Reviews, **20,** pp. 212-218.

LI, K. 1992. Rice-fish farming systems in China: past, present and future. — *In:* DELA CRUZ, C.R., LIGHTFOOT, C., COSTA-PIERCE, B.A., CARANGAL, V.R. & BIMBAO, M.P. (eds). Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. **24**, pp. 17-26.

LI, S. 1987. Energy structure and efficiency of a typical Chinese integrated fish farm. — *Aquaculture,* **65**: 105-118.

MILSTEIN, A., ALKON, A., AVNIMELECH, Y., KOCHBA, M., HULATA, G. & SCHROEDER, G. 1991. Effects of manuring rate on ecology and fish performance in polyculture ponds. — *Aquaculture,* **96**: 119-138

MILSTEIN, A., ALKON, A., KOCHBA, M., AVNIMELECH, Y. & KARPLUS I. (1995) Combined effects of fertilization rate, manuring and feed pellets application on fish performance and water quality in polyculture ponds. — *Aquaculture Research*, **26**: 52-59.

MILSTEIN, A., GOLDMAN, A., & HULATA, G. 1993. Multiple regression analysis of fish yield and profit in commercial fish farms in Israel. — *In:* PREIN M. , HULATA G. & PAULY D. (eds.). Multivariate methods in aquaculture research: case studies of tilapias in experimental and commercial systems. ICLARM Studies and Reviews, **20**, pp. 161-177.

MILSTEIN, A. & PREIN, M. 1993. Factor and canonical correlation analysis of Nile tilapia production in integrated livestock-fish culture in the Philippines. — *In:* PREIN, M., HULATA, G. & PAULY, D. (eds.). Multivariate methods in aquaculture research: case studies of tilapias in experimental and commercial systems. ICLARM Studies and Reviews, **20**, pp. 67-74.

MORIARTY, D.J.W. & PULLIN, R.S.V. (eds) 1987. Detritus and microbial ecology in aquaculture. — Proc. Conference on Detrital systems for aquaculture, (Bellagio, Como, Italy, 1985). ICLARM Conf. Proc., **14**, 420 pp.

OLÁH, J. 1986. Carp production in manured ponds. — *In:* BILLARD, R. & MARCEL, J. (eds.), Aquaculture of Cyprinids. INRA, Paris, pp. 295-303.

PEKÁR, F. & OLÁH, J. 1990. Organic fertilization. — *In:* Proc. FAO-EIFAC Symp. Production enhancement in still water pond culture. Prague, 15-18 May 1990. BERKA, R. & HILGE, V. (eds.). Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, Vodnany, Czechoslovakia, pp. 116-122.

PREIN, M., HULATA, G. & PAULY, D. (eds.). 1993. Multivariate methods in aquaculture research: case studies of tilapias in experimental and commercial systems. — ICLARM Studies and Reviews **20**, 221 pp.

SAS 1987. SAS user's guide: statistics, Version 6 Edition. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC, 1030 pp.

VARADI, L. 1990. Integrated animal husbandry. — *In:* Proc. FAO-EIFAC Symp. Production enhancement in still water pond culture. Prague, 15-18 May 1990. BERKA, R. AND HILGE, V. (eds.). Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, Vodnany, Czechoslovakia, pp. 123-128.

WOHLFARTH, G.W. & HULATA, G. 1987. Use of manures in aquaculture. — *In:* MORIARTY, D.J.W. & PULLIN, R.S.V. (eds): Detritus and microbial ecology in aquaculture. ICLARM Conference Proceedings, **14**, pp. 353-367.

WOHLFARTH, G.W. & SCHROEDER, G.L. 1987. Use of manure in fish farming - a review. — *Agriculture Wastes,* **1**(4): 279-299.

ZHU, Y., YANG, Y., WAN, J., HUA, D. & MATHIAS, J.A. 1990. The effect of manure application rate and frequency upon fish yield in integrated fish farm ponds. — *Aquaculture,* **91**: 233-251.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer (Bruxelles)
pp. 591 - 618 (1995)

Original : Anglais

PREMIER REGARD SUR LA CONTRIBUTION POTENTIELLE DE LA PISCICULTURE EN EAU CHAUDE À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE EN AFRIQUE

PAR

James McDaid KAPETSKY*

RÉSUMÉ. — Bien que la production alimentaire augmente en Afrique, la population augmente également à un rythme tel que l'approvisionnement alimentaire par habitant diminue. Dans le secteur des pêches, tant intérieures que marines, il est fort probable que les captures n'augmenteront pas de manière significative leur contribution à l'offre de poisson en Afrique parce que de nombreuses ressources sont déjà surexploitées. La charge repose dès lors sur l'aquaculture, mais la production aquacole est actuellement encore très faible en Afrique. Le présent exposé recourt à un système d'information géographique pour identifier les pays offrant un potentiel de pisciculture en eau chaude et pour évaluer les étendues territoriales recelant des possibilités de développement de l'élevage de poissons d'eau chaude. Une étude de cas a été utilisée pour définir le rythme auquel la production de subsistance de poissons d'eau chaude pourrait être développée jusqu'à l'an 2000, si les activités de développement étaient accélérées dans les 40 pays offrant un potentiel d'élevage de poissons d'eau chaude. Le développement de la production de subsistance de poissons d'eau chaude à l'horizon 2000 est également envisagé en termes de nombres d'élevages piscicoles de subsistance, d'étangs et de vulgarisateurs requis. Le maintien d'un approvisionnement en poisson constant par habitant au niveau national est utilisé comme point de repère par rapport auquel la production de subsistance de poissons d'eau chaude est évaluée en 2000. Pour les pays qui vont au devant d'un déficit de l'approvisionnement en poisson par habitant en 2000, le nombre d'élevages piscicoles à caractère commercial et les superficies des étangs nécessaires pour pallier ce déficit sont estimés.

* Service des Ressources des Eaux intérieures et de l'Aquaculture, F.A.O., Via delle Terme di Caracalla, I-00100 Roma (Italia).

Introduction

Le problème de l'approvisionnement alimentaire en Afrique

Contrairement à ce que l'on croit généralement, l'Afrique subsaharienne a maintenu des taux de croissance de la production agricole comparables à ceux d'autres régions du monde. En fait, de 1981 à 1982, la production globale a progressé à un taux de 3% l'an, avec de légers reculs certaines années (fig. 1).

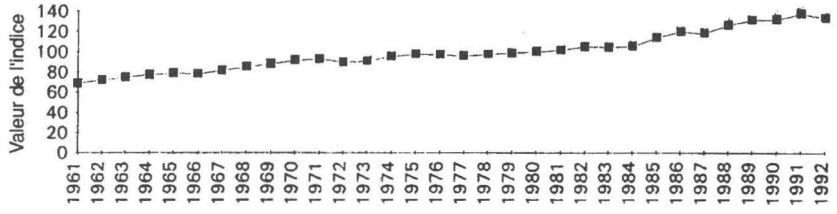


Fig. 1. — Indice de la production agricole des pays d'Afrique en développement (FAO, 1993a).

Le problème de la région a toujours été le taux de croissance démographique qui surclassé la croissance de la production. Par exemple, en 1992, l'agriculture a enregistré une progression marginale de 0,2% tandis que la production par habitant a régressé de 2,8% (FAO, 1993a).

Comparativement à une population de 643 millions d'habitants en 1990, la population d'Afrique devrait, selon les estimations, se chiffrer à 744 millions d'unités en 1995, 856 millions à fin du siècle et 1,116 milliard en 2010 (United nations 1993). La figure 2 illustre l'évolution de la croissance démographique par région.

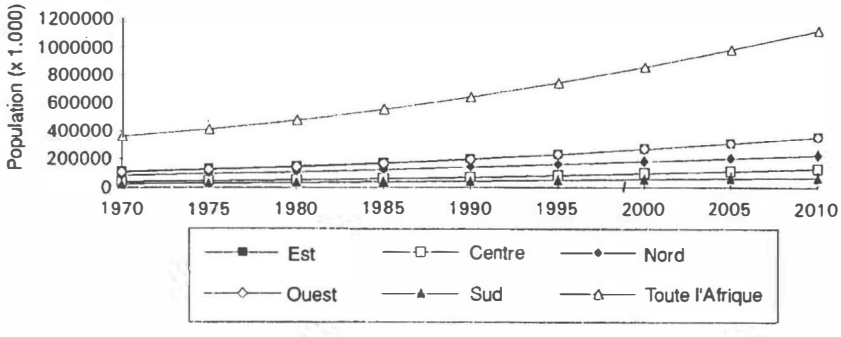


Fig. 2. — Population en Afrique par région et au total (1970 - 2010).

L'OFFRE DE POISSON DANS LE CONTEXTE DE L'APPROVISIONNEMENT ALIMENTAIRE

Comme dans le cas général de l'approvisionnement alimentaire, l'augmentation de la population nécessite un accroissement correspondant de l'offre de poisson, si la consommation actuelle de poisson par habitant se maintient ou augmente. L'offre totale de poisson en Afrique se chiffrait à quelque 5 millions de tonnes en 1988-90 (FAO, 1993b). Sur une base nationale, l'offre de poisson variait de 35,7 kg/habitant/an pour le Congo à 0,1 kg/habitant/an pour l'Éthiopie, avec une moyenne de 9,8 kg/habitant/an pour l'ensemble de l'Afrique (fig. 3).

Une comparaison des données de l'offre de poisson de 1988-90 avec les projections démographiques pour l'an 2000 révèle que l'offre globale de poisson devrait augmenter d'environ 38%, pour passer de 5 millions de tonnes à 6,9 millions de tonnes, afin de maintenir le niveau de l'offre par habitant de 1988-90. Par conséquent, il faudrait d'importantes croissances relatives pour de nombreux pays qui, à l'exception du Swaziland, vont de 50% pour l'Éthiopie à environ 24% pour la Tunisie (fig. 4).

Quelles sont les sources possibles de poisson qui permettraient d'assurer cette croissance? Les lieux de pêche intérieurs en Afrique sont peu susceptibles de contribuer de manière significative car les systèmes sous-exploités sont très rares et le volume des prises s'est stabilisé au cours de ces dernières années (FAO, 1993c) (fig. 5). Bien que le poisson de mer bon marché alimente certaines parties d'Afrique et qu'il concurrence actuellement le poisson d'élevage, il est peu probable que cette situation dure encore longtemps parce que de nombreuses ressources marines importantes sont surexploitées. Par conséquent, la contribution de la pêche marine à l'offre de poisson n'augmentera probablement pas de manière significative d'ici à l'an 2000.

C'est donc sur l'aquaculture que reposent tous les espoirs.

Le rendement aquacole en eau saumâtre en Afrique affiche une légère tendance à la baisse, alors que la production aquacole en eau douce est en augmentation, même si ces tendances sont fortement influencées par le Nigéria et l'Égypte, les principaux producteurs (fig. 6). Par rapport aux activités de pêche, l'aquaculture ne contribue actuellement que pour une infime partie à la sécurité alimentaire.

On estime que l'aquaculture recèle un important potentiel, mais quelle part de ce potentiel peut être concrétisée et à quel rythme? Ces questions essentielles pour la sécurité alimentaire doivent encore être abordées en profondeur.

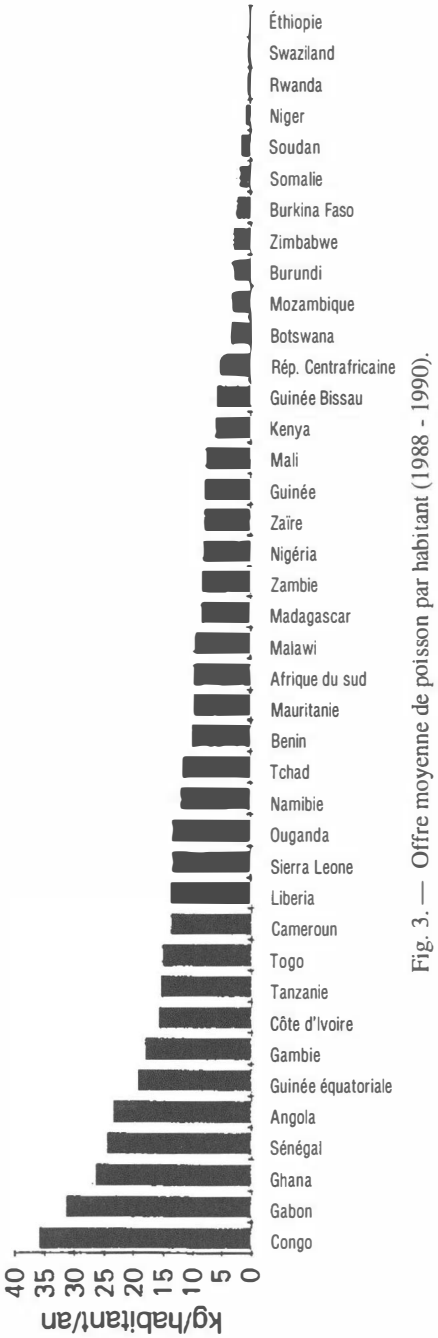


Fig. 3. — Offre moyenne de poisson par habitant (1988 - 1990).

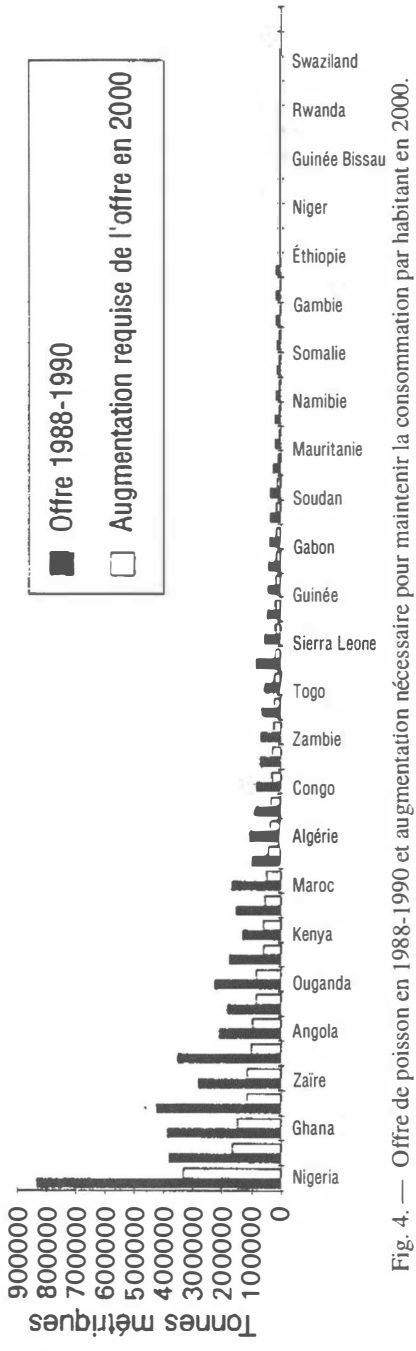


Fig. 4. — Offre de poisson en 1988-1990 et augmentation nécessaire pour maintenir la consommation par habitant en 2000.

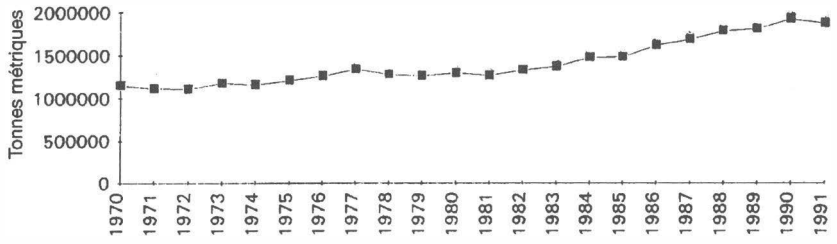


Fig. 5. — Production des lieux de pêche intérieurs africains.

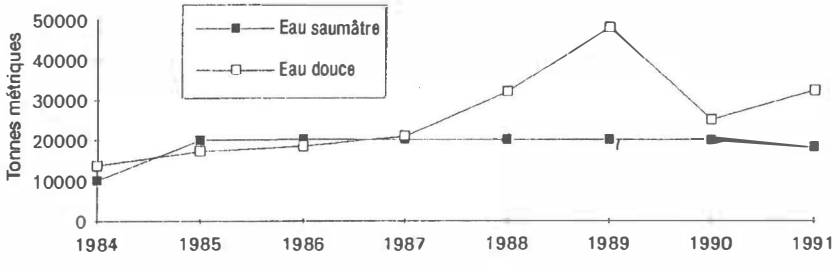


Fig. 6. — Production aquacole en eau saumâtre et en eau douce en Afrique.

OBJECTIFS

Le présent exposé poursuit un double objectif: (1) évaluer le montant de la production qui pourrait être réalisé par l'élevage de poissons d'eau chaude en étangs au niveau de subsistance d'ici à l'an 2000, si le développement était accéléré à un rythme comparable à celui obtenu dans le cadre d'un projet d' assistance au Rwanda; et (2) estimer l'étendue en surface et la production que l'élevage de poissons d'eau chaude en étangs au niveau commercial devrait atteindre de manière à ce que la pisciculture de subsistance et la pisciculture commerciale assurent un approvisionnement constant en poisson par habitant en 2000.

Méthodes

APERÇU

Un système d'information géographique (geographical information system, GIS) est utilisé pour identifier les zones et estimer les étendues territoriales adéquates à optimales se prêtant à l'élevage de poissons d'eau chaude en étangs en Afrique. Les surfaces et extensions des

surfaces sont estimées à l'intérieur des frontières nationales. Des données brutes et des données extraites de la littérature sont utilisées pour établir les caractéristiques de base de l'élevage de poissons d'eau chaude en étangs au niveau de subsistance. Les augmentations potentielles de la production annuelle sont extraites d'une étude de cas et sont élargies aux 40 pays offrant un potentiel d'élevage de poissons d'eau chaude. Les estimations de la production piscicole de subsistance, le nombre d'exploitations, d' étangs et de vulgarisateurs, la densité des exploitations piscicoles et la contribution de l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude à la consommation de poisson par habitant en sont ensuite dérivés. La production estimée de l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude en l'an 2000 est soustraite de l'approvisionnement en poisson requis pour assurer une consommation constante par habitant en 2000 afin de déduire les déficits restants de l'offre de poisson. Enfin, le nombre et la densité des exploitations piscicoles commerciales requises pour pallier les déficits à l'échelle nationale sont estimés.

Potentiel d'élevage de poissons d'eau chaude

Nous ne présentons ici qu'un bref résumé de l'étude du potentiel d'élevage de poissons d'eau chaude assistée par le GIS parce qu'elle a déjà été exposée par ailleurs (Kapetsky, sous presse) et qu'une version plus détaillée est en préparation (Kapetsky, en prép.).

En utilisant l'*Oreochromis niloticus* et le *Clarias gariepinus* comme modèles, trois régimes de température ont été spécifiés, qui correspondent à deux cultures/an avec une bonne croissance ($t \geq 26°C$ pendant 12 mois), deux cultures/an avec une croissance satisfaisante ($t \geq 22°C$ pendant 12 mois), et une culture/an avec une croissance satisfaisante à bonne, cette dernière garantissant un hivernage sans précautions particulières ($t \geq 22°C$ pendant 8 mois consécutifs) et ($t \geq 14°C$ pendant 4 mois). De concert avec chaque régime de température, le potentiel piscicole de subsistance a été évalué sur la base de la disponibilité d'eau de surface pour le stockage en étangs, l'adéquation de la topographie et de la texture du sol pour la construction des étangs, la disponibilité et la diversité de sous-produits agricoles comme intrants, et le potentiel du marché local. Pour l'élevage commercial, deux autres critères ont été ajoutés: les cours d'eau et les rivières permanentes comme sources indépendantes ou complémentaires d'eau et l'accès à des routes pavées et carrossables. Des seuils ont été établis pour chaque critère, correspondant à des conditions

"optimales", "adéquates" et "marginales". Un système d'information géographique (GIS) a été utilisé pour évaluer les critères sur 10 grilles (de 18 km x 18 km) et par entités nationales.

Rythmes indicatifs de développement de la pisciculture - Étude de cas au Rwanda

Cet exemple de développement de la pisciculture rurale au Rwanda est basé sur le travail de Nathanael & Moehl (1989), complété par Moehl (comm. pers.) et Hatch & Hanson (s.d.) citant Nyirahablmana (1990).

Le projet a été mis en œuvre en 1983 et s'est concentré sur les pisciculteurs existants. En fait, le projet couvrait les exploitants pratiquant aussi la pisciculture dont deux tiers des étangs étaient exploités collectivement. Les étangs creusés à la main, d'une superficie d'environ 0,04 ha, affichaient avant le projet des rendements de l'ordre de 300 à 500 kg/ha/an.

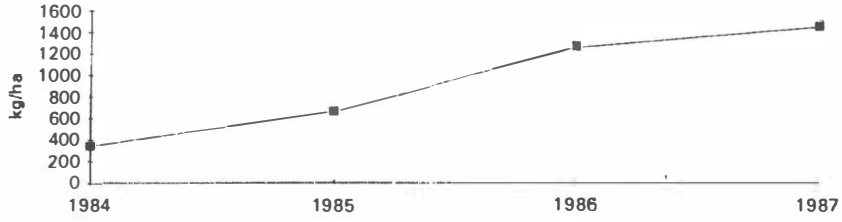


Fig. 7. — Rendements annuels (kg/ha) des exploitations piscicoles couvertes par le projet au Rwanda

Parmi les réalisations du projet, on a noté une multiplication par 4,5 du rendement moyen, soit 1450 kg/ha/an, de 1983 à 1986 (fig. 7). Vu le succès du projet, 661 nouveaux étangs ont été construits, ce qui représente une augmentation de 1,7 par rapport aux 1061 étangs qui ont été rénovés. La production dans la zone couverte par le projet est passée d'environ 1 t en 1984 à 33,7 t en 1989 (fig. 8).

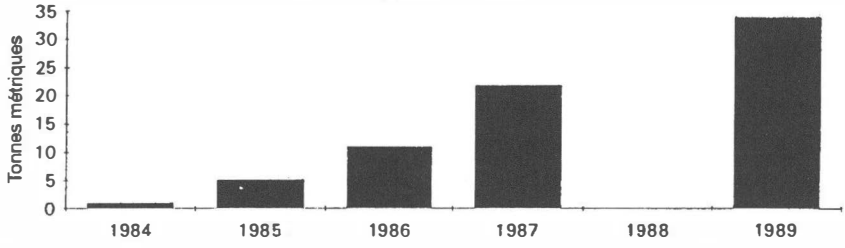


Fig. 8. — Production d'exploitations piscicoles couvertes par le projet au Rwanda.

Le succès obtenu peut être attribué à un service de vulgarisation redynamisé qui a été dispensé conjointement avec un programme de gestion d'étangs spécifiquement taillé sur mesure. Il comprenait une race de *O. niloticus* adaptée au froid, une gestion de l'eau pour maintenir des températures élevées, un fumage et un compostage. Les poissons atteignaient une taille commercialisable de 120 g en 7 à 9 mois. Bien que les auteurs n'en fassent pas mention, il semble que le fait que les étangs étaient déjà nombreux et que, par conséquent, les poissons intervenaient déjà dans l'alimentation et aussi que les avantages potentiels de la pisciculture étaient déjà compris a favorisé l'expansion rapide de la pisciculture.

Les services de vulgarisation n'étaient pas dispensés suivant les frontières administratives, mais étaient basés sur les emplacements des étangs, parce que les exploitants exigeaient un contact étroit et régulier avec les vulgarisateurs. Au départ, les visites se déroulaient une fois par semaine, mais après les premières récoltes, elles se sont réduites à deux par mois. En raison du terrain, chaque vulgarisateur pouvait visiter 35 à 40 étangs par semaine, avec un maximum de 50/semaine. Trois aleviniers fournissaient les alevins, dont 600 000 ont été distribués à un prix subventionné de 1984 à 1987.

Caractéristiques de la pisciculture de subsistance en Afrique

Afin d'étendre les estimations du potentiel de production de l'élevage de poissons d'eau chaude du Rwanda à d'autres pays, il est nécessaire de disposer d'informations de base pour caractériser la pisciculture, dont les superficies des étangs et le nombre d'étangs/exploitation. Ceux-ci ont été calculés sur la base de données de recensement des exploitations piscicoles recueillies par district pour le Ghana (n = 60 districts) (données collectées par l'auteur), le Kenya (n = 5) (Campbell, comm. pers.), la Zambie (n = 17) (Haight, comm. pers.), le Zimbabwe (n = 25) (Nugent, comm. pers.) et le Malawi (n = 15) (Brooks, comm. pers.). Au total, le recensement portait sur 8.382 exploitations piscicoles.

Extension des résultats de l'étude de cas aux estimations continentales

Croissance de la production piscicole

Les données de la production piscicole recueillies pendant 5 ans dans des exploitations assistées par le projet (fig. 8) ont été utilisées

comme indicateurs de la croissance qui peut être obtenue lorsque le développement de la pisciculture de subsistance est accéléré. Les hypothèses sont que: (a) les augmentations de production réalisées au Rwanda peuvent être obtenues ailleurs; (b) une croissance à ce rythme est possible dans les dernières années de ce siècle, à partir de 1996 jusqu'au-delà de l'an 2000; et (c) la moyenne des dernières données de production en eau douce, 1989-1991, est révélatrice de la situation qui prévaudra au début de cette période.

Les augmentations de la production annuelle combinaient tant celles dues aux améliorations des méthodes d'exploitation que celles dues à l'établissement de nouveaux étangs dans la zone du projet au Rwanda. La production annuelle a progressé comme suit: 1 t, 5,1 t, 10,9 t, 21,7 tm et 26,8 t. Les ratios correspondants des augmentations de la production annuelle étaient: 5,1, 2,1, 2,0 et 1,2. La production de la cinquième année a été estimée sur la base d'une régression linéaire des prises de l'année, pour les années 1-4 et 6.

Les augmentations de la production annuelle au Rwanda ont été appliquées à la moyenne des dernières données recueillies les trois dernières années concernant la production piscicole en eau douce des 40 pays offrant un potentiel d'élevage de poissons d'eau chaude à un niveau de subsistance (tableau 1). Pour les pays ne faisant pas état de la production piscicole, on a supposé une production nominale de 1 t.

Performances de rendement par hectare

Les performances potentielles du rendement piscicole en 2000 pour chacun des trois régimes de température d'élevage de poissons d'eau chaude ont été estimées à l'hectare, à l'aide des données de performances de la dernière année au Rwanda (fig. 7).

L'analyse GIS révèle qu'il n'existe, pour le Rwanda, que deux régimes d'élevage de poissons d'eau chaude: une récolte/an avec une croissance satisfaisante à bonne (1r-csb) et deux récoltes/an avec une croissance satisfaisante (2r-cs). Ceci correspond aux descriptions du nombre de récoltes par an et des régimes de températures faites par NATHANAEL & MOEHL (1989). Le tableau suivant résume les calculs et les hypothèses utilisés pour ventiler le rendement parmi les trois régimes de températures de l'élevage de poissons d'eau chaude:

Croissance/Régime de Température	1 récolte/an croissance satis-faisante à bonne	2 récoltes/an croissance satisfaisante	2 récoltes/an croissance bonne
Durée (mois)	8	12	12
Croissance relative obtenue	0,85	0,7	1
Rendement relatif obtenu	0,57	0,7	1

Deux des trois régimes de température présentent des cycles de croissance de 12 mois tandis que le troisième présente un cycle de 8 mois. L'hypothèse est que 70% de la croissance qui peut être atteinte dans le régime de température 2 récoltes/an, croissance bonne (2r-cb) - le régime de croissance optimal - sont réalisables dans le régime deux récoltes/an-croissance satisfaisante (2r-cs), régime suboptimal pour la croissance. Par conséquent, étant donné que le régime 1 culture/an affiche une croissance satisfaisante à bonne durant la période de croissance de 8 mois, ses performances de croissance "moyennes" constituent la moyenne des régimes 2r-cs et 2r-cb: (1+0,7)/2) = 0,85. Le rendement dépend tant de la durée de la période de croissance que de la température durant cette saison. Donc, 0,85 x 0,7 = 0,57 est le rendement relatif obtenu dans le régime de température 1r-csb.

Le rendement moyen de la dernière année était de 1450 kg/ha. Donc, 1450 kg/ha est la moyenne des zones 1r-csb et 2r-cb, soit, dans le ratio, 0,7/0,57 (tableau ci-dessus) ou, 1/0,81. Par conséquent, le rendement moyen = (1 + 0,81)/2 = 0,91 = 1450/ha, le rendement pour le régime 2r-cs est 1450/0,91 = 1599 et celui pour le régime 1r-csb = 1599 x 0,81 = 1301. Enfin, le rendement pour le régime 2r-cb est 1599/0,7 = 2284 kg/ha.

Production par régime de température en 2000

L'analyse GIS fournit les étendues territoriales de chaque pays se prêtant à l'élevage de poissons d'eau chaude selon chacun des trois régimes de température. Les estimations de production pour l'an 2000 ont été attribuées à chaque régime de température en supposant que la production nationale totale proviendrait de chaque régime de température au prorata de sa superficie.

Après avoir estimé la production totale de chaque régime de température et connaissant le rendement par hectare, il est possible d'en

Tableau 1
Production piscicole en eau douce, 1989 - 1991 (tonnes métriques)

	1989	1990	1991	Moyenne 1989-91
Nigéria	24 369	6 621	13 125	14 705
Afrique du sud	1 499	1 500	1 500	1 500
Zambie	1 070	1 110	1 120	1 100
Kenya	922	1 009	1 009	980
Zaïre	760	700	700	720
Ghana	430	450	450	443
Tanzanie	375	375	300	350
Côte d'Ivoire	168	151	427	249
Congo	243	240	243	242
Madagascar	230	240	230	233
Malawi	211	191	220	207
Soudan	100	234	203	179
Cameroun	160	168	170	166
Zimbabwe	150	160	140	150
Niger	120	167	30	106
Rép. Centrafricaine	82	105	105	97
Rwanda	44	164	58	89
Benin	84	84	75	81
Ouganda	35	35	40	37
Burundi	25	30	50	35
Éthiopie	33	36	36	35
Mozambique	24	30	30	28
Sierra Leone	20	20	20	20
Swaziland	20	20	20	20
Mali	13	13	31	19
Togo	5	14	14	11
Sénégal	8	5	10	8
Burkina Faso	6	6	6	6
Gabon	2	2	3	2
Angola	0	0	0	1
Botswana	0	0	0	1
Tchad	0	0	0	1
Guinée équatoriale	0	0	0	1
Gambie	0	0	0	1
Guinée	1	1	1	1
Guinée Bissau	0	0	0	1
Liberia	4	0	0	1
Mauritanie	0	0	0	1
Namibie	0	0	0	1
Somalie	0	0	0	1
Totaux	**31 213**	**13 881**	**20 366**	**21 820**

extraire les estimations des surfaces d'étangs, le nombre d'étangs, d'exploitations et de vulgarisateurs nécessaires pour assurer la production projetée pour l'an 2000

Contribution de l'élevage commercial de poissons d'eau chaude

La production de l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude en 2000 a été soustraite de l'approvisionnement en poissons requis pour assurer une consommation stable par habitant en 2000. Les déficits résultants à l'échelle nationale sont devenus les objectifs de production fixés pour la pisciculture commerciale.

Le rendement potentiel de la pisciculture commerciale par hectare a été estimé par Hatch & Hanson (s.d.). Le "nourrissage intensif" a été choisi comme modèle pour la pisciculture commerciale. Ceci suppose une alimentation de haute qualité, mais pas nécessairement complète sur le plan nutritionnel, utilisée pour compléter les aliments naturels. Des aliments sont nécessaires dans des quantités maximales possibles sans aération. La gamme des rendements fournis pour ce modèle va de 2500 à 10 000 kg/ha/an. La moyenne est de 6250 kg/ha/an, arrondis ici à 6000 kg/ha/an. A partir de cette moyenne, le rendement par hectare de chacun des trois régimes de température de l'élevage commercial de poissons d'eau chaude a été calculé comme pour l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude. Les résultats GIS ont fourni les superficies de chaque régime de température d'élevage commercial de poissons d'eau chaude dans chaque pays. A partir de ces superficies et des estimations du rendement par hectare, le nombre d'hectares d'étangs à caractère commercial a été calculé. Pour plus de facilité, on a supposé que chaque exploitation commerciale possédait une superficie en étang de 1 ha.

Résultats

Élevage de poissons d'eau chaude

La répartition spatiale du potentiel de la pisciculture de subsistance et commerciale respectivement sous les trois régimes récolte-croissance a pu être illustrée en cartes; les autres critères analysés selon chaque régime de récolte-croissance allaient de 'adéquat' à 'optimum'. Les résultats sont résumés aux tableaux 2 et 3.

Tableau 2
Synthèse du potentiel piscicole de subsistance.

Récolte/Régime de croissance	Pays	% d'Afrique	Superficie (millions de km²)
2 récoltes - croissance bonne	33	17%	5,1
2 récoltes - croiss. satisfaisante	23	8%	2,3
1 récolte - hivernage	20	6%	1,8
Totaux	**40**	**31%**	**9,2**

Tableau 3
Synthèse du potentiel piscicole commercial.

Récolte/Régime de croissance	Pays	% d'Afrique	Superficie (millions de km²)
2 récoltes - croissance bonne	33	8%	2,3
2 récoltes - croiss. satisfaisante	23	3%	0,9
1 récolte - hivernage	19	2%	0,7
Totaux	**40**	**13%**	**3,9**

Vingt-trois pays possèdent des superficies allant de 100 000 km² à 1,5 million de km² englobant des territoires adéquats à optimum pour la pisciculture de subsistance (fig. 9) et on relève 14 pays dans la même catégorie pour la pisciculture commerciale (fig. 10). Bien que les surfaces absolues offrant un potentiel piscicole puissent être petites, elles représentent pour certains pays une grande partie du territoire national. On dénombre 23 pays dont plus de la moitié de la surface couvre des territoires propices à la pisciculture de subsistance et 7 autres pays dont plus d'un quart de la surface s'y prête également (fig. 11). Les résultats correspondants de la pisciculture commerciale sont 4 et 16, respectivement (fig. 12).

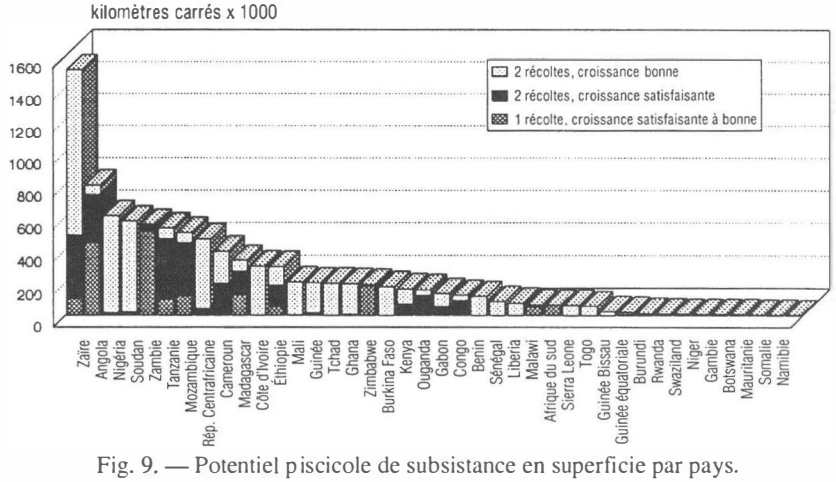


Fig. 9. — Potentiel piscicole de subsistance en superficie par pays.

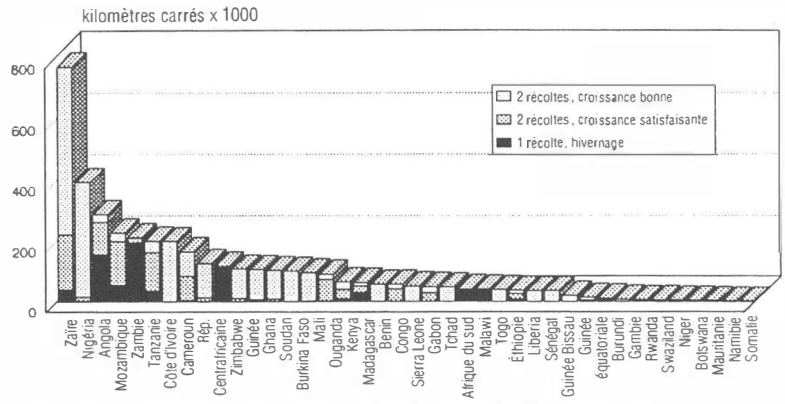


Fig. 10. — Potentiel piscicole commercial en superficie par pays.

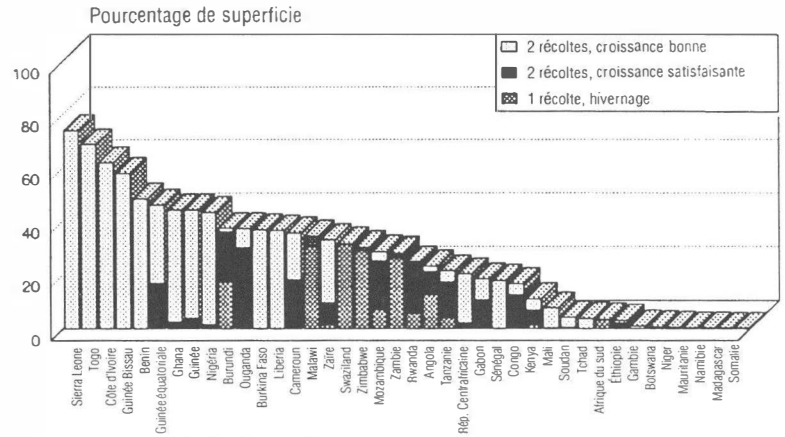


Fig. 11. — Potentiel piscicole de subsistance en pourcentage de superficie par pays.

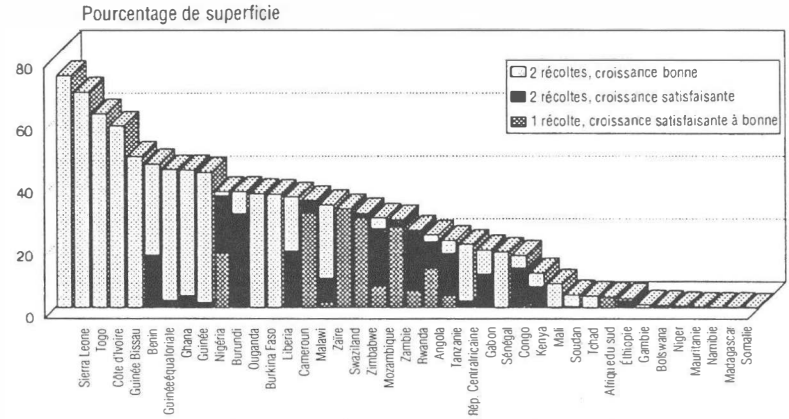


Fig. 12. — Potentiel piscicole commercial en pourcentage de superficie par pays.

CARACTÉRISTIQUES DES ÉTANGS DE PISCICULTURE DE SUBSISTANCE

Les données du Ghana, du Kenya, du Malawi, de Zambie et du Zimbabwe fournissent une superficie en étangs médiane de 0,022 ha (fig. 13) et un nombre médian d'étangs par exploitation piscicole de 1,67 (fig. 14). Des médianes ont été utilisées à la place de moyennes parce que les données des exploitations commerciales étaient inséparables des exploitations de subsistance.

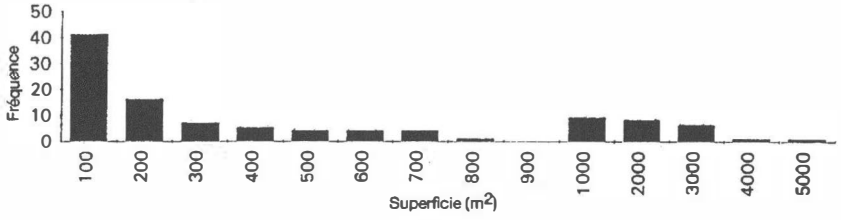


Fig. 13. — Superficie des étangs dans 122 districts au Ghana, au Kenya, au Malawi, en Zambie et au Zimbabwe.

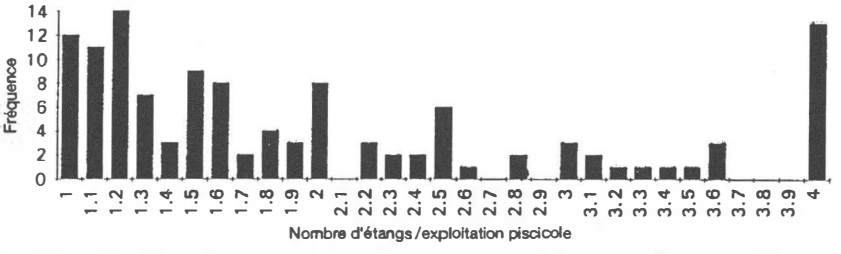


Fig. 14. — Nombre d'étangs par exploitation piscicole au Ghana, au Kenya, au Malawi, en Zambie et au Zimbabwe (données de 122 districts).

CONTRIBUTION DE L'ÉLEVAGE DE SUBSISTANCE DE POISSONS D'EAU CHAUDE À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

L'application du taux de production piscicole obtenu au Rwanda aux 40 pays pratiquant l'élevage de poissons d'eau chaude génère une production totale de 583 000 t métriques en 2000. Ceci représente 35% de l'augmentation de quelque 1,66 million de tonnes nécessaire pour maintenir un approvisionnement constant par habitant. Cinq pays, le Swaziland, le Rwanda, le Niger, la Zambie et le Nigéria, produisent plus que l'augmentation requise via la pisciculture de subsistance tandis que le Cameroun atteint pratiquement l'approvisionnement requis (fig. 15).

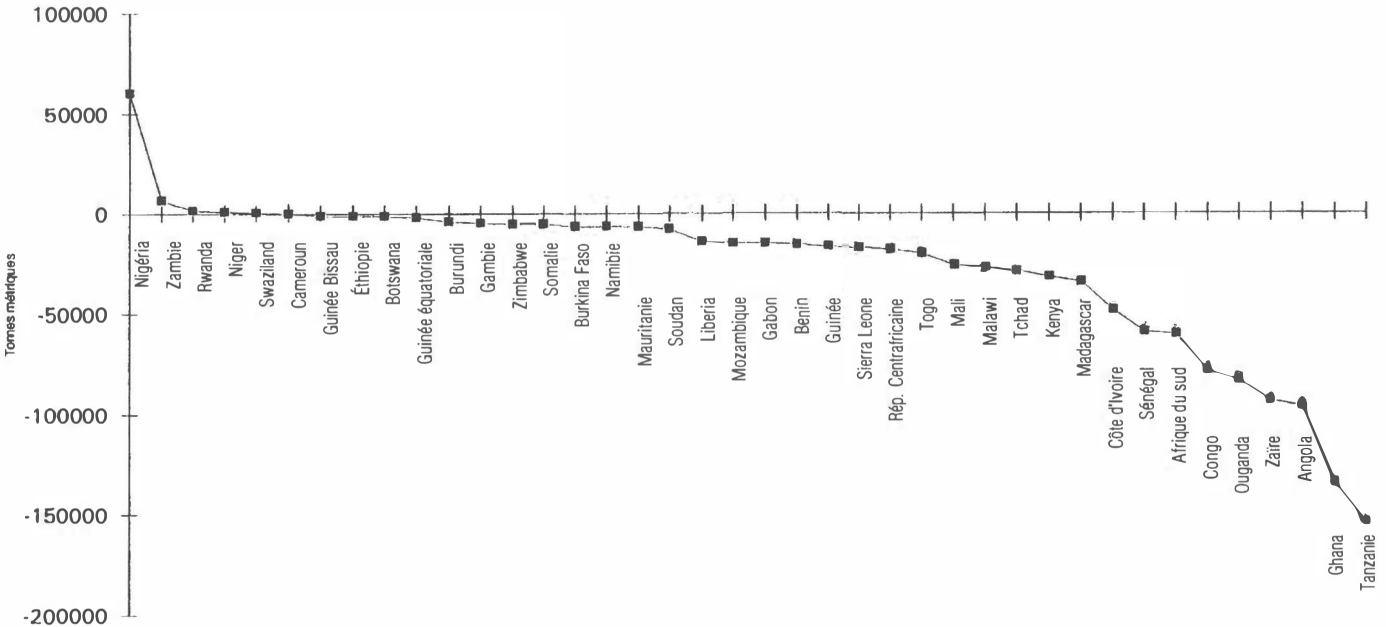


Fig. 15. — Excédents et déficits de la pisciculture de subsistance en 2000.

Douze autres pays produisent suffisamment de poissons via l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude pour satisfaire de 12 à 45% de l'approvisionnement requis. La contribution de l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude au volume requis est inférieure à 10% dans 22 autres pays. La Tanzanie et le Ghana affichent d'importants déficits de l'approvisionnement de poissons - plus de 100 000 tonnes - tandis que 6 autres pays présentent des déficits de plus de 50 000 tonnes. On relève des déficits relativement modestes - moins de 10 000 tonnes - dans 13 pays (fig. 15). La contribution de la pisciculture de subsistance à l'approvisionnement de poisson par habitant s'élève à moins de 1 kg dans 37 pays et ne dépasse 1 kg qu'en Zambie, au Nigéria et au Cameroun.

Caractéristiques de l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude en 2000

Globalement, près de 0,3 million d'hectares de surface d'étangs sont nécessaires pour produire 583 000 t métriques, soit 13,2 millions d'étangs sur 7,9 millions d'exploitations piscicoles de subsistance (fig. 16). Ceci équivaut à plus d'une exploitation piscicole de subsistance/km^2 de terrain propice à l'élevage de poissons d'eau chaude dans 9 des 40 pays et la densité maximum est de 13 exploitations piscicoles de subsistance/km^2 (fig. 17). Les densités de surface d'étangs correspondantes vont de 0,5 ha/km^2 et sont supérieures à 0,1 ha/km^2 dans 3 autres pays. Ceci reviendrait à transformer 0,5% du territoire en étangs. L'affectation du territoire aux exploitations piscicoles de subsistance ne semble pas excessive.

Une indication de l'ampleur des efforts requis pour atteindre la sécurité alimentaire de l'approvisionnement de poissons via la pisciculture est la proportion de la population qui devrait être affectée à cette activité. Cette proportion va de plus de 5% en Zambie à plus de 1% de la population totale dans cinq autres pays. (fig. 18). Un autre indicateur de l'ampleur du développement requis est le volume d'assistance technique de base nécessaire. A raison de 50 exploitations piscicoles de subsistance par vulgarisateur (proportion de la zone du projet au Rwanda), il faudrait environ 146 000 vulgarisateurs pour assurer le suivi de l'accroissement de la production en 2000.



Fig. 16. — Exploitations piscicoles de subsistance en 2000.

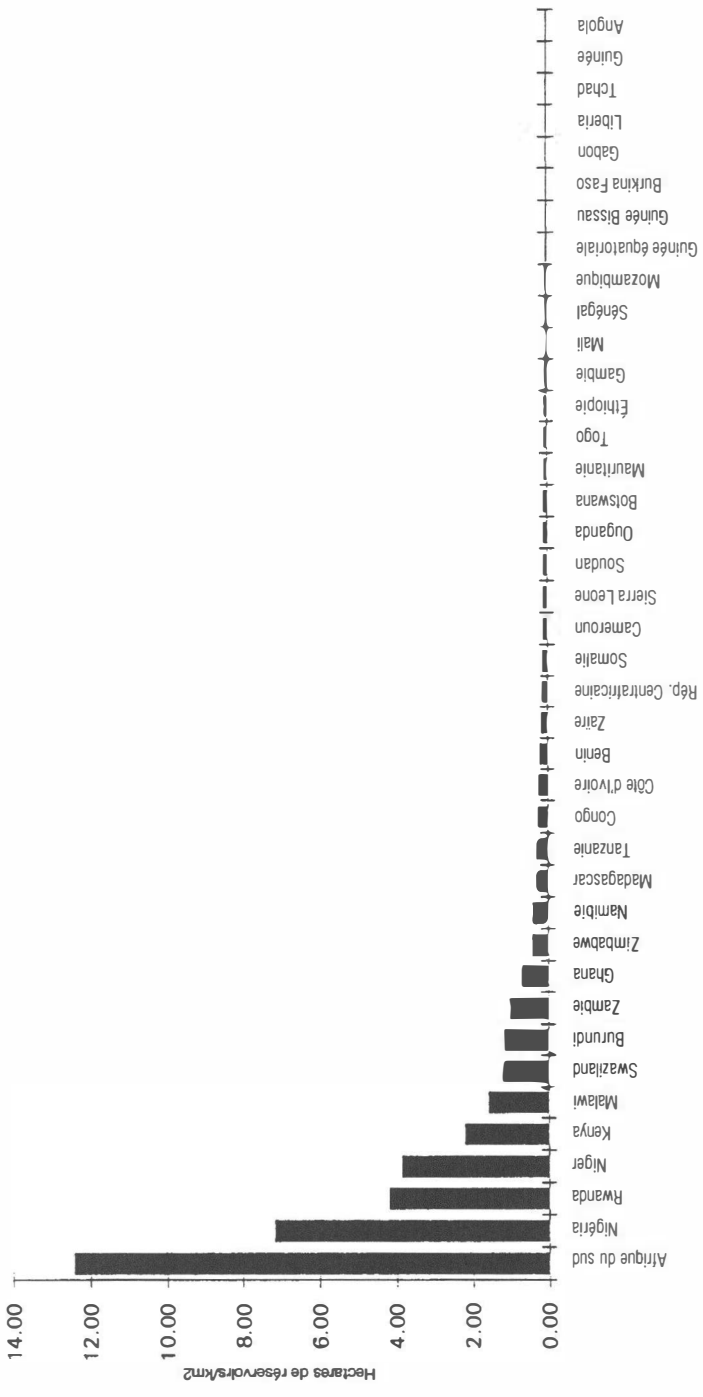


Fig. 17. — Densité des étangs de pisciculture de subsistance en 2000

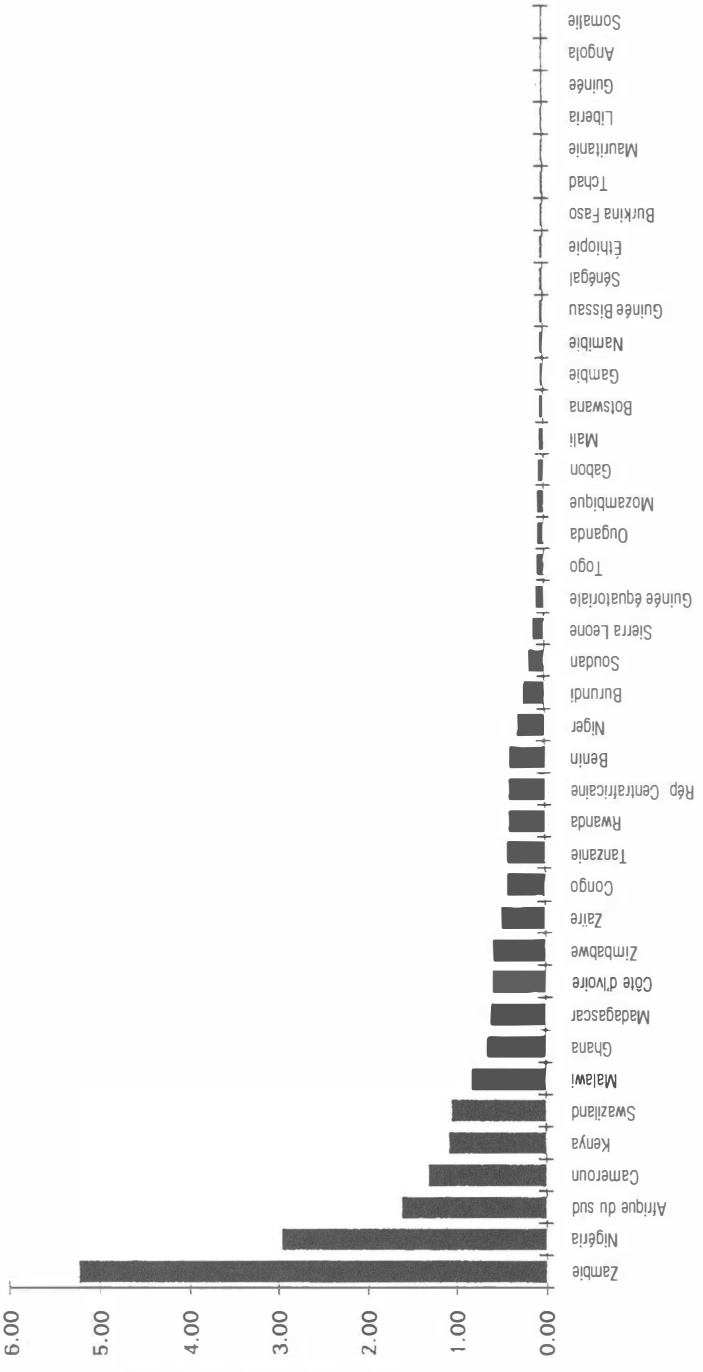


Fig. 18. — Pisciculteurs de subsistance en 2000 en pourcentage de la population.

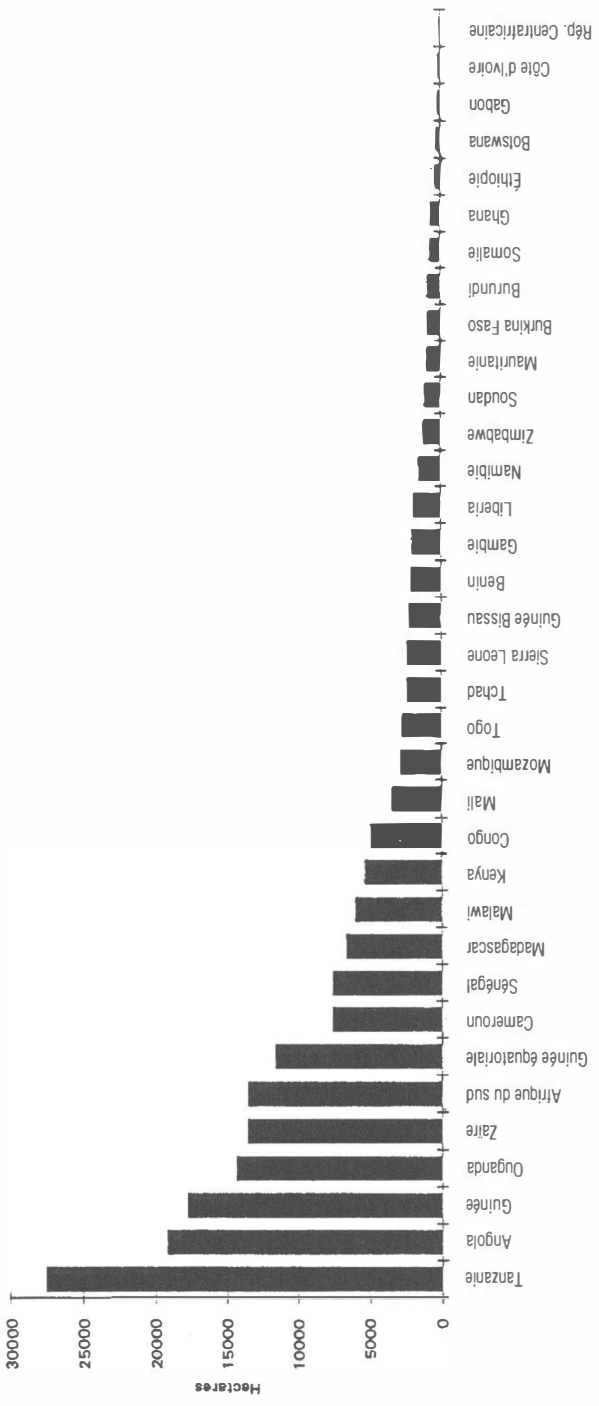


Fig. 19. — Superficies d'étangs à caractère commercial nécessaires pour pallier le déficit de l'offre de poissons en 2000.



Fig. 20. — Densité des étangs de pisciculture commerciale en 2000.

CONTRIBUTION DE L'ÉLEVAGE COMMERCIAL DE POISSONS D'EAU CHAUDE À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Le déficit de l'approvisionnement de poissons en 2000 non couvert par la pisciculture de subsistance s'élève à environ 1,08 million de tonnes. Ainsi que l'a établi l'analyse GIS, ce tonnage pourrait provenir de 3,6 millions de km² couvrant des territoires propices à l'élevage commercial de poissons d'eau chaude dans 40 pays (tableau 3). Avec des rendements estimés de 4,5, 5,6 et 7,9 t/ha/an sous des régimes de température 1r-csb, 2r-cs et 2r-cb, environ 184 000 ha de surface d'étangs commerciaux seraient nécessaires pour combler les déficits. En supposant que chaque exploitation piscicole commerciale présente une surface d'étang de 1 ha, 184 000 exploitations seraient requises. Pour les pays présentant un déficit important, comme la Tanzanie, la surface des étangs commerciaux nécessaire serait de 27 000 ha tandis que six autres pays devraient posséder plus de 10 000 ha d'exploitations commerciales pour faire face aux besoins (fig. 19).

En termes d'utilisation de territoire pour la pisciculture commerciale, deux pays - la Namibie et la Somalie, auraient besoin de plus de 1 ha d'exploitation piscicole commerciale/km² de territoire propice à la pisciculture commerciale (fig. 20). Ceci est dû en grande partie au fait que ces deux pays présentent de très petites surfaces propices à la pisciculture commerciale en proportion de leur population et de leurs besoins d'approvisionnement en poisson. Il y a 11 autres pays qui auraient besoin de 0,1 à 0,9 ha d'étangs/km² pour combler leurs déficits tandis que les 22 pays restants requièrent moins de 0,1 ha/km² pour satisfaire leurs besoins.

Discussion

ÉLEVAGE DE POISSONS D'EAU CHAUDE

Etant donné la résolution spatiale utilisée dans le GIS, il s'agissait d'une évaluation stratégique. Les résultats sont donc plus indicatifs que définitifs. Les estimations de superficie doivent être interprétées comme contenant ou englobant un potentiel piscicole. Une grande partie du territoire peut être affectée à d'autres activités dont certaines engendrent des rendements supérieurs à ceux de la pisciculture. Quoi qu'il en soit, l'étude fournit, à l'échelle continentale, une perspective des territoires et

emplacements où le développement de l'élevage de subsistance et commercial de poissons d'eau chaude est susceptible de se heurter à un minimum d'obstacles physiques, techniques, au niveau des intrants, du marketing et de l'infrastructure. Les résultats peuvent dès lors être utilisés comme points de départ pour des études plus détaillées au niveau national ou sous-national ou pour des analyses comme la présente qui nécessitent de larges indications du potentiel piscicole en vue d'élaborer des stratégies.

A première vue, des superficies relativement modestes du continent africain semblent se prêter à l'élevage de poissons d'eau chaude, 31% au niveau de subsistance et 9% au niveau commercial. Néanmoins, certaines parties de 40 des 49 pays du continent sont comprises dans la zone d'élevage de poissons d'eau chaude. En termes absolus, les étendues territoriales offrant un potentiel 'adéquat' à 'optimum' sont vastes et des proportions relativement importantes du territoire national de nombreux pays se prêtent à l'élevage de poissons d'eau chaude. Le manque de surface propice ne semble donc pas être un obstacle au développement de l'élevage de poissons d'eau chaude.

Le rythme de développement de la pisciculture de subsistance qui fut atteint au Rwanda est-il réaliste pour les autres pays d'Afrique? Des données de production et de rendement comparables ne sont pas encore disponibles mais l'accroissement du nombre des exploitations piscicoles, des étangs et des surfaces d'étangs obtenu dans les régions du nord et du centre du Malawi (BROOKS, comm. pers.) suggère que des rythmes de développement similaires sont possibles ailleurs dans des zones assistées par un projet. Il est clair que des efforts substantiels devraient être consentis pour mettre en œuvre ce développement simultanément dans une grande partie de l'Afrique.

Eu égard aux rendements/ha annuels indicatifs du Rwanda et compte tenu des caractéristiques des dimensions des étangs des piscicultures de subsistance dans un certain nombre de pays, seul un petit excédent peut être utilisé pour répondre aux besoins alimentaires des exploitants non piscicoles, même dans le régime de température deux récoltes/croissance bonne. Par exemple, à 2285 kg/ha/an, 0,022 ha/étang et 1,67 étang/exploitation, seulement 84 kg de poisson/ exploitation/an sont produits. Si l'on se base sur 6 personnes par famille et sur une consommation moyenne par habitant pour toute l'Afrique de 9,7 kg/an, on obtient un excédent de 26 kg/an seulement. Dans le régime 1 récolte/croissance satisfaisante à bonne, il n'y a pas d'excédent

correspondant, mais plutôt des résultats déficitaires. Il est plus facile d'augmenter la taille de l'étang que d'obtenir des augmentations marginales de production par unité de surface. Ceci indique qu'il faudrait encourager les pisciculteurs à transformer de plus grandes surfaces en étangs et à améliorer la gestion de ces étangs pour obtenir des rendements supérieurs afin que chaque exploitation piscicole de subsistance réalise un excédent.

Il apparaît clairement que les pays qui ont déjà établi des exploitations piscicoles (ex. Nigéria, Afrique du Sud) tirent profit d'une gestion optimisée et, au vu du succès des exploitations existantes, ont tendance à encourager la construction de nouveaux étangs par d'autres exploitants, si une stabilité économique et politique est réalisée. Pour les pays qui viennent seulement de se lancer dans la production piscicole (sur les 40 pays possédant des territoires propices à l'élevage de poissons d'eau chaude, 11 ne font état d'aucune production de poisson d'eau douce), il faudra encore un certain temps avant qu'ils n'atteignent un rythme de croisière. Trois des cinq pays qui vont vers un excédent en l'an 2000 (Niger, Rwanda, Swaziland) devront celui-ci non pas au fait que la pisciculture de subsistance a réalisé d'importants bénéfices absolus, mais au fait que la consommation de poisson par habitant est peu élevée.

Une expansion de la pisciculture comparable à celle relevée au Rwanda ne semble pas grever le territoire à l'excès: la densité maximum de surface d'étang observée y est d'environ 0,5 ha par km^2 pour la pisciculture de subsistance. Mais la pisciculture commerciale exige davantage de surface, environ 2 ha/km^2 (soit 2% de la surface en étangs).

D'autres facteurs importants pour le développement de la pisciculture n'ont pas été abordés dans le présent exposé. Parmi ces facteurs, citons la stabilité économique et politique, l'évaluation des besoins humains de base, la disponibilité de savoir-faire technique, la concurrence du poisson avec d'autres denrées alimentaires sur le marché et les augmentations de l'approvisionnement de poisson liées à une meilleure gestion des activités de la pêche. En outre, il n'a pas été possible de faire des projections à court terme concernant les augmentations de production d'autres systèmes de pisciculture tels que les systèmes intégrés riz-poisson et la culture en cage, mais il est probable que ces augmentations seront relativement modestes.

Conclusions

Quarante des 49 pays du continent possèdent un territoire propice à l'élevage de poissons d'eau chaude tant au niveau de subsistance que commercial. La plupart de ces pays possèdent, en termes absolus ou relatifs, de vastes surfaces de leur territoire national propices à l'élevage de poissons d'eau chaude.

Le manque de surface propice ne semble donc pas être un obstacle au développement de l'élevage de poissons d'eau chaude.

Il est fort probable que l'approvisionnement en poisson par habitant diminuera dans de nombreux pays d'Afrique en 2000.

L'élevage de poissons d'eau chaude peut jouer un rôle de plus en plus important pour combler la pénurie d'approvisionnement en poisson provoquée par la stagnation ou le recul des activités de pêche en mer ou intérieures, à mesure que la population croît en Afrique, mais, à quelques exceptions près, cela ne se produira probablement pas avant 2000.

Dans certains pays, une importante partie de la population devrait être affectée à la pisciculture de subsistance, afin que celle-ci contribue utilement à la sécurité alimentaire.

Ainsi que l'indique le nombre de vulgarisateurs requis, le développement accéléré de la pisciculture de subsistance exigera une main-d'oeuvre qualifiée.

La croissance de l'élevage de poissons d'eau chaude en étangs ne semble pas grever excessivement les ressources territoriales même là où la production nationale sera relativement élevée en 2000 (ex. Nigéria); cependant, à mesure que la population augmentera, la pression en faveur d'autres activités augmentera également. Ceci suggère que l'intensification et la commercialisation de la pisciculture devront évoluer afin que la pisciculture reste concurrentielle et ait droit à sa part de territoire.

Même à des rythmes de développement comparables à celui qui fut atteint au Rwanda, la plupart des pays ne pourront pas subvenir à leurs besoins jusqu'à l'an 2000 par la seule expansion de l'élevage de subsistance de poissons d'eau chaude. Les déficits pourraient être comblés par une combinaison de l'élevage de subsistance et commercial de poissons d'eau chaude, mais le grand nombre d'exploitations nécessaires ainsi que les grandes surfaces qui devraient être affectées à la pisciculture commerciale dans certains pays n'en font pas prévoir un développement rapide dans un proche avenir.

Étant donné les petites surfaces d'étangs par exploitation, l'élevage

de subsistance de poissons d'eau chaude ne fournit qu'un petit excédent pour les habitants non impliqués dans la pisciculture. Comme il est plus difficile d'augmenter la production par exploitation par une gestion optimisée, l'accroissement des superficies d'étangs par exploitation pourrait offrir une solution pour générer une augmentation de l'excédent.

Dans quelques pays où la pisciculture est déjà bien établie, l'élevage de poissons d'eau chaude pourrait contribuer de manière significative à la sécurité alimentaire d'ici à l'an 2000.

REMERCIEMENTS

Comme dans n'importe quelle étude basée sur le GIS, de nombreuses disciplines ont été impliquées. Nous remercions les nombreux collègues qui ont accepté de fournir un commentaire sur une version antérieure de l'exposé GIS: J. APPLETON, M. BEVERIDGE, A. COCHE, B. HAIGHT, H.F. HENDERSON, D. JAMES, G. MEADEN, C. NUGENT, M. PEDINI, L. ROSS, R. TACON, R. THOMAS, M. VINCKE, U. WIJKSTROM, R. WILLMANN.

Merci également au personnel du Centre GIS de la FAO, en particulier E. ATAMAN et V. ZICHELLA.

Nous tenons enfin à remercier toutes les personnes qui nous ont fourni des données et prodigué des conseils, en particulier: A. BROOKS, J. MOEHL Jr.

RÉFÉRENCES

FAO, 1993a . The state of food and agriculture 1993. — FAO Agriculture Series No. 26. FAO, Rome, 306 pp.

FAO. 1993b. Fishery statistics. Commodities. Vol. 73. 1991. FAO, Rome, 395 pp.

FAO. 1993c. Fishery statistics. Catches and landings. Vol. 72. 1991. FAO, Rome, 653 pp.

FAO Fishery Information, Data and Statistics Service. 1993. Aquaculture production 1985-1991. — FAO Fisheries Circular. No. 815, Rev.5. FAO, Rome, 213 pp .

HATCH, L.U. & HANSON, T.R., s.d. Economic viability of farm diversification through tropical freshwater aquaculture in less developed countries. — Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, International Center for Aquaculture, Auburn University, Alabama. 283 pp.

KAPETSKY, J.M. (in press). The potential for warm water fish farming in Africa: A strategic assessment from a continental viewpoint. — Paper presented at "Bordeaux Aquaculture '94". Proceedings to be published by CEMAGREF. 6 pp.

KAPETSKY, J.M. (in prep.). A strategic assessment of warm water fish farming in potential in Africa from a continental viewpoint. — FAO Fish Tech. Pap. FAO, Rome.

NATHANAEL, H. & MOEHL, J.F. JR., 1989. Rwanda national fish culture project. — Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. International Center for Aquaculture Research and Development Series No. 34, 19 pp.

NYIRAHABLMANA, P. 1990. Rapport annual 1989. — Service Pisciculture Nationale. Ministère d'Élevage, Agriculture et Forêts, Drgembe, Rwanda.

UNITED NATIONS, 1993. World population prospects. 1992 revision. — United Nations, New York.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 619 - 627 (1995)

Original : Français

L'AMÉNAGEMENT DES ÉCOSYSTÈMES AGRO-PISCICOLES D'EAU DOUCE EN MILIEU TROPICAL

RÉSUMÉ, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

PAR

J.-C. MICHA*

Ce séminaire international sur "L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical" qui devait, à l'origine, se dérouler en deux journées fut rapidement programmé en quatre jours, vu l'ampleur de la matière et le nombre de communications, pourtant spécifiques, qui ont été proposées, sélectionnées et retenues.

Les objectifs de ce séminaire partent de deux constats de base : une pisciculture traditionnelle mais très performante en Asie (75 % de la production aquacole mondiale) et une pisciculture balbutiante en Afrique sub-saharienne (0,5%) qui pourtant dispose d'espèces de poissons autochtones aux potentialités d'élevage remarquables. L'originalité fut donc, grâce à l'ouverture d'esprit des responsables du Centre technique de Coopération agricole et rurale (ACP-CEE), de l'Académie royale des Sciences d'Outre-mer de Belgique et de la FAO, et aux moyens mis à la disposition de ce séminaire, de rassembler notamment les personnalités de terrain d'Asie et d'Afrique, en vue de confronter les expériences et les points de vue dans l'espoir de provoquer des transferts ou plutôt des adaptations de ces technologies asiatiques aux conditions spécifiques africaines.

* Membre de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer; Unité d'Ecologie des Eaux douces, Facultés universitaires N.-D. de la Paix, rue de Bruxelles 51, B-5000 Namur (Belgique).

1. Situation actuelle du développement et de la recherche aquacole en Afrique sub-saharienne

Suite à la consultation organisée en 1992 dans le cadre de l'Étude de la Recherche internationale sur les Pêches (SIFR), nous savons que la pisciculture africaine sub-saharienne est basée essentiellement sur :

- trois espèces de poissons d'eau douce : *Oreochromis niloticus (*syn. *Tilapia nilotica), Clarias gariepinus* et *Cyprinus carpio;*
- une distribution d'alevins surtout effectuée par les stations piscicoles gouvernementales;
- un système d'élevage extensif à semi-intensif avec fertilisation organique parfois complétée par une alimentation quand des sous-produits sont disponibles;
- une faible production par ferme piscicole (20 à 300 t/an) et des rendements moyens (1 à 3 t/ha/an).

Pourtant des efforts considérables ont été développés au cours des 20 dernières années pour le développement de la pisciculture: 500 millions US $ alloués à la région, 54 projets d'assistance principalement multilatérale!

Les causes essentielles les plus probables de cette mauvaise situation ont été mises en exergue par la consultation SIFR. Elles résident :

- dans la définition des objectifs des projets indépendamment d'une planification du développement;
- dans la négligence, voire l'ignorance des aspects socio-économiques;
- dans l'inefficacité de la coordination recherhe-développement;
- dans l'absence d'évaluation.

Le plan d'action future proposé par la FAO au SIFR prévoit de mettre en place un centre coordonnateur de gestion de l'information et des réseaux régionaux axés sur les cinq régions agro-écologiques sub-sahariennes. Sur les neuf programmes de recherche identifiés, sept programmes concernent le domaine de la production: aspects socio-économiques, fertilisation/alimentation complémentaire, stocks de reproducteur, petits plans d'eau, périmètres d'irrigation, etc.

La stratégie pour la fertilisation organique a pour objectif d'augmenter la production, d'améliorer la rentabilité des élevages semi-intensifs en petits étangs par l'utilisation régulière de végétaux et déchets divers disponibles localement. Ceci implique des recherches sur le compostage en milieu aquatique, sur la contribution des organismes naturels à la production, sur l'écologie de la flore microbienne en étangs.

Les résultats escomptés sont la diminution de la qualité et de la quantité d'aliments d'appoint nécessaires, une meilleure utilisation de ces aliments par les poissons, une diminution des coûts d'alimentation.

La stratégie d'intégration à l'élevage a pour objectif d'augmenter la production et la rentabilité des élevages extensifs et semi-intensifs en étangs par l'utilisation de la fumure animale locale. Les résultats escomptés sont les mêmes que pour la fertilisation organique.

2. Les concepts de l'agro-pisciculture en zones humides

Pour rappel, selon la convention de Ramsar, "Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres". Ces zones humides ont diverses fonctions économiques, écologiques et sociales qui soulèvent des conflits d'intérêt. Elles doivent donc faire l'objet d'une exploitation rationnelle et durable pour satisfaire aux besoins des générations actuelles tout en maintenant leur capacité à répondre aux besoins et aux aspirations de générations futures. Une des voies d'aménagement et de gestion durables de ces milieux pourrait être leur transformation en écosystèmes agro-piscicoles intégrant un système de production agricole et piscicole présentant une biocénose artificielle en interaction avec le milieu terrestre et aquatique et caractérisée par un flux de matière et d'énergie permettant d'optimiser au moindre coût la production de protéines alimentaires pour l'homme. L'optimisation de la production par des techniques simples telles que fertilisation, alimentation, contrôle de l'environnement, contrôle sanitaire, etc., dans des petites exploitations bien intégrées peut relever le défi de l'indépendance et de la sécurité alimentaire. Pour atteindre cet objectif, il semble souhaitable d'établir des protocoles de recherche à participation paysanne qui amène paysans et chercheurs à transformer ensemble les systèmes d'exploitation agricole existant en écosystèmes agro-piscicoles viables et attractifs pour les paysans. Cela implique de tenir compte de l'ensemble des ressources naturelles gérées par le paysan.

L'étude des flux de matière telle que carbone, azote et phosphore et de l'efficacité des transferts énergétiques entre compartiments des écosystèmes agro-piscicoles semble être une voie intéressante pour comprendre le fonctionnement de ces systèmes et pour optimiser leur

production. En ce qui concerne les étangs de pisciculture associés aux élevages de porcs, poulets, moutons, canards et oies, il est étonnant de constater que l'efficacité du transfert énergétique des fumiers, algues et bactéries transformés en biomasse piscicole varie seulement de 1 à 9 % et est en moyenne de 3 %!

La pisciculture en rizières est un autre système d'exploitation agro-piscicole assez populaire sous les tropiques qui permet d'augmenter significativement les rendements de riz. Ces augmentations s'expliquent par l'impact des poissons dans la circulation des nutriments et dans la lutte contre les mauvaises herbes, les parasites et les maladies du riz.

Bien que toutes ces contributions au premier thème du séminaire soient fort intéressantes, il faut bien constater que les concepts de l'agro-pisciculture restent à définir et à préciser. Les discussions ont bien montré que divers spécialistes ont tendance à focaliser l'agro-pisciculture sur un type d'organisme dit incontournable : animaux domestiques (porcs, canards, poulets, etc...) ou poissons selon leur formation (éleveur ou pisciculteur). Cette démarche ne correspond pas à une véritable intégration d'un système de production et relève plutôt d'associations intéressantes mais pas nécessairement optimales.

Quant à l'intérêt et à la faisabilité d'aménagement global de fonds de vallée en Afrique, il apparaît nécessaire de bien connaître l'hydrologie du bassin versant et d'effectuer les aménagements en conséquence, après avoir solutionné le problème foncier et l'accès permanent à la ressource eau. En tout cas, il est préférable d'y maintenir l'eau et de la gérer dans le cadre de systèmes agro-piscicoles plutôt que de drainer ces fonds de vallée en vue d'une seule utilisation agricole.

3. Les études de cas performants

En Thaïlande, l'intégration de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture connaît un essor fulgurant depuis 1980. L'alimentation en eau est fondamentale et peut être assurée par des précipitations abondantes et/ou par irrigation. Les cultures sont axées sur le riz, les légumes et les fruits. L'élevage se compose de canards, de poulets ou de porcs. La pisciculture est basée sur plusieurs espèces telles que tilapia, poisson-chat et cyprin. Les études économiques montrent une augmentation plus nette des revenus dans les petites exploitations en raison des contraintes du marché et du volume de travail qu'impliquent de tels systèmes.

En Chine, les paysans locaux ont développé depuis 400 ans dans le delta de la rivière des perles, dans la région de Canton, divers systèmes agro-piscicoles durables et très performants : étangs avec digues à canne à sucre, à mûrier, à bananier, etc. Divers étages sur digues et dans les étangs sont exploités grâce à une combinaison remarquable d'espèces végétales et animales complémentaires. La région de Wuxi au Nord de Shangaï où est née la pisciculture, il y a plus de deux millénaires, se distingue par une intégration complexe et sophistiquée mais performante de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture accompagnée d'un contrôle des parasites vecteurs de maladies de poissons. Enfin, dans la Province de Fujian l'association Riz-*Azolla*-Poisson atteint des niveaux de production incroyables et jamais égalé ailleurs. Il n'empêche que la technique d'alimentation du poisson en rizières basée sur des boulettes d'*Azolla* séchées, mélangées à du son de riz et à de la farine de poisson, est une voie certainement intéressante pour augmenter à peu de frais la production piscicole en rizière et consécutivement la production de riz.

En Indonésie, la rizipisciculture est une pratique traditionnelle bien développée, quoique 8 % seulement des 1,6 millions d'hectares de rizières soient utilisés à cette fin. Trois systèmes de rizipisciculture sont pratiqués : cultures associées (riz et poissons), rotation (riz puis poissons) et assolement. La production de poissons varie de 250 à 1000 kg/ha/an et l'augmentation de production du riz résultant de l'intégration avec la pisciculture est de l'ordre de 1,3 t/ha/an. Le revenu moyen du poisson a permis de supporter 20 à 59 % des coûts de production totale de riz. Des essais d'intégration du petit élevage (canards et caprins) en rizipisciculture se sont soldés par des avantages économiques supplémentaires.

A Madagascar, la rizipisciculture s'est développée au début de ce siècle et le potentiel de production piscicole des 150 000 hectares de rizières irriguées est estimé à 30 000 tonnes/an. Actuellement, 13 500 hectares de rizières sont empoissonnés, ce qui produit 1100 tonnes de poissons par an dont une grande partie est autoconsommée. Les rendements varient de 50 à 250 kg/ha/cycle de 4-6 mois. Les techniques vulgarisées sont simples et à la portée de tous les paysans. La stratégie de développement se base sur la privatisation de la production d'alevins et de la vulgarisation rizipiscicole. En ce qui concerne l'utilisation d'*Azolla*, on constate que les conditions environnementales lui sont très favorables à Madagascar. Ceci a permis une rapide vulgarisation de son utilisation à des fins alimentaires pour le petit élevage et de fertilisation en culture maraîchères et en rizières.

Au Cameroun, des expériences d'intégration lapins-poissons sont entreprises et les résultats semblent prometteurs aussi bien avec les tilapias qu'avec les silures. Cette polyculture *Tilapia-Clarias* déjà testée depuis un certain temps en République Centrafricaine et en Côte d'Ivoire fait l'objet d'études complémentaires au Congo et au Rwanda où on l'associe au petit élevage en stations gouvernementales et aux cultures vivrières en milieu rural. Dans ce cas, la polyculture *Tilapia-Clarias* joue un rôle important dans la valorisation des différentes ressources de l'étang et de l'agriculture car la production et la rentabilité de cette polyculture sont de 50 % supérieures à la monoculture d'une des deux espèces.

L'agro-pisciculture au Bénin émerge d'une toute autre méthode développée par le centre Songhaï et basée sur la nécessité du recyclage des déchets et l'amélioration de la qualité des sous-produits du milieu. Par exemple, une des filières développées concerne l'intégration du riz, de l'*Azolla*, du *Tilapia* et du *Clarias* sur un même casier inondable, suivie d'une culture de pastèque à la décrue. Quant au système traditionnel des acadjas en lagune, il se heurte au problème du défrichement abusif. C'est pourquoi, des essais avec des acadjas en bambous ont été menés en Côte d'Ivoire, d'abord en lagunes côtières (4 à 8 t/ha/an) puis en étangs d'eau douce avec des résultats intéressants (2 à 3 t/ha/an).

En Zambie, la pisciculture d'un *Tilapia* local intégrée au petit élevage (canards et porcs) enregistre des progrès significatifs et connaît des rendements de l'ordre de 5 à 7 t/ha/an.

La démarche de l'ICLARM au Malawi est basée sur un partenariat entre petits exploitants et chercheurs qui mènent ensemble des essais, en milieu réel, de pisciculture intégrée en réservoir. Cette méthode par essais et erreurs, partagés avec les paysans, vise à un véritable développement endogène. Afin de contrôler scientifiquement ces essais, les pratiques de gestion et les intrants utilisés par les paysans sont simulés sur ordinateur.

Dans la région SADC le programme ALCOM développe une approche basée sur les aspects socio-économiques de la pisciculture à petite échelle. Les résultats montrent que les facteurs socio-économiques qui affectent l'adoption d'une innovation technologique telle que la pisciculture intégrée sont indispensables au développement des méthodes de vulgarisation.

Ce tour d'horizon de l'agro-pisciculture en Asie et en Afrique

démontre une fois de plus les performances concrètes et pratiques de l'Asie et les balbutiements aux démarches multiples et expérimentales de l'agro-pisciculture en Afrique.

Il n'empêche que la plupart des représentants africains s'accordent sur la nécessité, voire la priorité de développer une pisciculture bien intégrée aux activités agricoles à petite échelle au niveau des paysans et même de prévoir cela dans les plans nationaux de développement économique et social. Toutefois, les démarches et les méthodes proposées restent diverses. Il ressort, en tous cas, des discussions qu'il n'est plus question de structurer des projets sans connaître et analyser les besoins des populations concernées. La participation active de celles-ci dans la conception et le déroulement des projets paraît indispensable pour éviter les échecs passés. Pour certains, il est même question de développer de nouvelles méthodologies avec les paysans eux-mêmes ce qui résoudrait, au départ, les problèmes de compétition dans l'utilisation de leurs déchets, fumiers et sous-produits. Ceci implique d'encourager les agriculteurs et les éleveurs à faire de la pisciculture plutôt que l'inverse, les Africains n'ayant pas, comme les Asiatiques, de tradition de production piscicole. Par ailleurs, les problèmes fonciers et l'accès permanent à la ressource eau doivent absolument être résolus avant le démarrage des projets agro-piscicoles. L'accès au crédit doit être également programmé correctement pour permettre l'intensification du système choisi et l'approvisionnement complémentaire d'intrants. Mais pour soutenir un tel développement agro-piscicole en milieu rural, il est nécessaire que les structures ministérielles et administratives nationales voire internationales soient adaptées, décompartimentées et elles aussi intégrées. Par exemple, quel service sera chargé de soutenir les élevages piscicoles associés (porcs-poissons, canards-poissons, etc.) : le service de d'élevage ou le service de la pisciculture?

Au niveau international, il serait peut-être souhaitable que les donateurs se focalisent sur un centre de recherche-développement à échelle importante qui utiliserait l'expertise asiatique pour former les Africains à l'agro-pisciculture et démontrer dans les conditions africaines la viabilité de tels systèmes adaptés aux conditions locales (cf. l'introduction récente de la culture du riz irrigué qui continue à se développer bien après le départ de l'assistance technique chinoise). Enfin, on peut penser que le développement technique et socio-économique de l'agro-pisciculture, basé sur une méthodologie appropriée, est tout à fait soutenable en Afrique. On souhaite cependant

un support politique national clair et net. En tout cas, il est temps et possible de passer à des applications concrètes significatives.

4. Les voies de recherche judicieuses

L'agro-pisciculture intégrée implique une alimentation semi-intensive qui sera d'autant mieux valorisée en milieu aquatique que la polyculture sera développée. Cela s'explique par le fait que les organismes naturels en étangs (phytoplancton, zooplancton et benthos) jouent un rôle important dans le budget nutritionnel global des différentes espèces de poissons dans l'écosystème. Toutefois, les améliorations nécessaires et les recherches relatives à l'alimentation semi-intensive des poissons en agro-pisciculture devraient partir des besoins réels et concrets des exploitants eux-mêmes.

En ce qui concerne les plantes aquatiques et notamment *Azolla* comme seuls aliments pour les poissons, il apparaît que leur valeur intrinsèque conduit à une faible croissance voire à une croissance nulle ou négative des poissons ainsi nourris. Toutefois, si on les combine à d'autres aliments, les résultats de croissance des poissons sont performants mais diminuent avec la proportion croissante de ces macrophytes dans la ration alimentaire. Il y a donc lieu d'adapter la stratégie d'alimentation des poissons en combinant ces macrophytes aquatiques (*Azolla, Lemna*, jacinthe d'eau, salade du Nil, etc.), souvent abondants et gratuits, avec d'autres intrants disponibles localement.

La fertilisation organique comme seule source d'intensification des systèmes intégrés peut être suffisante selon les objectifs de production et les conditions locales. Le développement de modèles basé sur quelques variables peut fournir une première estimation des rendements piscicoles journaliers (10 à 23 kg/ha/an selon la fertilisation à partir de canards, porcs, vaches, poulets) et faciliter l'adoption d'un mode de gestion intégrée, adaptée aux conditions locales.

Quant aux potentialités de la pisciculture en Afrique sub-saharienne, basées sur le système d'information géographique (GIS), et l'utilisation de tilapia *(Oreochromis niloticus)* et de poisson-chat (*Clarias gariepinus*), elles paraissent évidentes et prometteuses mais fort variables selon les régions agro-écologiques et les pays. De toute évidence, la pisciculture intégrée doit pouvoir se développer dans cette partie du continent africain.

Pour l'avenir, les recherches devraient partir des systèmes

traditionnels et de l'expérience des paysans. L'objectif de ces recherches devrait être focalisé sur l'intensification de leur système de production, combinée à une bonne valorisation des déchets et sous-produits disponibles localement (alimentation semi-intensive) sans vouloir favoriser, à priori, la pisciculture ou l'élevage.

Finalement, le séminaire s'est interrogé sur la nécessité de créer un réseau international en agro-pisciculture pour mettre en contact régulier chercheurs, vulgarisateurs et représentants paysans et ainsi partagés l'évolution des connaissances et des expériences dans ce domaine. Bien que cette proposition semble intéressante, elle nécessite une réflexion et une maturité complémentaires pour être concrétisée. Un groupe de travail restreint, comprenant par exemple un représentant asiatique, un africain et un européen, tentera, sous l'égide du Centre de Coopération Technique et Agricole (CTA) et de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer de Belgique, d'assurer le suivi de cette proposition.

Il en est de même pour la proposition d'un cadre de recherches prioritaires en agro-pisciculture en Afrique qui devrait permettre, selon une grille de critères objectifs, d'identifier les zones potentiellement les plus intéressantes pour cette activité et délimiter les thèmes de recherche et développement les plus prometteurs. Cette démarche paraît d'autant plus nécessaire que la recherche agro-piscicole actuelle en Afrique, est trop limitée, trop diversifiée, trop dispersée et sans relations suffisantes avec de réelles potentialités de développement à court et moyen terme.

Séminaire
"L'aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical"
(Bruxelles, 16-19 mai 1994)
Actes publiés sous la direction de
J.-J. Symoens & J.-C. Micha
Centre technique de Coopération
agricole et rurale (CTA)
Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
(Bruxelles)
pp. 629 - 633 (1995)

Original : Anglais

DOCUMENT
UN CADRE MATRICIEL PEUT-IL AIDER ?

PAR

Clive LIGHTFOOT *

Aider à développer un "portefeuille" équilibré d'activités de recherche et développement

Exemples	Questions
- Analyse d' impact; - Participation des agriculteurs; - Systèmes de production; - Développement durable.	- Quelles activités de R&D pourront-elles profiter de notre travail passé? - Quelles activités nouvelles seront-elles nécessaires dans le futur? - Quelles activités seront-elles souhaitées par d'autres groupes d'intérêt? - D'où les percées viendront-elles?

* International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), MCPO Box 2631, 0718 Makati, Metro Manila (Philippines).

Aider à identifier les priorités de recherche et développement

Exemples	Questions
- Statut des ménages; - Adéquation de l'environnement.	- Quels sont les lieux de travail importants? - Quels sont les principaux bénéficiaires? - Quels sont les facteurs qui déterminent les priorités en matière de recherche?

Idées pour un cadre matriciel de priorité de recherche en aquaculture-agriculture en Afrique

CRITÈRES POSSIBLES DE PRIORITÉ POUR LA MISE AU TRAVAIL

Densité de population. – Une échelle des zones à densité de population relativement élevée aux zones à faible densité de population.

Environnement agro-climatique. – Une échelle des environnements à humidité favorable aux environnements secs défavorables.

Statut socio-économiques. – Une échelle des petites exploitations aux grandes exploitations (commerciales).

Types d'écosystèmes. – Un transect de topographie de montagne avec pentes, suivie de plaines sèches et de dépressions humides, se terminant par des fonds de vallées et des bords de fleuves.

DOMAINES DE RECHERCHES POSSIBLES POUR UN "PORTEFEUILLE" D'ACTIVITÉS DE RECHERCHES

Analyse des situations. – La situation actuelle des systèmes agricoles et les efforts de développement dans les systèmes intégrés d'exploitation aquaculture-agriculture, aux niveaux local, du district et national.

Analyse d'impact différentielle. – L'impact réel et potentiel des systèmes intégrés et non intégrés sur la sécurité alimentaire, la sécurité des revenus, la santé humaine et l'environnement.

Systèmes (ou stratégies) de gestion de l'environnement. – Le développement de systèmes de production pour l'intégration aquaculture- agriculture et leur performance biologique et économique.

Mécanismes (ou processus) biologiques et physiques. – Compréhension des processus concernant la gestion des nutriments, les parasites et les maladies et les pathologies liées à l'eau et affectant la production piscicole.

Participation des agriculteurs. – Le développement de méthodes assurant la participation des agriculteurs dans la conception, l'experimentation et l'évaluation des systèmes d'exploitation intégrée aquaculture-agriculture.

Stratégies de moyens d'existence. – La compréhension du comportement des ménages et de leur souci d'un rapport équitable touchant à l'adoption de l'aquaculture intégrée.

Liens institutionnels. – Le développement de liens entre la recherche et la vulgarisation, les organisations d'aquaculture et d'agriculture, et les organisations gouvernementales et non gouvernementales.

Durabilité du développement (ou impacts des profits). – Compréhension des facteurs affectant la poursuite des impacts rentables en aquaculture intégrée.

Matrice de priorité pour la R & D en agro-aquaculture intégrée

	Critères de priorité Hauts ----------► Faibles										
Environnement	Optimal		Convenable				Marginal			Inadéquat	
Echelle	Petite	Grande	Petite	Grande	Petite	Grande	Petite	Grande	Petite	Petite	Grande
Ménages	Pauvres	Pauvres	Pauvres	Pauvres	Riches	Riches	Pauvres	Pauvres	Riches	Pauvres	Pauvres
Recherche											
Analyse de la situation actuelle											
Analyse d'impact différentielle											
Systèmes de gestion de l'environnement											
Mécanismes biologiques et physiques											

Participation des agriculteurs											
Stratégies des moyens d' existence											
Développement Liens institutionnels											
Durabilité du développement											
Transfert de technologie											
Implications de politique											