ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2008 - Thèse n° **86**

LA PISCICULTURE DANS LE DELTA DU MEKONG AU VIETNAM

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 03 décembre 2008
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Par

Antoine Rostang
Né le 12 juillet 1983
à Bourgoin Jallieu (38)

DEPARTEMENT ET CORPS ENSEIGNANT DE L'ENVL

Mise à jour : 20/03/2008

Directeur : Stéphane MARTINOT

	PR EX	PR 1	PR 2	ISPV,MC, MC(HC)	Contractuel, Associé, IPAC	Praticiens hospitaliers
DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE VETERINAIRE						
Microbiologie, Immunologie, Pathologie Générale	Y. RICHARD		A. KODJO	V. GUERIN-FAUBLEE (HC) D. GREZEL		
Pathologie infectieuse		M. ARTOIS	A. LACHERETZ	J. VIALARD (HC)		
Parasitologie et Maladies Parasitaires	MC. CHAUVE	G. BOURDOISEAU		MP. CALLAIT-CARDINAL L. ZENNER		
Qualité et Sécurité des Aliments			P. DEMONT C. VERNOZY	A. GONTHIER S. COLARDELLE (ISPV) D. SERGENTET (stagiaire)		
Législation et Jurisprudence			A. LACHERETZ			
Bio-informatique - Bio-statistique			ML. DELIGNETTE	P. SABATIER (HC) K. CHALVET-MONFRAY		
DEPARTEMENT ANIMAUX DE COMPAGNIE						
Anatomie			T. ROGER	S. SAWAYA	C. BOULOCHER	
Chirurgie et Anesthésiologie		JP. GENEVOIS	D. FAU E.VIGUIER D. REMY	C.CAROZZO K. PORTIER (stagiaire)	S. JUNOT	
Anatomie-pathologique/Dermatologie-Cancérologie			C. FLEURY	T. MARCHAL D. PIN	P. BELLI	
Hématologie		C. FOURNEL			D. WATRELOT-VIRIEUX	
Médecine interne		JL. CADORE	L. CHABANNE	F. PONCE M. HUGONNARD C.ESCRIOU	I. BUBLOT M. PASTOR C. POUZOT (siamu)	
Imagerie Médicale					F. RIGOUT-PAULIK	
DEPARTEMENT PRODUCTIONS ANIMALES						
Zootechnie, Ethologie et Economie Rurale		M. FRANCK		L. MOUNIER	L. COMMUN	
Nutrition et Alimentation				D. GRANCHER (HC) L. ALVES DE OLIVEIRA G. EGRON		
Biologie et Pathologie de Reproduction		F. BADINAND	M. RACHAIL-BRETIN P. GUERIN	S. BUFF	A. C. LEFRANC	
Pathologie Animaux de Production	P. BEZILLE	T. ALOGNINOUWA		R. FRIKHA M.A. ARCANGIOLI D. LE GRAND		G. LESOBRE P. DEBARNOT P. OTZ
DEPARTEMENT SCIENCES BIOLOGIQUES						
Physiologie/Thérapeutique			JM. BONNET-GARIN	J.J. THIEBAULT (HC)		
Biophysique/Biochimie		E. BENOIT F. GARNIER		T. BURONFOSSE		
Génétique et Biologie moléculaire			F. GRAIN	V. LAMBERT		
Pharmacie/Toxicologie Législation du Médicament		G. KECK	P. JAUSSAUD P. BERNY	C. PROUILLAC (stagiaire)		
Langues					T. AVISON (IPAC) G. MARTIN (IPAC)	
DEPARTEMENT HIPPIQUE						
Pathologie équine		JL. CADORE		A. BENAMOU-SMITH		
Clinique équine		O. LEPAGE		A. LEBLOND	M. GANGL	

A Monsieur le Professeur Michel RICHARD
De la Faculté de Médecine de Lyon
De m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse
Hommages respectueux

A Monsieur le Professeur Théodore ALOGNINOUWA
De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon
De m'avoir permis de découvrir ce pays formidable qu'est le Vietnam
D'avoir accepté d'encadrer ce travail
Sincères remerciements

A Monsieur le Professeur Gilles BOURDOISEAU
De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon
Qui m'a fait l'honneur de s'intéresser à ce travail et d'accepter de participer à ce jury de thèse
Sincères remerciements

MERCI !

A mes parents, pour vos efforts, votre soutien et votre confiance depuis toutes ces années.

A ma sœur Marie, « Maiwi » : Toi qui a osé commencer à travailler avant ton grand frère !! Je te souhaite plein de bonheur dans ta nouvelle vie ! Pour notre complicité durant toutes ces années et nos discussions plus sérieuses aussi !

A ma sœur Charlotte, « Lal » : Courage pour tes longues études qui commencent… et ta thèse à venir ! Toi, la « même », aujourd'hui grande cuisinière, et nos délires que j'apprécie tant !! (« Les histoires d'amour finissent mal ! EN GENERAL ! »).

A Fabrice, nouveau venu dans la famille, à ta science du barbecue qui nous rend tous jaloux ! A ta gentillesse à toute épreuve !

A pépé, pour ta recette des œufs à la neige, pour ton pain et tes tartes qui vont égayer le buffet de cette thèse, pour toutes ces journées de bois passées ensemble, pour toutes nos discussions.

A mémé, pour nos parties de cartes endiablées, pour mes premiers cours de tricotage et pour tous les moments passés ensemble.

A papy, merci tout simplement d'être là.

A Christiane, ma marraine, toi qui a toujours été là pour moi, à fabriquer des châteaux forts ou à relire ma thèse !

A Ombéline, « Lili », ma « troisième petite sœur » aux goûts vestimentaires disons… décalés ! Je te souhaite plein de bonheur dans ta vie à venir !

A Jean Marie, maître cabassou !

A Roger, mon parrain, et tout le « clan » Contégal, pour tous ces moments passés ensemble, et à ceux à venir (non Eric, je n'ai pas oublié !).

A Jean Philippe Amat, « Spip », ou « Spipounet » ou « le roux », etc… A toi que je connais depuis le début de mes études vétérinaires ! Toi qui as toujours été là, dans les bons comme les moins bons moments ! Sans toi, je ne serais surement pas là aujourd'hui ! Alors merci pour tout mon ami ! Bien que nos chemins se séparent aujourd'hui, j'espère que notre amitié pourra demeurer vivace ! D'ailleurs, je compte te rendre visite à Paris très bientôt !!

A Yac, RHD pour toujours ! Pour tous ces moments passés ensembles, du club vidéo à la revue, pour ton calme, ta gentillesse et ta disponibilité.

A Joss, pour ces quelques mois passés ensemble de l'autre côté de la terre : ce ne fut certes pas toujours facile mais finalement les souvenirs sont formidables !

A 2 wat's, après t'avoir côtoyée pendant 5 ans, je n'ai réellement fait ta connaissance qu'au Vietnam. Merci pour ces bons moments passés ensemble : les PGD, le Têt, les « Một Hai Ba YOOO ! » et Mister Hai dans le bateau (waouh ca rime !) ! Aujourd'hui, je t'apprécie énormément. Je te souhaite bonheur, prospérité, amour, joie, chance, et bien sûr la santé pour toi, ta famille, tes amis, tes enfants et petits-enfants, ton chien, ton chat, et tous ceux que j'oublie … ;-)

A Pauline, merci de nous avoir aidés pour nos premiers jours (difficiles) au Vietnam !

Aux « Vétos en blues[ND] » :

A Rapé, le virtuose clarinettiste, n°1 pour faire le zouave, charmeur de handballeuses, interne de folie et futur prof… courage et bonne chance à toi !!

A Lolo, le batteur « New Age » qui mange ses baguettes ! Pour tous ces bons moments passés ensemble !

A Mathilde, notre super pianiste première génération. Je te souhaite plein de bonheur.

A Chapie, notre deuxième pianiste, partie s'exiler au Québec ! J'espère te revoir bientôt !

Aux « Grenoblois » :

A Fus, mon co-imprimeur de folie, pour tous nos bons moments passés ensemble.

A CO, je t'ai découvert tardivement mais aujourd'hui, je t'apprécie beaucoup ! A ce fameux anniversaire que je n'oublierai pas (peut-être que toi si !), bonne chance pour la suite !

A Gondé, Kro, Ouf, Lopète, Flex, Domi, Coline, Tanplan: pour toutes nos soirées, nos beuveries, nos jeux idiots durant les anniversaires, pour la danse du jardinier et nos discussions plus ou moins sérieuses…

Aux meilleurs RHDs : Vincent, Myriam, Alice, Romain, Slim, Splinter, Brunie, Sophie, Liza, Céline, Marion, Ché, Marie G, Emeline, Rémi, Pockie, Marjo, Elsa, Greg, Pipo.

A Cyrielle et au KKK de l'ENVL… (qui n'a rien à voir avec le vrai !)

A ma petite-poulotte Marion : soit digne de ta lignée ! ;-)

A Henri

A Marlène,

Les longs discours égarent souvent l'essentiel :

Je t'aime

Table des matières

Table des matières I
Liste des graphes VIII
Liste des tableaux X
Liste des illustrations XIII
Liste des photos XV
Liste des cartes XVI

Introduction 1

I/ Présentation du contexte géopolitique et macro-économique 3
I.1/ Présentation du Vietnam 3
I.1.A/ Situation géographique 3
I.1.A.a/ Topographie 3
I.1.A.b/ Climat 4
I.1.B/ Histoire 5
I.1.C/ Situation économique et politique 6
I.1.D/ Chiffres clés 7

I.2/ Le delta du Mékong 9
I.2.A/ Le fleuve Mékong 9
I.2.B/ Etude géographique du delta 10
I.2.B/ Aspects socio-économiques 12

I.3/ Vue d'ensemble du secteur de la pêche au Vietnam 14
I.3.A/ Présentation succincte de la pêche en milieu maritime 15

I.3.B/ Présentation succincte de la pêche en eaux douces 18
I.3.C/ La pêche de capture, conclusions et limites 19

I.4/ Etat des lieux de l'aquaculture au Vietnam 21
I.4.A/ Historique 22
I.4.B/ Espèces élevées 24
I.4.C/ Aspect économique 25
I.4.D/ Systèmes d'élevage 26
I.4.E/ Recherche et développement 28

Conclusions de la première partie 30

II/ Présentation des différents systèmes de production piscicole dans le delta du Mékong au travers de l'exemple du Pangas 31
II.1/ Présentation des Pangasiidae 33
II.1.A/ *Pangasius bocourti* ou « Ca ba sa » 33
II.1.B/ *Pangasius hypophthalmus* ou « Ca tra » 34
II.1.C/ Intérêt aquacole des Pangasiidae 36

II.2/ Présentation des différents systèmes de culture 37
II.2.A/ Culture en étang 38
II.2.B/ Culture en cage 43
II.2.C/ Culture en enclos 46
II.2.D/ Bilan 48

II.3/ Organisation de la filière pangasicole 49
II.3.A/ Formation 49
II.3.B/ Aspect social 50

II.3.C/ Profil-type des exploitations du delta du Mékong : exemple de la région d'An Giang 51
II.3.D/ La filière commerciale 53

II.4/ Intégration dans la filière agro-alimentaire 56
II.4.A/ Les différentes étapes en usine de transformation 56
II.4.B/ Les différentes qualités de chair – Implications pour la filière pangasicole 65
II.4.C/ Impact de la filière agro-alimentaire sur la ferme piscicole 69

III/ Gestion des différents systèmes de production en pangasiculture 71
III.1/ Gestion du cycle de reproduction en captivité 71
III.1.A/ Cycle de reproduction en milieu naturel 72
III.1.B/ Maîtrise du cycle de reproduction en captivité 73
III.1.B.a/ Historique 73
III.1.B.b/ Aspects techniques 75
III.1.B.c/ Impact de la maîtrise du cycle de reproduction en captivité sur les fermes piscicoles 80
III.1.B.d/ Nurseries 81
III.1.B.e/ Bilan 83

III.2/ Gestion de l'alimentation en captivité 85
III.2.A/ Alimentation traditionnelle ou ménagère 85
III.2.B/ Alimentation industrielle 90
III.2.C/ Indice de conversion 93
III.2.D/ Stockage et distribution 94
III.2.E/ Pratiques alimentaires 96
III.2.F/ Perspectives 98

III.3/ Gestion des pathologies en pangasiculture 101
III.3.A/ Identification des différentes pathologies 101
III.3.A.a/ Pathologies virales 101
III.3.A.b/ Pathologies bactériennes 102
III.3.A.c/ Pathologies parasitaires 103
III.3.B/ Traitements 105
III.3.C/ Prophylaxie 105
III.3.C.a/ Prophylaxie sanitaire 105
III.3.C.b/ Prophylaxie médicale 106
III.3.D/ Conclusions 107

III.4/ Analyse économique de l'exploitation 109
III.4.A/ La loi des marchés 109
III.4.B/ Bilan financier d'une exploitation 113
III.4.B.a/ Répartition des coûts 113
III.4.B.b/ Exemple d'un bilan d'exploitation en système de production en étang 115
III.4.B.b.α/ Analyse des coûts 115
III.4.B.b.α_1/ Coûts variables 115
III.4.B.b.α_2/ Coûts fixes 118
III.4.B.b.α_3/ Bilan des coûts 118
III.4.B.b.β/ Analyse des recettes 119
III.4.B.b.γ/ Bilan financier 120
III.4.B.c/ Comparatif avec le bilan d'exploitation en système de production en cage 122
III.4.C/ Conclusions 122

III.5/ Impact environnemental et qualité de l'eau 124
III.5.A/ Qualité des eaux du Mékong 124
III.5.B/ Gestion de l'eau dans l'exploitation 126

III.5.B.a/ Gestion des intrants 126
III.5.B.a.α/ Système de production en cage ou en enclos 126
III.5.B.a.β/ Système de production en étang 127
III.5.B.b/ Sources de pollution interne 128
III.5.B.c/ Effluents 129
III.5.B.c.α/ Système de production en cage 129
III.5.B.c.β/ Système de production en étang 131
III.5.B.c.γ/ Système de production en enclos 132
III.5.C/ Bilan de l'impact environnemental 132
III.5.C.a/ Rejets organiques 132
III.5.C.b/ Produits chimiques et pharmaceutiques 133
III.5.C.c/ Fuites de poissons d'élevage 134
III.5.C.d/ Contrôles 134

III.6/ Sécurité sanitaire 134
III.6.A/ Qualité sanitaire des poissons d'élevage 134
III.6.B/ Usines de transformation 137
III.6.C/ Conclusions 138

Conclusions sur la pisciculture intensive via l'exemple pangasicole 142

IV/ Exemple d'un système de production traditionnel intégré à son milieu : la rizipisciculture 143
IV.1/ Système riz-poisson 144
IV.1.A/ Une pisciculture adaptée aux cultures rizicoles 145
IV.1.A.a/ Approche simplifiée de l'écosystème 145
IV.1.A.b/ Riziculture et poissons 149
IV.1.B/ Système de production rizipiscicole 149

IV.2/ Gestion du système rizipiscicole 153
IV.2.A/ Espèces cibles 153
IV.2.B/ Fonctionnement 154
IV.2.B.a/ Alevins 154
IV.2.B.b/ Calendrier 157
IV.2.B.c/ Lutte contre les prédateurs et les nuisibles 158
IV.2.B.d/ Productions semi-intensive et intensive 164
IV.2.B.e/ Les associations piscicoles 165

IV.3/ Bilans et perspectives 166
IV.3.A/ Résultats 166
IV.3.A.a/ Rendements 166
IV.3.A.a.α/ Rendements rizicoles 166
IV.3.A.a.β/ Rendements piscicoles 167
IV.3.A.b/ Bilan financier 170
IV.3.B/ Promotion et limites du système 171

IV.4/ Conclusions sur la rizipisciculture 173

Conclusion générale 175

Annexe 1 : Cartographie du Vietnam 177
Annexe 2 : Le fleuve Mékong 178
Annexe 3 : Subdivisions administratives du delta du Mékong 180
Annexe 4 : Pêche de capture au Vietnam : stocks et quotas en 1997 181
Annexe 5 : Les « poissons-déchets » 182
Annexe 6 : Identification et caractéristiques des différents pangasidae 184
Annexe 7 : Etape de filetage chez Docifish 186

Annexe 8 : Migrations des adultes reproducteurs chez *P. hypophthalmus*.....187

Annexe 9 : Listes exhaustives des différents parasites rencontrés en pangasiculture dans le delta du Mékong et documentés à la fin de l'année 2003, d'après [92].....188

Annexe 10 : Etude diagnostique de la qualité des eaux du Mékong (d'après [53])190

Annexe 11 : Résultats de l'étude sur l'impact environnemental de la pangasiculture en cage à Hong Ngu au Vietnam.....196

Annexe 12 : Questions à l'assemblée : Sécurité alimentaire du Pangas.....197

Annexe 13 : Règlement (CE) n° 1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.....198

Annexe 14 : Commerce international et sécurité sanitaire.....200

Annexe 15 : Caractéristiques des différents poissons disponibles dans le delta du Mékong.....201

Annexe 16 : Toxicité de différents produits phytosanitaires utilisés en riziculture sur différentes espèces de poissons.....202

Annexe 17 : Rendements rizicoles comparés en rizipisciculture et en monoculture dans différents pays asiatiques.....204

Annexe 18 : Rendements piscicoles en rizipisciculture dans différents pays asiatiques.....206

Annexe 19 : Bilans d'exploitations rizipiscicoles.....207

Bibliographie.....213

Liste des graphes

Graphe n°1 : Variation des températures et des précipitations dans la région de Hô Chi Minh Ville, Sud Vietnam 4

Graphe n°2 : Production totale en produits de la mer au Vietnam 23

Graphe n°3 : Pêche de capture au Vietnam 23

Graphe n°4 : Production aquacole au Vietnam 23

Graphe n°5 : Production et surface de culture du Pangas entre 1997 et 2005 31

Graphe n°6 : Productions issues de l'aquaculture comparées de poissons d'eau douce et de poissons-chats dans le delta du Mékong de 1997 à 2004 32

Graphe n°7 : Production des différents systèmes de culture du Pangas dans le delta du Mékong 37

Graphe n°8 : Part des éleveurs de pangas employant des additifs dans la préparation de leur ration ménagère 87

Graphe n°9 : Fluctuation de la composition de l'aliment au cours d'un cycle d'élevage de *P. bocourti* 89

Graphe n°10 : fluctuation des prix des principaux composants de l'aliment ménager en 2005 90

Graphe n°11 : Fréquence de distribution de l'aliment selon les différents systèmes d'élevage 95

Graphe n°12 : Pratiques alimentaires selon différents systèmes de production et différentes localités en décembre 2005 97

Graphe n°13 : Evolution des volumes et de la valeur du Pangas à l'export entre 2001 et 2005 110

Graphe n°14 : Prix moyens payés au producteur en fonction de l'année, en đ/kg 110

Graphe n°15 : Bénéfice net par catégorie d'alimentation 121

Graphe n°16 : Comparaison des coûts de production moyens en cage et en étang en alimentation traditionnelle ou industrielle 122

Graphe n°17 : Revenu net (en $/ha/an) vs Investissement total (en $/ha/an) . 122

Graphe n°18 : Revenu net dans les différentes exploitations de la province de Tien Giang 123

Graphe n°19 : Contamination en métaux lourds du Mékong.....124

Graphe n°20 : Index de toxicité équivalente (I-TEQ) pour la dioxine et les furanes enregistrées durant les campagnes 2003-2004 125

Graphe n°21 : Effets comparés de différentes espèces de poissons sur les nymphes de fulgoriformes dans les fermes rizipiscicoles 162

Graphe n°22 : Abondance en Ampullaires (*Pomacea canaliculata*) collectés deux jours après la récolte de riz dans une parcelle rizipiscicole de 50 m² durant la saison des pluies (A) et dans une parcelle de 200 m² durant la saison sèche, à différents degrés d'infestation initiale_ 163

Graphe n°23, Annexe 10 : Comparaison du profil chimique de différents fleuves 191

Graphe n°24, Annexe 10 : Profil des principaux ions retrouvés dans le Mékong 191

Graphe n°25, Annexe 10 : Concentrations en arsenic enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004.....192

Graphe n°26, Annexe 10 : Concentrations en chrome enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004.....192

Graphe n°27, Annexe 10 : Concentrations en cuivre enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004.....193

Graphe n°28, Annexe 10 : Concentrations en nickel enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004.....193

Graphe n°29, Annexe 10 : Concentrations en plomb enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004.....194

Graphe n°30, Annexe 10 : Concentrations en zinc enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004.....194

Graphe n°31, Annexe 10 : Concentrations en mercure enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004.....195

Graphe n°32, Annexe 10 : Concentrations totales en hydrocarbures mesurées durant les campagnes 2003 et 2004.....195

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Histoire du Vietnam en quelques dates 5
Tableau n°2 : Chiffres clés Vietnam/France 7
Tableau n°3 : Part des principaux secteurs d'activité dans le PIB (2005) 8
Tableau n°4 : Table de données sur la pêche au Vietnam en 2002 14
Tableau n°5 : Utilisation des poissons fourrages par l'aquaculture 15
Tableau n°6 : Production et objectifs de pêche en 2001, 2005 et 2010 19
Tableau n°7 : Etat des lieux du commerce de la pêche au Vietnam 25
Tableau n°8 : Composition en éléments nutritifs de 100g de produits comestibles de *P. bocourti* 34
Tableau n°9 : Composition en éléments nutritifs de 100g de produits comestibles de *P. hypophtalmus* 35
Tableau n°10 : Taille et répartition des étangs dans la province d'An Giang 39
Tableau n°11 : Taille et répartition des cages dans la province d'An Giang 45
Tableau n°12 : Quelques valeurs techniques pour l'élevage des Pangas en système cage 45
Tableau n°13 : Comparaison du nombre, de la hauteur d'eau, de la surface totale et de la taille moyenne des étangs selon les différentes catégories d'exploitations 51
Tableau n°14 : Empoissonnement et rendements selon les différents systèmes d'élevage 82
Tableau n°15 : Formulation d'un aliment ménager dans les provinces d'An Giang et de Dong Thap 86
Tableau n°16 : Différentes formulations rencontrées en alimentation traditionnelle dans le delta du Mékong en 2005 (en % d'inclusion) 88
Tableau n°17 : Composition moyenne des différents types d'aliments (en % de la matière sèche) 92
Tableau n°18 : Comparaison des différents indices de conversion retrouvés dans la littérature 93

Tableau n°19 : Evolution de la production et des parts de marché en Pangas de 1997 à 2002 109

Tableau n°20 : Importations de filets de poissons blancs surgelés par l'Allemagne durant la période janvier-Août 2004/2005 111

Tableau n°21 : Coûts de l'alimentation dans l'élevage du Pangas 116

Tableau n°22 : Coûts de production en élevage de Pangas en système étang dans la province d'An Giang en 2006 118

Tableau n°23 : Liens entre alimentation en production en pangasiculture 119

Tableau n°24 : Recettes annuelles moyennes par catégorie 120

Tableau n°25 : Résumé du bilan financier et de quelques indicateurs économiques pour un cycle de production par catégorie d'alimentation 120

Tableau n°26 : Taux de survie (moyenne et écart-type) d'*Hyalella azteca* après 14 jours d'exposition aux sédiments issus des campagnes de ramassage 2003 et 2004 125

Tableau n°27 : Nutriments utilisés et gaspillés lors d'élevage de Pangas en cage, calculés sur 204 cages dans la province de Dong Thap par Yang et al. en 2003 130

Tableau n°28 : Comparatif des besoins en riziculture et en pisciculture concernant les principaux paramètres physico-chimiques du milieu 144

Tableau n°29 : Principales espèces utilisées en rizipisciculture au Vietnam 153

Tableau n°30 : Organismes problématiques dans la production de riz, prédation par les poissons et stades de vie susceptibles d'être l'objet de prédation 160

Tableau n°31 : Espèces de poissons introduites en rizipisciculture à Co Do dans la province de Can Tho 165

Tableau n°32 : Production rizicole et apports dans les différents systèmes de culture, d'après une étude réalisée entre 1994 et 1995 à Co Do dans la province de Can Tho 166

Tableau n°33 : Production piscicole en rizipisciculture irriguée dans le delta du Mékong, en kilogramme par hectare 168

Tableau n°34 : Rendements nets comparés obtenus par différentes études en rizipisciculture et en monoculture 169

Tableau n°35, Annexe 4 : Total admissible des captures par région et par classe de poissons en fonction des stocks au Vietnam 181

Tableau n°36, Annexe 5 : Espèces incluses dans l'appellation « poissons-fourrage » couramment rencontrées en alimentation aquacole au Vietnam 182

Tableau n°37, Annexe 5 : Estimation de la production annuelle de « poissons-déchets » dans la région Asie-Pacifique 183

Tableau n°38, Annexe 6 : Principales caractéristiques pour l'aquaculture des différents pangasidae du delta du Mékong 185

Tableau n°39, Annexe 11 : Valeurs des différents paramètres de la qualité de l'eau en amont, au niveau et en aval de la zone de pisciculture en cage de Hong Ngu dans le delta du Mékong 196

Tableau n°40, Annexe 15 : Caractéristiques des différents poissons disponibles dans le delta du Mékong au Vietnam 201

Tableau n°41, Annexe 16 : Toxicité de différents insecticides et herbicides via mesure de la DL50 à 48h pour *O. niloticus*, *O. mossambicus* et *C. carassius* réalisée au « Freshwater Aquaculture Center - Central Luzon State University » aux Philippines 202

Tableau n°42, Annexe 16 : TLM pour la Carpe commune (*Cyprinus carpio*) face à divers produits phytosanitaires 203

Tableau n°43, Annexe 17 : Impact des poissons sur les rendements rizicoles, résultats obtenus en Chine, 1980-1987 204

Tableau n°44, Annexe 17 : Influence des poissons sur les rendements rizicoles dans différents pays 205

Tableau n°45, Annexe 18 : Rendements piscicoles obtenus en rizipisciculture dans différents pays asiatiques 206

Tableau n°46, Annexe 19 : Coûts variables (en Đong/ha) pour la culture du riz dans différents systèmes de production 207

Tableau n°47, Annexe 19 : Coûts variables (en Đong/ha) pour l'élevage de poissons en système rizipiscicole 208

Tableau n°48, Annexe 19 : Bilan financier comparé des exploitations rizipiscicoles et rizicoles 209

Tableau n°49, Annexe 19 : Détails des coûts et bénéfices en rizipisciculture et en riziculture dans différents pays asiatiques 210

Tableau n°50, Annexe 19 Résumé des coûts et bénéfices de fermes rizicoles et rizipiscicoles dans différents pays asiatiques 211

Liste des illustrations

Figure n°1 : *Pangasius bocourti* 33
Figure n°2 : *Pangasius hypophthalmus* 34
Figure n°3 : Principe du système VAC 38
Figure n°4 : Filière commerciale de *Pangasius bocourti* 53
Figure n°5 : Filière commerciale de *Pangasius hypophthalmus* 54
Figure n°6 : Hypothèse sur l'origine de la coloration jaune des filets de pangas selon Cacot et Lazard 68
Figure n°7 : Modélisation du filet de pêche utilisé pour la capture des juvéniles dans le delta du Mékong 72
Figure n°8 : Cycle de production de *Pangasius hypophthalmus* 83
Figure n°9 : Ingrédients utilisés par les pisciculteurs pour la fabrication de l'aliment traditionnel 85
Figure n°10 : Parts de marché du Pangas à l'export en 2005 112
Figure n°11 : Répartition moyenne des coûts de production du Pangas tous systèmes confondus dans le delta du Mékong en 2005 114
Figure n°12 : Répartition comparée des coûts de production de *Pangasius bocourti* et *Pangasius hypophthalmus* en cages flottantes en 1992 et en 2001 . 114
Figure n°13 : Distribution des coûts selon les différents types d'alimentation en système étang en 2007 119
Figure n°14 : Composantes de l'écosystème rizipiscicole 146
Figure n°15 : Schéma récapitulatif simplifié des principaux flux d'énergie dans l'écosystème rizipiscicole 147
Figure n°16 : Schéma d'un système rizipiscicole en cours de production 149
Figure n°17 : Etang refuge 150
Figure n°18 : Différents types d'aménagements rizipiscicoles 150
Figure n°19 : Rehaussement des diguettes 151
Figure n°20 : Modèle de grilles pour la gestion des flux d'eau 151
Figure n°21 : Différents modes de vidange et d'alimentation 151

Figure n°22 : Création d'une compostière dans l'étang refuge.....152
Figure n°23 : Remplissage de la compostière 152
Figure n°24 : Relâchée de poissons.....152
Figure n°25 : Récolte des poissons 152
Figure n°26 : Rizière bien aménagée pour la rizipisciculture 152
Figure n°27 : Introduction des alevins 155
Figure n°28 : Différentes sources d'aliments.....157
Figure n°29 : Lutte contre les déprédateurs en rizipisciculture 161
Figure n°30, Annexe 5 : Cercle vicieux par lequel l'accroissement de la demande soutenu par l'accroissement des prix conduit à l'accroissement des captures et à la dégradation de la ressource.....183
Figure n°31, Annexe 6 : Clé d'identification des grands pangasidae du Mékong.184
Figure n°32, Annexe 14 : Diagramme illustrant les mécanismes par lesquels le commerce international influe sur la sécurité alimentaire 200

Liste des photos

Photo n°1 : Etang d'élevage de Pangas n°1 41
Photo n°2 : Etang d'élevage de Pangas n°2 41
Photo n°3 : Etang d'élevage de Pangas n°3 42
Photo n°4 : Détail de la zone de renouvellement d'eau de la photo n°3 42
Photo n°5 : Assèchement d'un étang de production en fin de cycle 43
Photo n°6 : Système d'élevage en cage 44
Photo n°7 : Système d'élevage en enclos 47
Photo n°8 : Pêche du Pangas dans un bateau de transport 57
Photo n°9 : La cargaison de Pangas transportée jusqu'à l'usine 57
Photo n°10 : Récupération des pangas après la saignée chez Docifish 58
Photo n°11 : Sortie automatisée du bac de saignée chez BianfishCo 58
Photos n°12 : Etape de filetage chez BianfishCo 59
Photo n°13 : Skinning chez Docifish 59
Photo n°14 : Etape de nettoyage des filets chez BianfishCo 60
Photo n°15 : Etape de nettoyage des filets chez Docifish 60
Photo n°16 : Poste de pesée chez Docifish 61
Photo n°17 : Sortie du bac de lavage chez BianfishCo 61
Photo n°18 : Recherche parasitaire dans les filets de Pangas chez Docifish 62
Photo n°19 : Trieuse automatique chez BianfishCo 62
Photo n°20 : Bacs de lavage chez BianfishCo 62
Photo n°21 : Dernière étape de la fabrication de filets de Pangas chez Docifish63
Photo n°22 : Mise en place de filets dans le surgélateur chez BianfishCo 64
Photo n°23 : Service d'emballage des filets surgelés chez BianfishCo 64
Photo n°24 : Produit fini : filet de Pangas chez Docifish 64
Photo n°25 : Différentes colorations du filet de Pangas 65
Photo n°26 : Etang artificiel d'élevage de reproducteurs de *P. hypophthalmus* dans la région de Dong Thap 74

Photo n°27 : Obtention de la laitance chez le mâle 77
Photo n°28 : Obtention des ovules par stripping 79
Photo n°29 : Incubateurs en écloserie artisanale dans la province de Dong Thap80
Photo n°30 : Aliments industriels flottants pour Pangas 91
Photos n°31 : Différents aliments commerciaux 92
Photos n°32 : Distribution manuelle d'un aliment industriel dans deux exploitations différentes 94
Photo n°33 : Stockage de l'aliment industriel 95
Photo n°34 : Etang d'élevage piscicole vide, en cours de nettoyage 128
Photos n°35 : Rejet sauvage (photo B) des eaux de pompage d'un étang en fin de production (photo A) 131
Photos n°36, Annexe 7 : Etape de filetage chez Docifish 186

Liste des cartes

Carte n°1 : Remontées salines dans le delta du Mékong 10
Carte n°2 : Pays leaders en aquaculture dans le monde 21
Carte n°3, Annexe 1 : Cartographie du Vietnam 177
Carte n°4, Annexe 2 : Le fleuve Mékong et son bassin 178
Carte n°5, Annexe 2 : Le fleuve Mékong : principaux affluents et zones inondées 179
Carte n°6, Annexe 3 : Subdivisions administratives du delta du Mékong 180
Carte n°7, Annexe 8 : Migrations des *P. hypophthalmus* adultes 187
Carte n°8, Annexe 10 : Carte du bas bassin du Mékong indiquant les différentes stations d'étude de la qualité de l'eau 190

Introduction

Le Vietnam, pays émergeant, dépend encore grandement de l'agriculture pour asseoir son développement. Les principales productions sont la riziculture, l'élevage de porcs et les productions halieutiques (pêche et aquaculture). Le développement de l'aquaculture répond à l'augmentation des besoins en protéines animales d'une population importante en forte croissance et à de nouvelles opportunités de revenus à l'exportation. Ainsi, profitant d'une tradition piscicole séculaire et disposant d'un fort potentiel en sites favorables à la pisciculture (delta du Fleuve Rouge au Nord, et delta du Mékong au Sud), les autorités ont fait de l'aquaculture un des objectifs prioritaires aussi bien pour la croissance du pays que pour financer leur programme de lutte contre la pauvreté. Longtemps cantonné à la seule consommation locale (dans le Sud du pays, 68% des protéines animales consommées sont d'origine aquatique), la pisciculture s'organise aujourd'hui afin de satisfaire une plus grande diversité de consommateurs.

Après avoir présenté dans une première partie les différentes spécificités historiques, géographiques, économiques, techniques et sociales formant le « cadre » de la filière piscicole, nous étudierons la pisciculture dans le delta du Mékong au travers de ses trois principaux systèmes d'élevage : la rizipisciculture, la pisciculture en étang et la pisciculture en cage. Pour présenter ces deux derniers systèmes, nous nous appuierons sur l'exemple de la filière du Pangas, nouvelle coqueluche des éleveurs vietnamiens, de son élevage à sa mise sur le marché. Enfin, dans la dernière partie de ce travail, nous étudierons plus spécifiquement un système de production particulier, extensif, mais aussi plus respectueux de l'environnement : la rizipisciculture.

I/ Présentation du contexte géopolitique et macro-économique

La capture (pêche) ou l'élevage (pisciculture) de poissons sont généralement considérées comme deux activités totalement séparées. En réalité, il n'en est rien. Ce sont deux secteurs très proches, reliés de différentes manières entre eux, aussi bien d'un point de vue économique (concurrence ou complémentarité sur les marchés, main d'œuvre ciblée, etc..) que technique (« poissons-fourrages », captures de juvéniles, etc...). Qui plus est, ces deux secteurs sont contrôlés au Vietnam par le seul ministère des pêches. C'est pourquoi il est important de comprendre le contexte particulier de ce pays afin de mieux cerner les spécificités de la pisciculture dans le delta du Mékong.

I.1/ Présentation du Vietnam

Comme toute filière de production agricole, le secteur des pêches (et de facto l'aquaculture) est intimement lié à son cadre géopolitique, historique et économique.

I.1.A/ Situation géographique

I.1.A.a/ Topographie

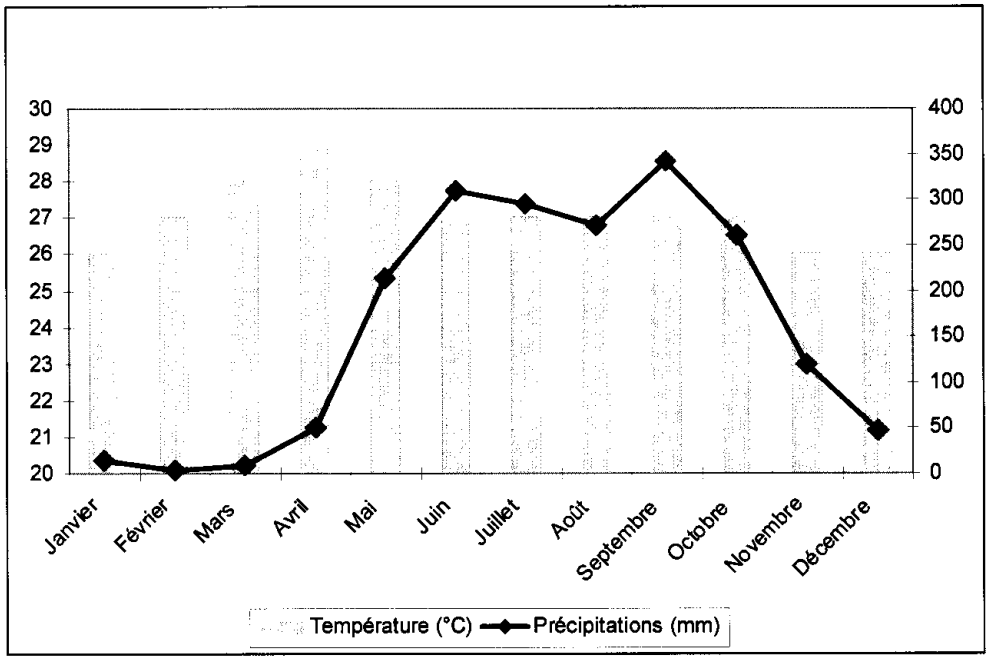
Pays d'Asie du Sud-est de 331 000 km², le Vietnam s'étend de 102° 10' à 109° 30' de longitude Est et de 8° 30' à 23° 22' de latitude Nord. Pays tout en longueur dont la configuration rappelle un « S », il s'étend sur 1650 km du Nord au Sud, alors que sa largeur maximale (au Nord) est de 600km, et sa largeur minimale (dans la région de Quang Binh) est de 50 km. Il est bordé au Nord par la Chine, à l'Ouest par le Laos et le Cambodge, et s'ouvre à l'Est et au Sud sur la Mer de Chine Méridionale et le Golfe de Siam. Le pays compte 3 700 km de frontières terrestres et 3 260 km de côtes [*cf. carte 3 Annexe 1*]. [64] [96]

I.1.A.b/ Climat

Le Vietnam possède un climat tropical et subtropical, avec deux zones géographiques aux climats légèrement différents, séparées par une chaîne de montagnes (Truong Son) au Centre du pays, entre Danang (ex Tourane) et Hué [*cf. carte 3 Annexe 1*]. On retrouve deux saisons distinctes (au Nord, on distingue même quatre saisons) : la saison sèche (de novembre à avril) et la saison des pluies (de mai à octobre). Si les changements de température sont assez marqués dans le Nord entre les deux saisons, la variation de température au Sud n'excède pas 5 - 10 °C de variation [*cf. Graphe n°1*]. [13] [64] [96]

Durant la saison des pluies, la montée de l'air chaud du Désert de Gobi entraîne une aspiration de l'humidité des océans sur toute l'Asie. On observe ainsi des pluies fortes à torrentielles, avec des précipitations quotidiennes de 120 à 300 mm. 90% des précipitations se déroulent à cette période [*cf. Graphe n°1*]. [114]

Dans le Sud, les températures moyennes oscillent entre 26 et 30°C toute l'année, avec durant la saison chaude des pics à plus de 40°C [*cf. graphe n°1*]. [114]



Graphe n°1 : Variations des températures et des précipitations dans la région de Hô Chi Minh Ville, Sud Vietnam
(d'après [114])

I.1.B/ Histoire

Le Vietnam au cours des âges a rarement été indépendant. Soumis à la Chine pendant près de mille ans, le pays accède à une certaine autonomie vers l'an 1 000 sans jamais parvenir à se libérer totalement de son encombrant voisin. L'arrivée des occidentaux change la donne, et croyant se débarrasser définitivement des chinois, le pays devient protectorat français dès la moitié du XIXème siècle mais ne gagne que peu d'autonomie, soumis à la juridiction de l'administration coloniale française. Il s'ensuit une très longue lutte contre les français (Guerre d'Indochine), contre les américains (Guerre du Vietnam) et contre les chinois et les khmers (3ème guerre d'Indochine) pour que le pays accède enfin à l'indépendance et à l'autonomie tant désirées [*cf. Tableau n°1*]. Mais les séquelles furent lourdes, tant humainement qu'économiquement, notamment suite à l'utilisation massive par l'armée américaine du fameux « agent orange », particulièrement cancérigène et tératogène pour la population (aujourd'hui encore) et responsable d'une très importante déforestation (1/5ème des forêts sud vietnamiennes selon l'UNESCO).

Cette histoire particulière a rendue sa population très soudée et fière de son identité nationale, persévérante, courageuse et déterminée. Aujourd'hui en paix, le Vietnam est officiellement une république socialiste avec un parti unique, le parti communiste vietnamien qui contrôle toutes les institutions politiques du pays.

1883 - 1940	**Colonisation française - Indochine**
1940 - 1945	Occupation Japonaise
1945	Retour de l'administration coloniale française
1946 - 1954	**Guerre d'Indochine**
1954	Accord de Genève : le pays accède à l'indépendance mais se retrouve coupé en deux au niveau du 17ème parallèle.
1955	Arrivée des premiers conseillers militaires américains dans le Sud du pays
1958 - 1973	**Guerre du Vietnam**
1973 - 1975	Guerre civile entre le Nord et le Sud Vietnam
1976	**Proclamation de la République Socialiste du VIETNAM**
1977	Entrée du Vietnam à l'ONU
1979	**Troisième guerre d'Indochine**
1986	Réformes du Doi Moi
1989	Retour des dernières troupes stationnées au Cambodge
1995	Membre de l'ASEAN
2007	Membre de l'OMC

Tableau n°1 : Histoire du Vietnam en quelques dates

I.1.C/ Situation économique et politique

L'Asie du Sud-est connaît depuis près de 40 ans une croissance économique particulièrement favorable, mais le Vietnam en a pourtant longtemps été privé. La faute sans doute à une histoire particulièrement lourde [**cf. partie I.1.B**] qui ne semblait pas pouvoir être surmontée par un état qui, après sa réunification en 1976, bien qu'allié à l'URSS, s'est trouvé isolé, opposé à la fois à la Chine et aux Etats-Unis. Ravagé par les guerres, sous la tutelle de la ligne dure du parti communiste, ce pays semblait donc condamné au sous-développement. [41] [104]

En 1986 toutefois, ont été adoptées les réformes de Doi Moi (« la politique du changement et du renouveau ») qui ont précédé le développement social et économique du pays. Ce virage, imposé par la nouvelle politique de l'URSS de Gorbatchev et par l'aggravation des difficultés économiques et sociales dues à de mauvaises récoltes, a permis une libéralisation économique du pays (restant toutefois sous régime communiste). Ce mouvement fut accompagné d'une détente internationale, notamment avec la Chine et les Etats-Unis, et par la négociation du pays pour entrer dans l'ASEAN (devenu membre formel en 1995 [*cf. Tableau n°1*]). [30] [41] [44] [104]

Ces mesures ont permis un accroissement majeur de la productivité et des entrées de devises dans le pays, permettant une amélioration des conditions de vie des vietnamiens. Le PIB du pays a ainsi doublé durant les années 1990 et la proportion de la population vivant sous le seuil de pauvreté est passée de 60 à 35%. Elle est tombée à 23% en 2004. [30] [41] [44] [104]

L'agriculture s'est ainsi fortement développée. Le pays se révèle aujourd'hui non seulement capable d'assurer une production de nourriture suffisante pour subvenir à sa population, mais il est même devenu le second exportateur mondial de riz. Parallèlement, les conditions sociales ont connu une nette amélioration, aussi bien dans le domaine de l'éducation que de la santé, etc… [18] [41] [44] [30]

Cependant, les bénéfices de ce développement rapide n'ont pas irradié dans tout le pays, et certaines provinces parmi les plus pauvres (comme celles appartenant à la région dite du bas bassin du Mékong [« Lower Mekong Basin » ou LMB]) n'ont pas vu leur sort s'améliorer dans la même proportion. Les inégalités se sont creusées avec les provinces plus riches autour de Hanoi et Hô Chi Minh Ville (HCMV). Le LMB correspond aux territoires traversés ou aux territoires dont les eaux sont collectées par la partie terminale du fleuve Mékong, englobant

des régions de différents pays (Laos, Thaïlande, Cambodge, Vietnam). Au Vietnam, cette région inclut naturellement le Delta du Mékong, mais aussi plusieurs provinces dans les hauts-plateaux du Centre. Ces différentes zones supra-nationales ont été regroupées au sein d'une commission régionale, MRC (« Mekong River Commission »), dont le rôle est d'assurer une meilleure gestion des ressources aquatique et de favoriser le développement économique de la région. [30]

Ainsi, une part non négligeable de la population du pays (notamment les membres des minorités ethniques ou ceux qui sont géographiquement isolés des grands axes commerciaux) demeure très pauvre. Il y a en effet de nombreuses difficultés dans les régions rurales où le chômage est très élevé. Le développement de ces zones rurales est également freiné :

- par une diminution des terres agricoles disponibles par habitant,
- par un défaut d'investissements,
- par un manque de technologies agricoles modernes,
- par une absence d'infrastructures et de marchés.

En outre, la prospérité reste précaire en ces zones qui sont touchées de plein fouet tant par les crises économiques que par les catastrophes naturelles. [30] [44]

I.1.D/ Chiffres clés

	Vietnam	France
Superficie	332 378 km²	543 964 km² (métropole)
Population	86 millions (2008)	64 millions (2008)
PNB	$58,14.10^9$ $US (2006)	$2\ 560.10^9$ $US (2007)
PNB/Hab.	690 $ US /hab. (2006)	41 534 $ US /hab.
Espérance de vie	71 ans (2008)	80 ans (2007)
Taux d'alphabétisation	90,30% (2008)	100 % (2007)
Densité	252,33 hab/km²	113,75 hab. /km² (métropole)
Taux de natalité	16,47 ‰ (2008)	11,85 ‰ (2007)
Taux de mortalité	6,18 ‰ (2008)	9,20 ‰ (2007)
Taux de mortalité infantile	23,61 ‰ (2008)	3,70 ‰ (2007)
Taux d'urbanisation	24,50 %	74,50 %
Indice de perception de la corruption	123 / 180 (2007)	19 / 180 (2007)
IDH	105 / 177 (2007)	10 / 177 (2007)

IDH : Indice de Développement Humain

Tableau n°2 : Chiffres clés Vietnam/France

(d'après [97] [103] et [110])

Le ***tableau n°2*** nous indique les différentes valeurs des principaux indices d'analyse pour la France et pour le Vietnam. On observe notamment une alphabétisation très en avance pour un pays émergeant (93,85%), une espérance de vie relativement élevée (71 ans), une densité plus de deux fois supérieure à celle observée en France. Le taux de natalité est très élevé, et désormais le taux de mortalité est très bas du fait d'une population particulièrement jeune. Sa population est donc en forte augmentation. [110]

Part des principaux secteurs d'activités dans le PIB (2005) :
- agriculture : 20,9 %
- industrie et mines : 41,0 %
- services : 38,1 %

Tableau n°3 : Part des principaux secteurs d'activités dans le PIB (2005)
(d'après la banque mondiale citée par [103])

L'agriculture, qui ne représente pourtant qu'un cinquième du PIB [***cf. tableau n°3***], occupe encore les deux tiers de la population active dont le taux d'urbanisation, pourtant en forte augmentation, reste faible. La mécanisation est très peu avancée et l'agriculture (notamment la riziculture) exige une main d'œuvre abondante. [30] [103]

Aujourd'hui l'essor économique continue de porter ses fruits, permettant au Vietnam de s'intégrer progressivement dans les échanges mondiaux et de développer une économie fortement internationalisée (entrée dans l'OMC en 2007 [***cf. tableau n°1***]). La croissance moyenne a ainsi été supérieure à 7% durant les 9 dernières années. L'expansion économique et l'ouverture du pays conduisent à un fort dynamisme du commerce extérieur malgré une balance commerciale négative (en 2006 : - 4,8 milliards USD soit 7,5% du PIB). Les exportations ont notamment beaucoup profité de l'ouverture du marché américain en 2004, ainsi que de la flambée des cours du pétrole. Ce dernier représente 21% des exportations totales. De plus, le flux des investissements étrangers continue de se maintenir à un niveau très élevé. Ces investissements restent cependant moindres que dans les autres pays du Sud Est asiatique, du fait de la ligne économique assez obscure du parti communiste vietnamien, des arcanes complexes de son administration et de la très forte corruption des fonctionnaires. [30] [97] [104]

La situation concernant les droits de l'homme reste par contre préoccupante, malgré quelques gestes encourageants. De nombreux défenseurs des droits de l'homme sont régulièrement arrêtés et condamnés à de lourdes peines, la contestation politique est interdite, le droit des minorités est souvent bafoué et la situation des homosexuels reste précaire...

I.2/ Le Delta du Mékong

Le Delta du Mékong se situe au Sud du pays [*cf. carte 3 Annexe 1*]. Ses particularités géographiques ont fait de cette région le grenier à riz du Vietnam. Mais cette région se révèle également être un centre majeur pour la production aquacole. [18]

I.2.A/ Le fleuve Mékong

Le fleuve Mékong naît dans les hauteurs de l'Himalaya, au Tibet oriental [*cf. carte 4 Annexe 2*]. Sa source n'est pas connue avec précision, en raison de la présence de différents affluents dans une zone d'accès particulièrement difficile. On estime toutefois sa longueur de 4 350 à 4 909 km, ce qui en fait le 10ème fleuve le plus long du monde. Il traverse différents états : Chine (province de Yunnan), Myanmar, Laos, Thaïlande, Cambodge et Vietnam. Son débit est de 475 km^3/an, ce qui le place là encore à la 10ème place mondiale. [52] [64]

Le Delta du Mékong débute à Phnom Penh (capitale du Cambodge), le fleuve se séparant en 2 bras principaux : le Mékong et le Bassac. Les deux branches s'écoulent vers le Vietnam où elles donnent un réseau hydraulique dense (renforcé par la création de nombreux canaux réalisés par l'homme). Leur courant réduit alluvionne, assurant une très bonne fertilité de ces terres. En arrivant au Viêt Nam, le Mékong prend le nom de Cửu Long (neuf dragons), censé représenter les neuf branches qui se jettent en mer de Chine méridionale [114].

Les principales branches sont : [*cf. carte 6 Annexe 3*]

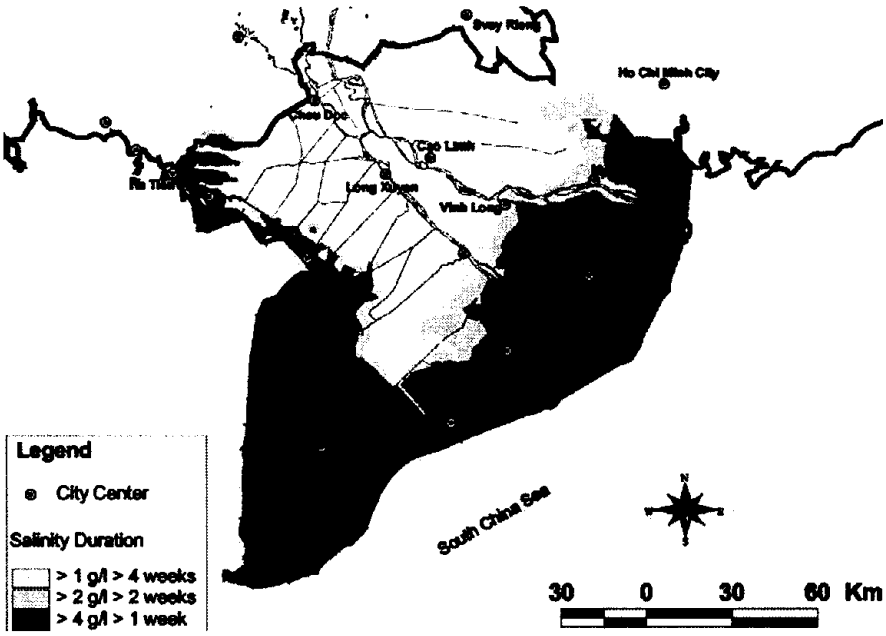
- Le ***Bassac*** (Hậu Giang ou deuxième fleuve) qui passe à Cần Thơ.
- Le ***Tiền Giang*** (ou premier fleuve) qui prend plusieurs noms le long de son parcours, et notamment celui de Sông Hổ (ou fleuve tigre) dans la région de Đồng Tháp.
- ***Cổ Chiên*** dans la région de Vĩnh Long
- ***Hàm Luông*** dans la région de Bến Tre
- ***Sông Mỹ Tho*** dans la région du même nom

I.2.B/ Etude géographique du Delta

Le delta du Mékong au Vietnam est une vaste plaine dont le niveau s'élève de 0 à 1,5 mètres au dessus du niveau de la mer, couvrant une superficie de 329 225 hectares. Les pratiques agricoles y sont principalement conditionnées par l'hydrographie (précipitations, débit des écoulements, influence des marées) et la nature des sols. [40] [54] [55] [64]

Les neuf branches du Mékong assurent l'irrigation et la fertilité des terres, formant le plus grand delta du monde, avant de se jeter dans la Mer de Chine Méridionale. Le climat est chaud et humide (température moyenne 26°C, mini 19°C, maxi 35°C) [*cf. graphe n°1*]. La mousson y dure 7 mois, de mai à novembre, avec une pluviométrie annuelle de l'ordre de 1 800 mm, soit légèrement supérieure à l'évaporation ambiante. [9] [55]

La zone dispose d'eau en permanence provenant des fontes de neige de l'Himalaya. Durant la saison de la mousson, le Mékong est en crue mais de façon modérée. Le lac Ton Le Sap, en amont, au Cambodge, absorbe ainsi une bonne partie de la crue. Durant la saison sèche, le lac va restituer progressivement l'eau accumulée, sa surface fluctuant alors de 12 000 à 3 000 km² (*cf. carte 5 Annexe 2*). [9] [53] [55]



Carte n°1 : Remontées salines dans le delta du Mékong
(d'après [61])

La faible variation d'altitude entre l'amont et l'aval au niveau du delta entraîne une variation des hauteurs d'eau par la poussée des marées en Mer de Chine Méridionale. Ainsi, le niveau de l'eau fluctue 4 fois par jour (2 cycles), avec une amplitude quotidienne d'environ 1m dans la partie médiane du Delta. Ces fluctuations permettent d'alimenter simplement par gravité les rizières et les étangs d'élevage de poissons qui peuvent ainsi être remplis ou drainés en fonction des besoins. Les remontées salines ne constituent un « problème » que sur la frange côtière du delta (jusqu'à 50km à l'intérieur des terres) : ***cf. carte 1***. Ces terres sont notamment utilisées pour l'élevage de crevettes. [9] [42] [53] [61] [64]

Durant la saison des pluies, une grande partie du Delta se retrouve littéralement recouverte par les eaux, ce qui n'est pas sans poser de grosses difficultés, d'abord pour les populations et les infrastructures mais aussi pour l'environnement (lessivage des sols, modification des propriétés physico-chimiques des eaux) (***cf. carte 5 Annexe 2***). Ceci est notamment responsable d'une mortalité accrue en pisciculture, laquelle doit donc s'adapter à cette spécificité (**cf. III**). [9] [54] [55]

Les différentes branches du fleuve sont reliées entre elles par un réseau très dense de digues et de canaux, donnant à la région d'excellentes infrastructures fluviales. A l'origine vaste marécage, le delta a été mis en valeur durant le XIXème siècle et le début du XXème siècle, principalement durant la colonisation française, avec de gros travaux d'aménagement de canaux de drainage. [9]

Le Delta du Mékong est le grenier à riz du Vietnam. C'est une des régions les plus productives et les plus intensément cultivées de toute l'Asie. Alors que le Delta ne représente que 12% de la superficie du territoire et 20% de sa population, il assure près de 35% de l'ensemble de la production agricole du Vietnam, ce qui ne rend pas peu fière sa population qui aime à rappeler aux vietnamiens, notamment ceux des villes, le rôle primordial qu'ils jouent dans leur alimentation. Selon les spécificités des différentes régions du delta (notamment en ce qui concerne les remontées salines), on trouve différentes pratiques culturales (et différentes variétés de riz). La plus répandue demeure la culture intensive, mêlant hauts rendements et forte utilisation d'engrais et produits phytosanitaires. Les agriculteurs pratiquent ainsi 2 ou 3 récoltes de riz par an. Le Vietnam est un important exportateur de riz. Toutefois, la production de riz tend à diminuer au profit de productions fruitières plus rémunératrices (mangues, agrumes, goyaves, longanes, etc...). [9] [18] [21] [25] [64]

Cette région dispose également d'un long passé piscicole puisque la récolte de poissons autochtones dans les chenaux, canaux et rizières remonte aux alentours du XVème siècle lorsque les premières populations s'installèrent dans les zones inondables. Certains élevages sont bien développés (porcs, volailles et poissons). Il s'agit soit de productions familiales intégrées à l'agriculture (système traditionnel), soit de productions plus intensives destinées à la commercialisation. En aquaculture, on trouve principalement des élevages de poissons-chats en eau douce et de crevettes pénéïdes sur la côte. Ces élevages bénéficient d'une ressource locale en son de riz et, jusqu'à récemment, d'une ressource abondante en « poissons-fourrages » ou « poissons déchets » (**cf. partie I.3**). [9] [64]

I.2.C/ Aspects socio-économiques

Résultat d'une relativement bonne accessibilité (via les diverses voies fluviales et routières) et d'une intense productivité, cette zone est assez densément peuplée (environ 600 personnes par km^2). Cette densité implique une division plus importante des richesses : les revenus par habitant demeurent donc faibles. En outre, certaines provinces de la région comme Dong Thap, Soc Trang, An Giang, Tra Vinh et Bac Lieu, qui ont pourtant des revenus relativement élevés, n'ont pas su s'organiser pour transformer cette manne économique en amélioration des conditions sociales. Alors que les entrées d'argent sont hautes et que le sous-emploi reste faible dans ces provinces, les indicateurs sociaux comme la santé, l'éducation et l'accès aux services essentiels, témoignent de ce retard. [9] [30] [52]

Ainsi la région du delta du Mékong, pourtant non la plus pauvre du pays, demeure en deçà des moyennes nationales sur de nombreux indicateurs. Les revenus y sont ainsi de près de 7% inférieurs à la moyenne nationale dans la région dite du delta du Mékong. L'une des raisons de cette basse moyenne tient au fait que l'industrialisation de ces zones s'effectue de manière beaucoup plus lente si on la compare avec le développement des centres urbains de Hanoi ou HCMV ; par exemple, en 1995, la production industrielle représentait 27,6 % du PIB national, alors que dans le delta du Mékong, elle ne représentait que 14,3%. [9] [30] [52]

Les travailleurs non qualifiés prédominent dans la population et demeurent très vulnérables aux fluctuations du marché et autres crises, notamment celles

imputables aux inondations qui sont fréquentes dans le Delta du Mékong. La majeure partie de ce territoire est recouverte par les eaux chaque année durant la saison des pluies. Les inondations détruisent les cultures et sont responsables de nombreuses morts, mais s'avèrent indispensables à la fertilité des terres et au remplissage des réservoirs d'eau nécessaires à l'agriculture. [9] [52] [54] [64]

Les exploitations agricoles sont de taille relativement modeste, généralement 1 à 2 ha. Le morcellement se poursuit encore bien que la région connaisse un fort exode rural. L'afflux de main d'œuvre bon marché dans les grands centres urbains (notamment à Hồ Chí Minh Ville) profite au développement de l'industrie (délocalisée) et de la confection (textile). Par ailleurs, le sud dispose de gisements de pétrole off shore intéressants. Le Sud du Vietnam, incluant le delta, apporte donc une contribution essentielle aux ressources du pays qui sont, dans l'ordre des produits exportés : le pétrole, le textile et les produits aquatiques. [9]

I.3/ Vue d'ensemble du secteur de la pêche au Vietnam

Le secteur de la pêche (incluant l'aquaculture) participe significativement à l'économie du pays, enregistrant une progression de 12 % par an entre 1999 et 2003 qui a notamment permis la mise en place d'un programme de lutte contre la pauvreté par le gouvernement central. Avec une consommation de 19,4 kg/habitant/an, ce secteur fournit la moitié des besoins annuels en protéines de la population. Plus de 4 millions de personnes sont directement employées dans le secteur, et près de 10% de la population totale du pays tire ses revenus directement ou indirectement de ce secteur. [101] [102]

	Production	Import	Export	Approvisionnement total (disponible pour le marché intérieur)	Consommation par habitant
	x 10^3 tonnes (poids vif)				kg/an
Poissons disponibles pour la consommation humaine	**1 434**	**21**	**482**	**973**	**19,4**
Poissons disponibles pour l'alimentation animale ou pour d'autres fins	**990**	**54**		**1 036**	NA

Tableau n°4 : Table de données sur la pêche au Vietnam en 2002
(d'après [102])

L'analyse du ***tableau n°4*** montre l'interaction entre la pêche de capture et les autres formes d'élevage, dont l'aquaculture, grande consommatrice de « poissons-fourrage » ou « poissons-déchets » [**cf. parties I.3.A**]. On constate ainsi que plus de la moitié des poissons disponibles (c'est-à-dire poissons issus de capture en milieu naturel, les poissons élevés étant des animaux à haute valeur commerciale sont destinés à la consommation humaine) sont utilisés à des fins

autres que l'alimentation humaine. Ceci n'est pas sans susciter certaines interrogations au vu de la situation mondiale actuelle.

Le secteur de la pêche au Vietnam peut être divisé en 3 principaux sous-secteurs : la pêche marine, la pêche en eaux douces et l'aquaculture. Le secteur de la pêche sportive n'est pas développé dans ce pays. La pêche en milieu maritime reste le mode de production de produits d'origine aquatique le plus important. Il est suivi du sous-secteur de l'aquaculture. [31] [102]

I.3.A/ Présentation succincte de la pêche en milieu maritime

Le Vietnam dispose d'un accès direct à 4 zones de pêche marine importantes: le Golfe du Tonkin (partagé avec la Chine), le Centre Vietnam, le Sud-est Vietnam, et le Golfe de Siam (partagé avec le Cambodge et la Thaïlande). La partie Sud du pays, et principalement le Delta du Mékong, regroupe 75% des équipements de pêche du pays et la majorité de l'industrie qui y est associée. Les ressources maritimes seraient de près de 4,2 millions de tonnes de poissons au total, avec des quotas annuels de 1,7 millions de tonnes pêchées [*cf. Annexe 4*]. [31] [101] [102]

	Production (en t)	Part de poissons fourrages (%)	Indice de Conversion	Poissons fourrages (t)	
				Min.	Max.
Pangas	180 000	80	2,5	64 800	180 000
Crevette (*Penaeus monodon*)	160 000	39	4,75	71 820	143 640
Mérou	2 000	100	5,9	11 800	11 800
Homard (*P. ornatus*)	1 000	100	28	28 000	28 000
TOTAL				176 420	363 440

Tableau n°5 : Utilisation des poissons fourrages par l'aquaculture

(d'après Edwards et al. (2004) cités par [33])

Une certaine quantité de poissons pêchés n'est pas commercialisable (principalement des espèces non consommées par l'homme ou de taille trop petite) : on parle de « poissons-déchets » (ou « poissons-fourrage » dans les fermes piscicoles) [« trash fish »], bien que cela puisse aussi inclure des crustacés ou des mollusques. Ces rebuts sont alors utilisés soit pour l'alimentation en aquaculture ou en élevage (indispensable apport protéique pour certaines espèces carnivores ou omnivores, on parle alors parfois de « poissons-fourrage ») [*cf. tableau 5*], soit pour la fabrication de farines de poissons (utilisées dans l'alimentation du bétail ou en aquaculture), soit comme ingrédient dans les sauces de poisson (comme le Nước mắm). L'indice de conversion représente la quantité d'aliments (en matière sèche) nécessaire pour produire un kilogramme de poisson (en poids vif). On considère que la proportion de « poissons-déchets » pêchés est d'environ 33% du total des pêches réalisées. Dans les régions du Sud, cette proportion s'élève à près de 2/3 des captures (contre 5% au Centre du pays, et 14% au Nord). La qualité est généralement basse et le sel est souvent préféré au froid pour la conservation des chairs. Plus de 100 espèces de « poissons-déchets » marins sont utilisées en alimentation pour l'aquaculture [*cf. Annexe 5*]. On trouve principalement des poissons, mais aussi de petits mollusques, des crustacés ou des oursins. La composition de ces « déchets » dépend beaucoup du mode de pêche (le chalutage est responsable de la plus grande partie de ces captures [les « poissons-déchets » sont communément appelés en vietnamien « poissons de chalut »]), mais aussi des zones de pêche voire des périodes de l'année. Les principales espèces de « poissons-déchets » sont l'anchois (*Stolephorus spp*) dans le Centre et le Sud-ouest ; le poisson-lézard (*Saurida spp*) au Nord, au Centre et dans le Sud-est ; le poisson-poney (*Leiognathus spp*) dans le Centre et le Sud-ouest. Les « poissons-déchets » sont donc principalement des espèces démersales, mais les espèces pélagiques à plus ou moins haute valeur commerciale peuvent être utilisées lorsque les quantités de poissons pêchés dépassent les capacités d'absorption du marché ou des usines de transformation. Généralement, cette production est un « sous produit » de la pêche d'espèces à haute valeur économique. Toutefois, il existe une exception à Cat Lo, vers Vung Tau (au Sud-est de Saigon) où la cible principale de la pêche est le « poisson-déchet », plus rentable que les poissons traditionnellement capturés. En effet, depuis quelques années, suivant le développement de la filière piscicole, le prix du « poisson-fourrage » est fortement orienté à la hausse car de plus en plus demandé (c'est le cas notamment en pangasiculture, cf. partie III). [22] [33] [101] [102]

On estime à près de 430 000 personnes le nombre d'employés dans ce secteur de la pêche en mer. La flotte de pêche vietnamienne se compose d'environ 81 000 navires motorisés dont seulement une centaine est adaptée à la pêche en haute mer. Près de 45 000 de ces embarcations sont de petits bateaux qui ne peuvent trop s'éloigner des côtes. A cela peut s'ajouter près de 28 000 bateaux non motorisés qui pêchent également en bordure de mer : ces 2 groupes peuvent débarquer leur marchandise sur la plage sans utiliser les services d'un port. Il existe également une ancienne tradition de pêche réalisée directement à partir des berges : profitant de la marée, les pêcheurs piègent dans de grands filets tendus sur les côtes poissons et crustacés. Cette technique est également employée dans les estuaires et les rivières. La pêche côtière permet un apport important de protéines aux populations côtières dont la pression démographique s'accroît. Elle permet également de fournir aux aquaculteurs locaux les poissons fourrages indispensables à leur production. [101] [102]

Cette forte pression sur les milieux côtiers a par contre un effet particulièrement néfaste aussi bien sur la biodiversité que sur les stocks de poissons disponibles. Aujourd'hui, on observe une raréfaction marquée des populations sauvages côtières et de facto une disponibilité moindre en poissons fourrages. Cette raréfaction est causée par un accroissement de la demande accompagné d'un accroissement des prix responsables d'une surpêche (cercle vicieux dont les solutions de sortie sont essentiellement dépendante d'une véritable volonté politique : ***cf. Annexe 5***). [16]

La situation des communautés de pêcheurs en zone côtière est difficile et la plupart de leurs membres sont pauvres. De plus, l'accroissement de la population dans les villages de pêcheurs (2,6 à 2,8%) est nettement plus important que la moyenne nationale (1,3%) avec un foyer moyen de l'ordre de 6 - 7 personnes. Pêche et aquaculture représentent 75% du revenu de ces ménages (en effet, les pêcheurs ont souvent quelques cages d'aquaculture pour compléter leurs revenus issus de la pêche traditionnelle). La plupart du temps, les ménages n'ont pas accès au crédit officiel ni aux autres services de soutien à la production aquacole : acquisition de semences ou de juvéniles de qualité, connaissance des moyens et des méthodes de luttes contre les maladies, ou encore informations sur les marchés, etc... Les opportunités permettant une diversification des revenus étant assez rares, on assiste à une importante migration de ces populations vers d'autres zones plus urbanisées (une grande partie trouvera un emploi dans des usines de traitement des produits de la pêche). [31] [101] [102]

I.3.B/ Présentation succincte de la pêche en eaux douces

On estime que les eaux douces de surface, c'est-à-dire celles correspondant aux lacs et rivières, représentent environ 4 200km², auxquels on peut ajouter environ 6 000 km² correspondants aux étangs et aux zones inondées selon la saison. [102]

Dans le passé, la pêche en eaux douces représentait une part importante de l'économie de nombreuses provinces. Ainsi, dans les années 1970, on comptait près de 70 coopératives avec une production de plusieurs centaines de milliers de tonnes. Mais la surexploitation a forcé nombre de pêcheurs à se reconvertir dans d'autres activités et la pêche en eau douce est en régression aujourd'hui. Toutefois, elle demeure encore importante dans de nombreuses régions. [2] [101] [102]

Les rivières vietnamiennes sont plutôt très productives. Le fleuve Mékong, au Sud, a gardé beaucoup de sa richesse, procurant ainsi plus de 30 000t de poissons chaque année, pêchés par près de 48 000 pêcheurs répartis dans 250 communes du Delta du fleuve. À l'opposé, le Delta du fleuve Rouge, au Nord, originellement riche en poissons, en est désormais particulièrement pauvre, cette situation résultant de la politique de lutte contre les inondations : le contrôle des flux entraînant la disparition des zones de frai et de croissance des poissons sauvages. [2] [101] [102]

Pour l'aquaculture, cette pêche joue un rôle majeur. D'une part, comme pour la pêche en mer, elle fournit des poissons « déchets » pour alimenter les poissons d'élevage. En outre, pour les fermes aquacoles situées loin des côtes, ces derniers sont disponibles localement. En effet, les infrastructures permettant la conservation et le transport rapide des produits de la pêche en mer vers l'intérieur des terres ne sont pas encore suffisamment développées. D'autre part, elle permet de fournir des juvéniles indispensables aux fermes aquacoles. La réduction des stocks affecte donc doublement la filière aquacole (**cf. parties III.1 et III.2**).

I.3.C/ La pêche de capture, conclusions et limites

L'évaluation des ressources aquatiques est réalisée annuellement mais ses résultats sont rendus discutables par de mauvaises méthodes associées à un manque de moyens mis en œuvre pour les investigations. Les données ainsi obtenues ne forment pas une base théorique suffisamment solide pour pouvoir exploiter et protéger correctement ces ressources limitées. [101] [102]

Malgré la fragilité de ces données, le ministère de la pêche rapporte que de nombreuses régions aquatiques côtières sont aujourd'hui surexploitées, un nombre croissant d'espèces marines étant même menacées d'extinction. [2] [102]

Cette surexploitation reconnue par les spécialistes et le gouvernement est une importante source de difficultés pour les populations côtières. Une intervention en ce domaine afin d'assurer la pérennité des populations locales et de l'industrie de la pêche tout en garantissant la conservation de la biodiversité s'avère nécessaire aujourd'hui. Le gouvernement travaille en ce sens en planifiant une diminution de la pression sur la faune côtière par report sur la haute mer [*cf. Tableau 6*] grâce à un programme de promotion accompagné de mesures financières. [2] [101] [102]

	2001	2005	2010
Captures de poissons d'eau de mer (en $10.^3$t)	1 320	1 350	1 400
Côtière	870	800	700
Haute mer	450	550	700

Tableau n° 6 : Production et objectifs de pêche en 2001, 2005 et 2010
(d'après le Ministère Vietnamien des Pêches, cité par [XI11])

La modernisation de la flotte de pêche a débutée mais ce programme se heurte à de nombreuses difficultés. Par exemple, les infrastructures disponibles pour l'entretien ou la réparation des bâtiments n'ont pas suivi le rythme du développement de la pêche en mer (fabrique de glace, cales modernes, structure de réparation pour bateaux et/ou moteurs) : on ne trouve cela que dans certains

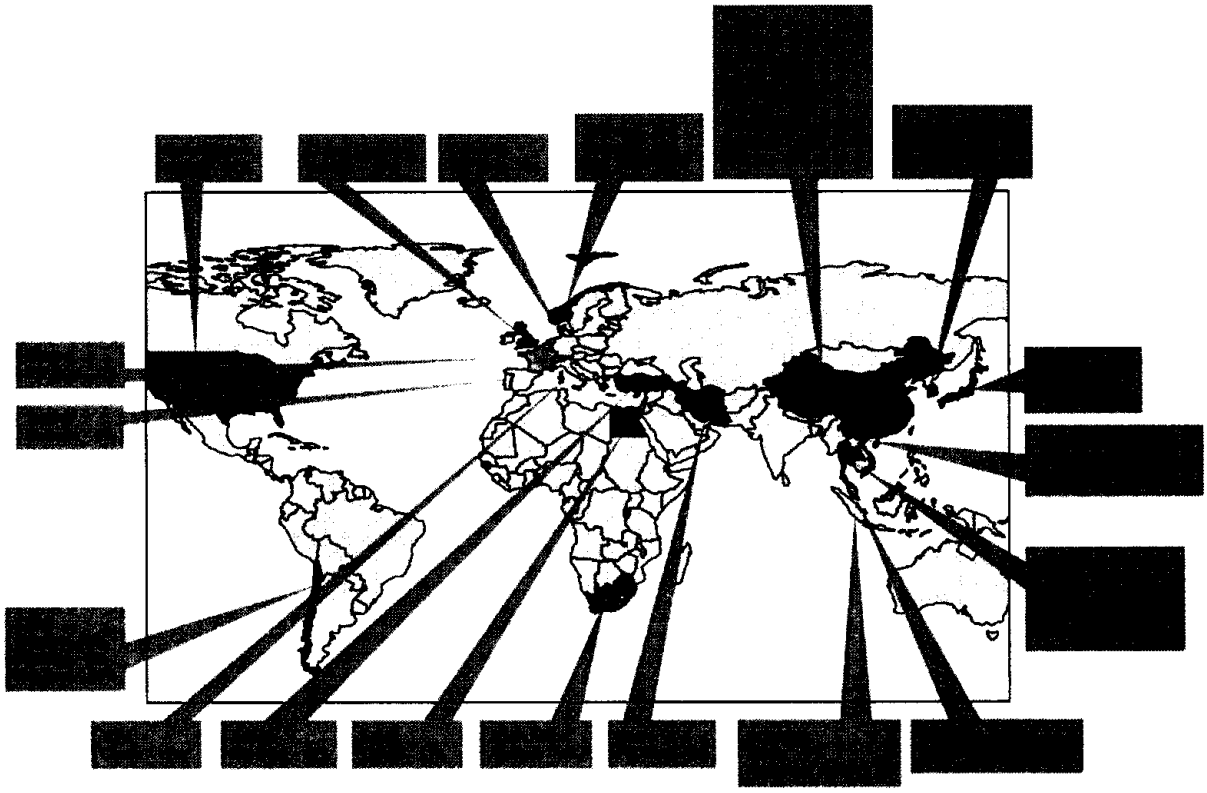
très grands ports, ce qui limite le développement du secteur. De plus, ces mesures n'ont pas d'impacts sur les populations d'eau douce. [102]

L'aquaculture, incluant la pisciculture, est encore fortement dépendante de la pêche de capture. Au Vietnam, la demande croissante en poissons fourrages accompagnant le développement de la filière aquacole a fait grimper les prix, favorisant de ce fait une pêche de plus en plus intensive, particulièrement dans l'immédiat environnement des fermes, c'est-à-dire près des fleuves et rivières dans les terres (comme dans le delta du Mékong) ou sur les côtes. Le développement récent d'écloseries artificielles a réduit les pratiques de captures de juvéniles en milieu naturel mais ces dernières restent encore largement pratiquées dans toutes les zones aquacoles.

L'aquaculture annoncée comme une solution durable à la réduction des stocks de poissons sauvages, une source d'importants revenus et pourvoyeuse nombreux emplois, ne possède certainement pas toutes ces vertus. Mais son développement majeur dans les 20 dernières années fait d'elle un élément incontournable du secteur de la pêche au Vietnam.

I.4/ Etat des lieux de l'aquaculture au Vietnam

L'aquaculture dans le monde est en pleine expansion aujourd'hui, et des pays comme la France ou le Vietnam sont des leaders en ce domaine, ce qui est mis en exergue sur la ***Carte n°2***. Ce secteur est véritablement clé dans l'économie vietnamienne, représentant le troisième produit le plus exporté du pays (après le textile et le pétrole, et devant les productions agricoles comme le riz ou le caoutchouc) et il porte aujourd'hui une grande part des espoirs de ce peuple qui aspire à devenir un pays riche et à prendre pleinement sa place dans le concert des nations. [101] [102] [105]



Carte n°2 : Pays leaders en aquaculture dans le monde
Un pays n'apparait que s'il est un des 3 pays leader dans la production d'une espèce donnée
(d'après UN-FAO FishStat. et WWF [105])

I.4.A/ Historique

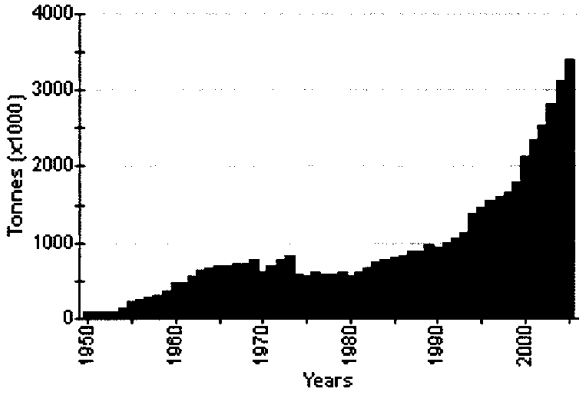
Historiquement, on peut considérer qu'il y a eu 2 grandes périodes dans le développement de l'aquaculture au Vietnam. La première court des années 1960, où l'élevage de poisson comme véritable activité économique fait son entrée au Vietnam, jusqu'au début des années 1980 : cet élevage se déroule à petite échelle, avec des systèmes agricoles associant culture du riz / aquaculture (**cf. IV**) ou élevage traditionnel - agriculture / aquaculture (en cages ou en étangs à latrines (**cf. II**)). Puis, durant les deux dernières décennies, toute la filière a été transfigurée, avec une croissance très rapide du secteur résultant d'une diversification des pratiques d'élevage et d'une adaptation à la production très intensive d'espèces exportables (**cf. III**). [101]

On situe ainsi le début de l'aquaculture au Vietnam comme principale activité économique à Kien An en 1962, en eau salée. Le cycle complet de développement d'un poisson en captivité fut maîtrisé pour la première fois dès 1963. Puis de nombreuses techniques d'élevage ont été progressivement développées ou améliorées à partir de pratiques ancestrales comme l'association culture du riz/élevage de poisson, la culture en étangs artificiels ou dans les lacs, la culture en cage. La combinaison riz/poisson sur une même terre devint ainsi extrêmement populaire, avec, à cette époque, plus de 100 000 ha cultivés. [101]

Durant la guerre du Vietnam, ce secteur fut largement soutenu et encouragé à cause de son importance stratégique pour alimenter militaires et civils. Ainsi, en 1965, environ 15 000 coopératives aquacoles et entreprises d'état ont été dénombrées dans le pays, avec des zones à très fort développement comme Hai Phong ou Thanh Hoa. Après la réunification, le secteur de la pêche, englobant l'aquaculture, fut considéré comme un facteur clé de l'économie vietnamienne, avec une production issue de l'aquaculture qui a grimpé de 59 000t en 1976 à 160 000t en 1980. Cette année là, le secteur de la pêche (capture et culture) a représenté 11,2 millions de dollars [***cf. graphe n°2***]. [101]

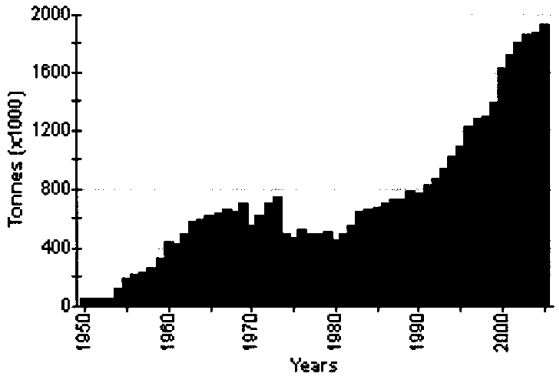
La production à très grande échelle de produits aquacoles destinés à l'export a débuté au début des années 1980 avec l'élevage de crevettes géantes tigrées (*Penaeus monodon*). Le principal motif de l'expansion de l'aquaculture au Vietnam fut la forte croissance constatée dans la demande des pays riches. C'est ainsi qu'en 2004, l'augmentation de la production totale issue de l'aquaculture a représenté plus de 60% des 2 397 milliards de dollars de chiffre d'affaire du secteur de la pêche à l'exportation. En conséquence, l'aquaculture s'est de plus en

plus transformée en un système totalement intégré, compartimenté, associant naisseurs, engraisseurs, fabricants d'aliments, usines de transformation, sociétés de transport, etc… ce qui a favorisé une production très intensive. [102]

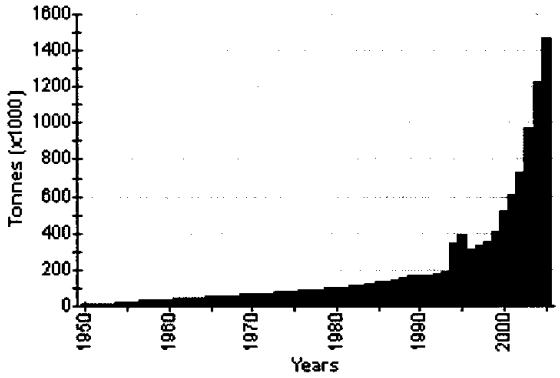


Graphe n°2: Production totale en produits de la mer au Vietnam
(d'après UN-FAO FishStat. [102])

Ci-contre, la production totale (en tonnes) en produits de la mer au Vietnam de 1950 à 2005, toutes productions confondues.
Ci-dessous, à gauche, la quantité totale de produits de la mer obtenus par capture, et à droite celle produite par l'aquaculture.



Graphe n°3 : Pêche de capture au Vietnam
(d'après UN-FAO FishStat. [102])



Graphe n°4 : Production aquacole au Vietnam
(d'après UN-FAO FishStat. [102])

On note ainsi l'augmentation importante de la production totale en produits de la mer dans le pays depuis les années 1980 [***cf. graphe n°2***] et l'accélération très nette du processus depuis les années 2 000. Cette industrie reste donc une des clés de l'économie vietnamienne, d'autant plus qu'elle est grandement tournée vers l'export.

De plus, on note la participation grandissante de l'aquaculture dans ces résultats. Ainsi, en 2005, la capacité de production permise par l'élevage approche celle permise par la capture en milieu naturel [***cf. graphe n°3 et 4***]. Il est même fort probable que les tendances vont s'inverser à l'avenir, le secteur de l'aquaculture étant en plein développement, alors que la pêche traditionnelle a

trouvé sa limite et que les stocks naturels sont en baisse. Economiquement parlant, c'est déjà le cas, puisque les espèces élevées en captivité ont une valeur commerciale supérieure (dans leur globalité) aux produits de la pêche classique. [101]

La pisciculture, une des deux principales facettes de l'aquaculture (avec la crevetticulture) a connu de la même façon ces deux phases de production. Aujourd'hui, le paysage piscicole conserve une trace de cette histoire. Cohabitent ainsi exploitations traditionnelles (comme la rizipisciculture (**cf. IV**) ou l'élevage en étangs à latrine (**cf. II**)), exploitations industrielles (**cf. II et III**) (comme la pangasiculture en étangs) ou systèmes intermédiaires (comme la pangasiculture en cage).

I.4.B/ Espèces élevées

L'aquaculture peut être divisée en 3 principaux secteurs : l'élevage en eau salée, en eau saumâtre et enfin en eau douce. La surface totale consacrée à l'aquaculture au Vietnam représentait en 2003 quelques 902 229 ha, dont 63,7% (575 137 ha) dédiés aux espèces d'eau salée ou saumâtre, et 36,3% (327 092 ha) pour les espèces d'eau douce. Aujourd'hui, l'aquaculture utilise une large gamme d'espèces qui offrent pour la plupart un important potentiel à développer dans l'avenir. [101] [102] [106]

En eau douce, la culture du poisson chat (*Pangasius hypophtalmus* et *Pangasius bocourti*) est la plus développée, avec une très haute production dans la région du Delta du Mékong (**cf. II et III**). Mais on trouve de nombreuses autres espèces qui sont élevées en captivité et qui participent de façon significative à la bonne santé de la filière au Vietnam, espèces dont beaucoup appartiennent à la famille des Cyprinidae, comme la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*), la carpe chinoise ou carpe amour (*Ctenopharyngodon idella*), la carpe commune (*Cyprinus carpio*), la carpe marbrée (*Aristichthys nobilis*), et les grandes carpes indiennes comme le catla (*Catla catla*), le rohu (*Labeo rohita*) et le mrigal (*Cirrhinus mrigala*). Plus récemment, le tilapia (*Oreochromis niloticus*) a été introduit dans les élevages en étang et en eau douce courante. Enfin, on trouve la crevette géante d'eau douce (*Macrobrachium rosenbergii*), la perche (*Anabas testudineus*) et le poisson à tête de serpent (*Channa micropeltes*), qui sont les espèces les plus couramment élevées dans le Sud du pays. [101] [102] [106]

En eau salée, différentes espèces sont élevées. On retrouve la langouste (*Panulirus spp.*), très populaire, et le mérou (*Epinephelus spp.*) (ainsi que certaines algues comme *Gracilaria verrucosa*), majoritairement produites dans le centre du pays. Mais aussi la crevette géante tigrée (*Penaeus monodon*), le crabe des mangroves (Scylla spp.) et les bivalves (la cythérée [*Meretrix spp.*] et l'arche [*Anadara spp.*]) qui demeurent les espèces les plus largement représentées en aquaculture marine, principalement dans le sud du pays, où leur élevage est très intense. [101] [101] [106]

Un certain nombre de nouvelles espèces, présentant un bon potentiel, ont fait l'objet de recherches afin de mettre au point des techniques d'élevage efficaces, permettant une diversification des espèces en aquaculture. C'est le cas du cobia (*Rachycentron canadum*), de l'ormeau (*Haliotis spp*), du buccin (*Babylonia areolata*), de la pintadine ou huître perlière (*Pinctada maxima spp*), de la crevette à pattes blanches (*Penaeus vannamei*) et du barramundi (*Lates calcarifer*). Leur culture commence à se développer dans le pays. [101] [102] [106]

I.4.C/ Aspect économique

La production aquacole au Vietnam permet d'alimenter certes le marché intérieur mais elle est surtout destinée à l'exportation. Le Vietnam fournit ainsi près de 80 pays ou régions sur le globe. Les marchés les plus importants sont le Japon, l'Union Européenne, les Etats-Unis, la Chine et Hong Kong. En 2004, la filière crevetticole représentait 52% du volume total des exportations de produits d'origine aquatique. [101] [102]

Le secteur de la pêche (incluant l'aquaculture) reste un secteur clé de l'économie vietnamienne. Le chiffre d'affaire total des exportations de ce secteur atteignait 2 350 millions de dollars en 2004, soit une augmentation de plus de 8 % par rapport à l'année précédente [***cf. tableau n°7***]. [101]

Valeur brute des produits de la pêche (2003)	**1 700 millions de dollars**
Valeur des importations (2003)	**52,1 millions de dollars**
Valeur des exportations (2004)	**2 350 millions de dollars**

Tableau n° 7 : Etat des lieux du commerce de la pêche au Vietnam

(d'après [101])

I.4.D/ Systèmes d'élevage

On trouve différentes techniques d'élevage au Vietnam qui résultent de la diversité des espèces élevées, des moyens mis en œuvre, de la clientèle ciblée (export ou marchés locaux), de la topographie des zones d'implantation des fermes, de l'évolution des connaissances scientifiques et de leur application sur le terrain en fonction des capacités de chacun.

En eau salée :

- La pisciculture en eau salé est relativement peu développée au Vietnam, en comparaison avec les autres pays du Sud-est asiatique. Les techniques d'aquaculture sont peu maîtrisées et se résument souvent à une capture de juvéniles sauvages au crochet ou à la ligne et à leur élevage en cage jusqu'à obtention de leur taille de commercialisation. Le principal frein au développement de cet élevage est la non maîtrise des cycles de reproduction en captivité (contrairement aux espèces d'eau douce). On comptait 600 cages dans le pays en 1995, et plus de 40 000 en 2003 (à l'exclusion des cages à huître). On ne s'attardera donc pas plus longtemps sur cette forme de pisciculture. [101] [102]

- A contrario, la crevetticulture en eau saumâtre ou marine, est très développée, avec des systèmes d'élevage en cage ou en enclos. La crevette d'eau salée (*Penaeus monodon*) reste une des espèces emblématiques de la réussite du secteur de l'aquaculture. En 2003, le système de culture des crevettes pouvait être subdivisé en 3 entités : 3% sous forme de culture intensive ou semi-intensive, 22% sous forme de culture extensive dite améliorée et 75% sous forme de culture extensive ou semi-extensive. La culture intensive fournit 10% de la production totale, tandis que la culture extensive en représente 60%. La productivité du système de culture extensive améliorée est de 0,25 à 0,30 t/ha, celle semi-intensive est de 2,5 à 3 t/ha et celle intensive de 5,0 à 7,0 t/ha. En 2003, la surface dédiée à cet élevage atteignait 546 757 ha, soit une augmentation de 14,2% par rapport à l'année précédente ! C'est une culture très développée et très prisée dans toute l'Asie du Sud-est. Ce sont dans les provinces côtières du Sud du pays que l'on trouve la plus grande superficie de fermes aquacoles spécialisées dans la crevette (476 582 ha soit 87%), puis dans le Nord

(41 372 ha soit 8%), et enfin dans le Centre (28 803 ha soit 5%). Dans le Nord, on n'obtient qu'une récolte par an, mais on peut en faire deux dans le Sud. Cette culture particulière pose de grosses difficultés environnementales, entraînant un envasement des zones côtières (les zones d'aquaculture s'étendent sur une bande jusqu'à 10 km à l'intérieur des terres) ainsi qu'une réduction des mangroves (particulièrement dans le Delta du Mékong). [101] [102]

- Il existe d'autres productions (**cf. I.4.B**) mais qui sont plus anecdotiques.

En eau douce :

- La pisciculture en eau douce est très développée, particulièrement dans le Delta du Mékong. Différents systèmes cohabitent, reflets de productions traditionnelles ou industrielles.

  → La monoculture est le système de production intensif par excellence. Son meilleur exemple reste la pangasiculture, spécialité exclusive du Delta du Mékong, devenue le nouvel emblème du dynamisme de l'aquaculture vietnamienne. L'élevage du pangas en très grande quantité est principalement tourné vers l'export, mais il existe parallèlement des structures traditionnelles destinées aux marchés locaux. Trois systèmes principaux de culture cohabitent : la culture en cage, en enclos ou en étang. Les systèmes de production intensive se développent de plus en plus rapidement (système en étang artificiel, système en enclos). Au contraire, les systèmes d'élevage traditionnels sont en net recul (système en cage ou en étang à latrine). La production a subi en quelques années un bond particulièrement énorme, passant de 20 000t en 1999 à 200 000t en 2003 (correspondant alors à 17,4 % des produits issus de l'aquaculture du pays) et atteignant le million de tonnes en 2007 ! Nous reviendrons sur cet excellent modèle de la pisciculture dans le Delta du Mékong en seconde et troisième partie. [101] [102]

  → Il existe des systèmes de polyculture associant différentes espèces, mais ces systèmes restent accessoires. [101] [102]

  → Par contre, on retrouve au Vietnam, et tout particulièrement dans le Delta du Mékong, un système de production traditionnel amélioré

par des techniques agronomiques modernes associant culture du riz et aquaculture sur une même unité d'espace et de temps : on parle de rizipisciculture. Cette production originale sera abordée dans la dernière partie. [101] [102]

- La crevetticulture en eau douce (*Macrobrachium rosenbergii*) est une pratique nouvelle qui se développe dans le delta du Mékong. Elle est effectuée soit en association avec la production de riz, soit en monoculture (étang, cage). Le prix plus élevé de la crevette par rapport au poisson la rend très attractive par rapport à la pisciculture. La productivité varie de 100 à 887 kg/ha en système rizicrevetticole, de 384 à 1 681 kg/ha en système alternant riziculture et aquaculture, et de 140 à 160 kg/m^3 en monoculture. [101] [102]

Selon les particularités géographiques et climatiques du pays, les régions se sont plus ou moins spécialisées dans certains types d'aquaculture. Les régions du Nord ont ainsi préférentiellement développé la pisciculture d'eau douce en étang, la rizipisciculture et la culture en cage d'espèces marines. Les régions du centre du pays se sont concentrées sur l'élevage intensif des crevettes géantes tigrées (*Penaeus monodon*) et la culture en cage de poissons d'eau de mer ou de homard. [101]

Mais c'est dans le Sud, dans le Delta du Mékong, que l'on trouve la plus grande diversité de cultures, avec des élevages en cages, en enclos ou en étang de plusieurs espèces de poissons, une culture plus ou moins intensive et plus ou moins intégrée de crevettes géantes tigrées, et des activités mixtes type rizipisciculture ou rizicrevetticulture. [101]

I.4.E/ Recherche et développement

Plusieurs structures assurent la gestion, la promotion et le développement de l'aquaculture au Vietnam. Au sommet de la pyramide, on trouve le ministère de la pêche, lui-même sous contrôle du gouvernement, puis les différents niveaux hiérarchiques administratifs (National, Provincial et Districts). Les effets des politiques menées par le gouvernement ont un impact très fort sur le pays, de part son système économique centralisé malgré l'ouverture progressive au capitalisme. Celui-ci investit massivement dans ce secteur particulièrement

rentable. En recherche et développement, on trouve trois centres de recherche d'état spécialisés en aquaculture : ce sont les Instituts de recherche sur l'aquaculture N°1 (près de Hanoi), N°2 (à HCMV) et N°3 (au Centre du pays). A ceux-ci sont associées des universités, comme celle de Can Tho dans le Delta du Mékong mais aussi des organisations régionales de recherche et développement (« Mékong River Commission » entre le Cambodge, le Laos, la Thaïlande et le Vietnam) ou des instances internationales comme le CIRAD ou la FAO. [96] [101]

Les travaux sont principalement orientés sur la production de semence aquatique et la préservation des juvéniles. L'obtention d'une semence aquatique de qualité et en quantité suffisante est une des clés du bon développement de la filière au Vietnam. [101]

Les recherches concernent aussi l'alimentation et l'amélioration des techniques d'élevage afin d'obtenir des rendements maximaux, pour une bonne qualité. De même sont étudiées aujourd'hui les techniques de préservation optimale des produits afin de pouvoir accéder au mieux au marché mondial.

L'élargissement à de nouvelles espèces tout comme l'amélioration génétique du cheptel national (par des techniques traditionnelles ou de génie génétique) sont des objectifs toujours d'actualité. Le pays mise ainsi sur une production massive mais de qualité, associée à une image de marque, assurant les besoins d'une population en plein développement mais aussi des exportations particulièrement rentables et toujours plus nombreuses. [101]

Un des principaux soucis du milieu aquacole face à son développement très rapide et à son importance accrue dans la production globale en produits de la mer est l'éventualité d'une épidémie qui pourrait faire s'effondrer toute l'économie de la filière. Des recherches en ce sens sont menées, mais la crainte est réelle et justifiée.

Conclusions de la première partie

La filière aquacole et notamment la pisciculture, est une des clés de la bonne santé des productions issues du milieu aquatique au Vietnam. Elle s'est développée sur une large partie du territoire et concerne un grand nombre de travailleurs, qualifiés ou non. La croissance en valeur de la production aquacole totale est de plus de 10% par an. La croissance des exportations en chiffre d'affaire est pour sa part de 8% par an. Cela met en exergue l'importance de la filière aquacole et sa bonne santé économique. [101] [102]

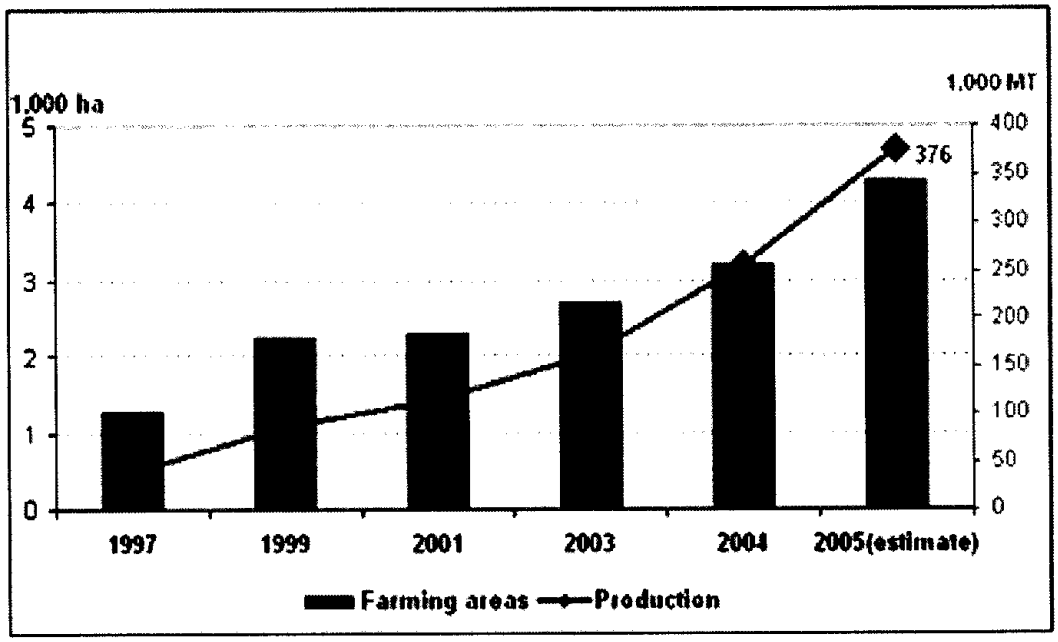
Le gouvernement vietnamien encourage au maximum le développement de cette filière très lucrative, par des mesures précises, c'est-à-dire en adjugeant ou en louant des terres utilisables pour l'aquaculture à long terme, en permettant la conversion de terres affectées par l'eau salée (où la culture du riz est médiocre) en zone d'aquaculture, en encourageant l'export et les investissements dans ce sens (culture de la crevette d'eau salée, de poissons d'eau douce ou d'eau de mer à haute valeur commerciale), en proposant des prêts à faible taux permettant aux paysans les plus pauvres de développer leur propre structure, en investissant massivement dans la recherche et le développement, en offrant des réductions d'impôts aux acteurs de ce secteur, etc… [101] [102]

Le Delta du Mékong, de par sa géographie particulière, est une zone clé aussi bien pour la production rizicole qu'aquacole. Crevetticulture et pisciculture sont les deux spécialités du delta. Il existe une grande variété de systèmes d'élevage en pisciculture, reflet de la tradition historique et de l'adaptation aux exigences économiques modernes. Après avoir, dans cette première partie, intégré les différentes spécificités du cadre dans lequel évolue la pisciculture (historique, politique, économique, technique, etc…), nous allons maintenant étudier plus précisément les principaux systèmes de pisciculture rencontrés dans le delta du Mékong.

La mono-pisciculture vietnamienne dans le delta du Mékong s'est fortement développée dans les 30 dernières années, pour devenir aujourd'hui un des secteurs clés de l'économie vietnamienne. L'exemple le plus frappant est celui du Pangas, modèle de réussite économique à partir d'un poisson autochtone élevé traditionnellement dans le Delta du Mékong, devenu la coqueluche des marchés mondiaux et l'espèce de poisson la plus intensément élevée dans le delta. Ainsi cohabitent aujourd'hui, pour cette espèce, systèmes intensifs destinés à l'export et systèmes traditionnels d'élevage. C'est donc au travers de ce modèle de poisson, le plus intensément élevé dans le delta du Mékong, que nous aborderons les spécificités de la pisciculture dans notre deuxième partie.

II/ Présentation des différents systèmes de production piscicole dans le delta du Mékong au travers de l'exemple du Pangas

Le pangas représente la plus grosse proportion de la production de poissons d'eau douce dans la région du delta du Mékong. Qui plus est, cette production est aujourd'hui en très forte augmentation, avec une surface toujours plus importante consacrée à son élevage. Ainsi en 2004, la production totale atteignait les 255 000 tonnes, soit trois fois plus qu'en 1999, ce qui représentait alors 56 % du total de la production piscicole de la région du delta du Mékong [*cf. Graphe 5 et 6*]. Enfin, différents systèmes d'élevage caractéristiques du delta du Mékong assurent la production de pangas, systèmes que l'on retrouve dans toutes les autres productions piscicoles du delta (à l'exception de la rizipisciculture, cf. partie IV). [13]

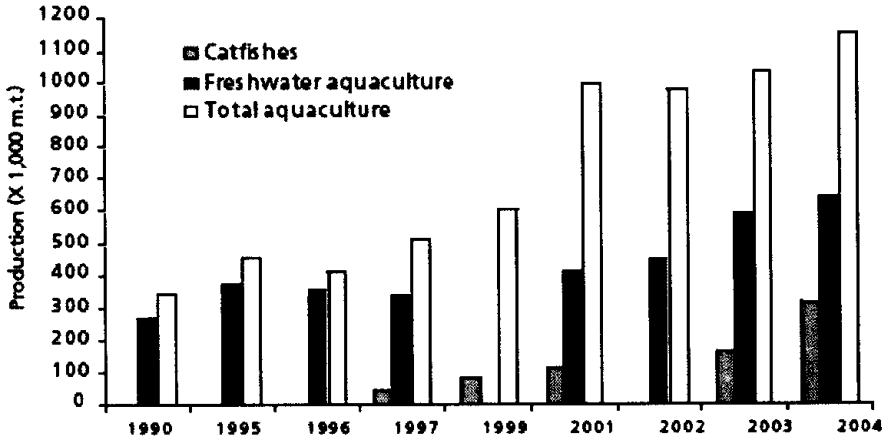


Graphe n°5 : Production et surface de culture du Pangas entre 1997 et 2005
(d'après [107])

L'élevage de cette espèce (ou pangasiculture) est ainsi un très bon modèle de la filière piscicole au Vietnam. Bien qu'on le retrouve dans l'intégralité du delta du Mékong, six provinces se partagent la majeure partie de la production : An Giang (145 500t), Can Tho (93 000t), Dong Thap (81 500t) Vinh Long (35 000t), Soc Trang (15 000t) et Hau Giang (6 300t) [les valeurs indiquées représentent le tonnage brut de poissons produits en 2005]. Cette filière n'est pas nouvelle, mais son développement a été particulièrement important, exponentiel même ces dernières années, et se poursuit encore aujourd'hui, atteignant le million de tonne de production en 2007 (objectif initialement fixé pour 2010) [*cf. graphe 5*] ! [9] [13]

L'élevage de pangas concerne un très grand nombre de petites structures familiales ; quelques grosses structures ont fait leur apparition, mais la majorité de la production ne leur est pas encore imputable. Ainsi que le décrit Huillery en 2001 : « L'intensification de la production soulève les mêmes questions que dans les filières des produits animaux en Europe : pathologies en élevage, qualité de l'environnement de production, impact sur les ressources naturelles, qualité des produits, revenu des producteurs... Nous pouvons souligner l'importance de la filière *Pangasius* en tant que source de revenus pour plus de 10 000 personnes dans le delta du Mékong. Pérenniser la production de ces poissons-chats permettrait de garantir un revenu à toutes ces personnes, dans un pays où la pauvreté sévit encore trop largement ». [9] [13]

L'importance de cette filière [*cf. graphe 6*] tant au niveau local que national et son intégration dans la vie socio-économique de toute une région en fait un parfait exemple pour l'étude de la pisciculture dans le delta du Mékong.



Catfishes : Poissons-chats issus de l'aquaculture ;
Freshwater aquaculture : aquaculture en eau douce à l'exception des poissons-chats
Total aquaculture : Production totale en aquaculture d'eau douce

Graphe n°6 : Productions issues de l'aquaculture comparées de poissons d'eau douce et de poissons-chats dans le delta du Mékong de 1997 à 2004
(d'après Tran et Do (2004), cités par [13])

II.1/ Présentation des Pangasiidae

Le Pangas est un poisson-chat originaire de la région du delta du Mékong. Il présente un dos noir et un ventre blanc, ce qui fait sa spécificité par rapport aux autres espèces de poisson-chat. Le pangas est un animal qui vit en eau douce, bien que certaines espèces tolèrent les eaux faiblement salées. C'est une espèce potamodrome (**cf. partie III.1**). En face ventrale, à l'arrière du menton, il dispose d'une poche destinée à stocker les graisses nécessaires à son cycle de reproduction. A l'état adulte en milieu naturel, il peut atteindre jusqu'à 3 m de longueur, et peser jusqu'à 44 kg. C'est un poisson adapté au climat tropical, qui recherche une température de l'eau de 22 à 26°C. En milieu naturel, le pangas est omnivore, se nourrissant de crustacés, de petits poissons ou de plantes. Ce poisson ne présente pas de dents et s'alimente principalement en fouillant le sol. Il possède de petits barbillons qui lui permettent de se repérer dans l'opacité de l'eau. Il est élevé depuis plusieurs siècles dans les étangs du delta du Mékong. Aujourd'hui, il occupe une place particulièrement importante dans l'économie et la vie des habitants du delta grâce au développement spectaculaire de son élevage. [12] [62] [81] [95]

Il existe un grand nombre d'espèces différentes de Pangas, on en compte vingt-huit réparties naturellement dans les pays d'Asie du Sud et du Sud-Est, du Pakistan à l'archipel indonésien. Le Mékong pour sa part compte treize espèces de Pangasidae (***cf. Annexe 6***). On en retrouve deux couramment élevées au Vietnam, *Pangasius hypophthalmus* (« Ca tra » en vietnamien) et *Pangasius bocourti* (« Ca ba sa ») qui sont des espèces d'eau douce sténohalines. [10] [62] [81]

II.1.A/ *Pangasius bocourti* ou « Ca ba sa »

Nom scientifique : *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880)

Pangasius bocourti [***cf. Figure 1***] était l'espèce la plus répandue lorsque le développement des fermes de poissons-chats a débuté en 1997. [13]

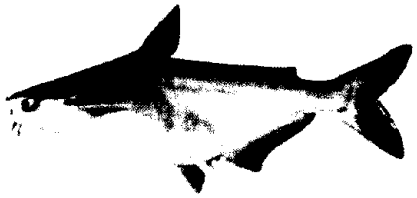


Figure n°1 : Pangasius bocourti
(d'après [96])

Calories	Calories issues des graisses	Teneur totale en matières grasses	Graisses saturées	Cholestérol	Sodium	Protéines
170 cal	60 cal	7 g	2 g	22 mg	70,6 mg	28 g

Tableau n°8 : Composition en éléments nutritifs de 100 g de produits comestibles de P. bocourti
(d'après [96])

Pangasius bocourti est une espèce rhéophile particulièrement bien adaptée à l'élevage en cages flottantes. De plus, cette espèce fait preuve d'une excellente capacité d'assimilation de l'amidon qui permet de limiter les apports en protéines mais qui entraîne souvent un engraissement excessif en élevage avec une alimentation riche en amidon (son de riz) [***cf. tableau 8***]. Cette espèce est également connue pour sa consommation importante de matière végétale avec une tendance frugivore marquée. [10] [39]

Ce poisson atteint sa taille de commercialisation (environ 2 kg) en dix à douze mois environ. Sa chair est naturellement tendre et blanche, ce qui la rend très prisée sur les marchés locaux. Elle est également destinée à l'exportation sous forme de filets congelés mais le rendement de filetage est moins élevé que celui de *P. hypophthalmus*. Autrefois leader sur ce marché, *P. bocourti* ne représente aujourd'hui plus que 2 % de l'export. Il est vendu environ au double du prix de *P. hypophthalmus*. [39]

On le retrouve exclusivement dans des élevages en cage au Vietnam. Il peut être associé à un petit cyprinidé, et parfois même avec *P. hypophthalmus*. [39]

II.1.B/ *Pangasius hypophthalmus* ou « Ca tra »

Nom scientifique : *Pangasius hypophtalmus* (Sauvage, 1878)

*Pangasius hypophtalmus [cf. **figure 2**]* est devenu, autour des années 2000, la principale espèce élevée, correspondant aujourd'hui à 95 % des Pangas produits. [13]

Figure n°2 : Pangasius hypophthalmus
(d'après [96])

Calories	Calories issues des graisses	Teneur totale en matières grasses	Graisses saturées	Cholestérol	Sodium	Protéines
124,52 cal	30,84 cal	3,42 g	1,64 g	25,2 mg	70,6 mg	23,42 g

Tableau n°9 : Composition en éléments nutritifs de 100 g de produits comestibles de P. hypophtalmus
(d'après [96])

Pangasius hypophthalmus présente une tolérance importante vis-à-vis de la qualité de l'eau, notamment face à de faibles teneurs en oxygène : il dispose d'une respiration aérienne complémentaire, plus ou moins développée, grâce à une vessie natatoire particulière. Celle-ci, fortement vascularisée et subdivisée en trabécules, joue le rôle de poumon accessoire. En 1985, des études ont été menées pour analyser plus finement cette spécificité chez *P. hypophthalmus*. Il est apparu que la fréquence de prise d'air diminuait (de 21/h à 10,6/h) lorsque la concentration en O_2 dissoute augmentait (de 0 mg/L à 6,7 mg/L). Par contre, le temps de survie dans une eau même saturée en oxygène mais sans accès à la surface varie de 50 min à 18 jours. On peut donc conclure que ce poisson nécessite un accès obligatoire en surface (d'où la nécessité d'utilisation de cages non intégralement immergées pour le système d'élevage en cage). Cette particularité lui permet de vivre dans une eau pauvre en oxygène. En captivité, cela permet une densité et des rendements très élevés, même dans des étangs à faible renouvellement d'eau. [6] [8] [17] [57] [87]

C'est une espèce adaptée aux eaux stagnantes ou à faible courant qui semble parfois mal supporter l'élevage en cages flottantes (problèmes de pathologies, moins fréquents en étangs). On le retrouve assez peu dans cette forme d'élevage. Le système de production principal reste l'élevage en étang, suivi par l'élevage en enclos. [39]

Contrairement à la plupart des Pangasidae, cette espèce ne possède pas de barbillons. [39]

Historiquement, il était peu apprécié sur les marchés locorégionaux à cause d'une qualité de chair aléatoire (**cf. partie II.4.B**) liée principalement aux conditions d'élevage. Aujourd'hui cette espèce domine largement la pangasiculture, de nombreux efforts ayant été faits pour satisfaire aux exigences qualité du marché international. En effet, la majeure partie de la production est destinée à l'export sous forme de filets congelés. Le rendement de filetage est généralement satisfaisant par rapport aux autres pangasidae

d'élevage. La composition de son filet est moins grasse que pour *P. bocourti* [***cf. tableau n°9***]. [39]

Cette espèce atteint sa taille de commercialisation (1,5 - 2 kg) en seulement six à huit mois, ce qui permet deux récoltes par an ! On le retrouve très majoritairement en monoculture, parfois associé avec un autre pangasidae ou un petit poisson. [39]

II.1.C/ Intérêt aquacole des Pangasiidae

En plus des spécificités et avantages précités, il s'avère qu'assez peu de pathologies affectent le pangas, espèce plutôt robuste vivant dans un milieu encore assez préservé de ce point de vue (**cf. partie III.3**).

Le pangas possède un régime alimentaire omnivore (naturellement frugivore) : ses besoins en protéines (aliment le plus cher) sont donc modérés. (**cf. partie III.2**)

La reproduction en captivité est aujourd'hui totalement maîtrisée, ce qui offre une grande disponibilité en alevins. (**cf. partie III.1**)

Ce poisson dispose d'une chair tendre, blanche et dépourvue d'arrête intramusculaire au goût peu prononcé (ce qui plaît aux consommateurs occidentaux) lui conférant une bonne valeur marchande à l'exportation.

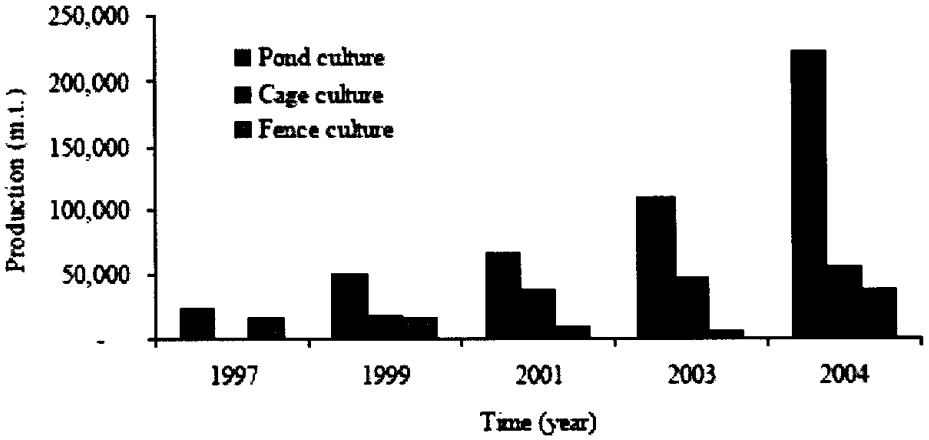
Enfin, la grande diversité d'espèces (vingt-huit) offre un potentiel de diversification future : c'est notamment le cas pour *P. krempfi*, espèce euryhaline, qui pourrait permettre un développement de l'élevage en eau saumâtre. [10] [17]

II.2/ Présentation des différents systèmes de culture

Les pangasiidés sont élevés de différentes manières dans le delta du Mékong. Nous nous limiterons à l'étude des deux principales espèces présentées précédemment. Celles-ci sont produites aussi bien en système extensif qu'intensif, selon les disponibilités en aliments ou en juvéniles et selon les modes d'élevage. Les différents systèmes de culture qui vont être étudié correspondent peu ou prou aux différents systèmes de production piscicole existant dans le delta du Mékong, toutes espèces confondues (à l'exception de la rizipisciculture, **cf. Partie IV**). [13]

Les modes d'élevage les plus courants sont les cultures en cage ou en étang mais il en existe d'autres : culture en enclos ou culture en « stylo » qui se sont développées plus récemment [*cf. graphe 7*]. La productivité de chaque système est différente, selon la densité des poissons : elle varie de 110 à 180 kg/m^3/cycle en élevage en cage, de 50 à 600t/ha/cycle en élevage en étang, à plus de 500 t/ha/cycle pour les systèmes d'élevage en enclos. L'usage veut que l'on parle en unité de volume pour les données concernant le système de production en cage, et en unité de surface pour les autres systèmes ; la conversion reste toutefois assez simple, sachant que les hauteurs d'eau en étang varient entre 2 et 3 m (entre 2 et 6 m, de façon asymétrique (lit de la rivière) en enclos). [13] [81]

Les systèmes en cage (bien qu'aujourd'hui en recul) et en étang représentent la majorité de la production (soit 88 % en 2004) [*cf. graphe 7*].



« Pond » : étang ; « Cage » : cage ; « Fence » : enclos

Graphe n°7 : Production des différents systèmes de culture du pangas dans le delta du Mékong

(d'après Nguyen et al. (2006), cité par [13])

II.2.A/ Culture en étang

Pangasius hypophthalmus est la seule espèce de Pangas élevée en étang. On distingue encore aujourd'hui deux catégories différentes d'étangs : les étangs « à latrine » et les étangs « modernes ».

Historiquement, les familles exploitaient une dépression existante (formant un étang) pour construire des latrines suspendues, ce qui constituait le moyen le plus courant d'évacuation des effluents domestiques, surtout à la campagne. L'élevage de poissons répondait alors surtout à un besoin sanitaire d'élimination des déchets du foyer et/ou de l'élevage. Par la suite, des objectifs financiers sont venus justifier l'activité piscicole, donnant naissance à des étangs modernes plus productifs qui répondent aux spécificités de la demande des marchés (80% des personnes interrogées par Peignen en 1994 donnent une raison économique au démarrage de cette activité pour des exploitations de moins de 10 ans, activité destinée à assurer un revenu complémentaire au foyer). [13] [40]

Les étangs à latrine étaient fréquemment associés à des élevages et/ou des vergers, intégrés dans le système VAC (étang, verger, élevage) afin d'en recycler les déchets, comme l'illustre la ***figure 3***. Contrairement aux étangs modernes, la polyculture est la règle et la monoculture l'exception. Les résidus de culture et de transformation (riz), les plantes aquatiques et les restes d'aliments servent soit à nourrir le bétail dont le fumier est déversé dans l'étang où il se décompose, permettant de fertiliser le milieu, soit à nourrir directement les poissons. La vase est ensuite utilisée comme engrais dans les champs et pour renforcer les digues des rizières, tandis que l'étang offre une réserve d'eau pour l'irrigation en période sèche. L'équilibre écologique est préservé puisque déchets et résidus sont réutilisés. Les conditions physico-chimiques d'élevage dans ces étangs étant particulièrement rudes, seules les espèces les plus rustiques, tolérant une large gamme de conditions environnementales (faible teneur en oxygène, forte teneur en CO_2, température, etc...), peuvent y être élevées, d'où le choix de *P. hypophtalmus* notamment. [40] [43] [81]

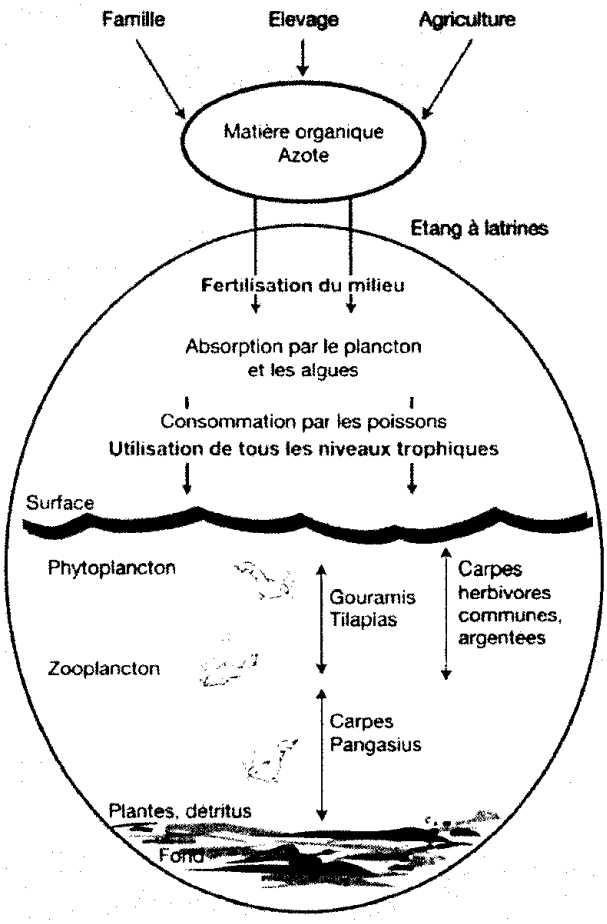


Figure n°3 : Principe du système VAC
(d'après [40])

L'image de cette espèce a longtemps souffert (et souffre parfois encore) de cette image de « poisson latrine » sur les marchés locaux comme internationaux, même si les pratiques ont aujourd'hui fondamentalement changé (au moins en ce qui concerne les poissons destinés à l'export). [40]

Traditionnellement, on retrouvait *P. hypophthalmus* dans des étangs empoissonnés par prélèvement de juvéniles dans le milieu naturel. Depuis la fin des années 1990, la maîtrise du cycle de reproduction en captivité a permis aux éleveurs de se soustraire aux approvisionnements en juvéniles via capture en milieu naturel, bien que celle-ci soit encore largement pratiquée. (**cf. partie III.1**). Grâce à ces nouvelles techniques, la filière du Pangas a bénéficié d'un boum très important, avec une production en 2004 près de 3,6 fois supérieure à celle enregistrée en 1999. A quelques rares exceptions près (pour de très petits élevages dont la production est destinée exclusivement à une vente sur les marchés locaux), le modèle de l'étang à latrine présenté ci-dessus est devenu totalement obsolète, remplacé par des systèmes de production intensifs, en monoculture, bien loin de l'équilibre écologique initial. Non seulement ce nouveau système d'élevage en étang ne permet plus le renouvellement des différents déchets, mais il est source de nouvelles pollutions (**cf. partie III.5**). Il permet par contre de répondre à la demande des marché internationaux en pangas à bas coût (**cf. partie II.4**). [13]

Il existe une grande amplitude dans les superficies des étangs rencontrées dans le delta du Mékong. La moyenne se situe à 4 441 m² par étang, mais il existe des extrêmes qui peuvent varier de 300 à 12 600 m² (le tout pour une profondeur de 2,5 à 3m). Selon Hung et Cacot (2000), de petites fermes aquacoles conviennent parfaitement à ces espèces. Nhi nous propose une répartition des étangs selon leur taille [*cf. tableau 10*] d'après une étude réalisée dans la province d'An Giang. [13] [81]

	Taille des étangs	Proportion par rapport au total des étangs
Grand	> 3 000 m²	30 %
Moyen	De 1 000 à 3 000 m²	53,3 %
Petits	De 350 à 1 000 m²	16,7 %

Tableau n°10 : Taille et répartition des étangs dans la province d'An Giang
(d'après Nhi (2005), cité par [13])

Les étangs sont localisés le long des berges et sur les îles, là où les échanges d'eau peuvent être réalisés facilement. Aujourd'hui, on retrouve cette forme d'élevage dans toutes les zones du delta du Mékong mais de façon plus importante dans les provinces d'An Giang et de Can Tho. La durée d'un cycle d'élevage varie entre 6 et 7 mois. On retrouve parfois les pangas en polyculture associés au tilapia (*Oreochromis niloticus*) ou au gourami (*Helostoma temmincki*). Toutefois l'écrasante majorité de la production est réalisée en monoculture. [13] [81]

Grâce à la capacité de *P. hypophthalmus* à supporter une faible oxygénation de l'eau et une grande teneur en matière organique, la densité de stockage peut être très élevée. Celle-ci est généralement de 20 à 30 poissons par m^2, mais il existe des élevages à densité supérieure, jusqu'à 60 individus par m^2. La productivité de ce système varie selon la densité en poissons, selon la localisation de l'étang, selon l'alimentation utilisée, et selon le niveau de renouvellement des eaux. Lorsque les intrants ne sont pas limitants, avec un empoissonnement et une alimentation suffisants, le rendement des étangs est conditionné par la qualité de l'eau. Ainsi, le rendement est de l'ordre de 50 t/ha/an dans les étangs à faible renouvellement en eau, et il atteint 300t/ha/an dans les étangs bénéficiant d'un renouvellement d'eau optimal. Selon Nguyen et al. (2004) et Tran (2005), la productivité moyenne serait de 180 à 200 t/ha/an. Selon Le (2005) elle pourrait même atteindre 450 à 580 t/ha/an, avec une densité de 70 individus par m^3. [11] [13] [39]

En plus de ce qui est artificiellement distribué par l'homme, les animaux disposent d'aliments naturellement présents dans l'étang. Ceci était particulièrement vrai pour les étangs à latrine fertilisés et l'est beaucoup moins pour les nouveaux systèmes d'élevage en étang, qui cherchent avant tout à s'y soustraire. En effet, cette alimentation traditionnelle associée à l'habitude des pangas de fouiller dans la vase est une des théories (aucune étude ne peut encore l'affirmer avec certitude) expliquant le fait que les poissons issus des élevages en étang « latrine » présentaient quasi systématiquement une couleur différente, plus sombre, avec une chair à la saveur différente (goût de vase) comparativement à ceux issus du système cage. Les consommateurs, particulièrement ceux des pays occidentaux et donc de fait les marchés, préfèrent majoritairement la couleur blanche et la saveur plus douce du poisson d'élevage en cage. Ce goût et cette coloration sont sources de difficultés pour les éleveurs qui ont cherché des alternatives dans l'aménagement de leurs étangs. Aujourd'hui, dans les étangs à haute production, les poissons qui présentent une chair colorée ou un goût de vase se font plus rares (ils sont systématiquement écartés des filières classiques lors de la phase de

transformation (**cf. partie II.4.B**)), et ce grâce à un travail attentif sur l'alimentation et la gestion de l'étang. [8] [35] [81]

Les étangs sont conçu assez simplement, sans zone de stockage ni réservoir. La totalité de l'étang est utilisée pour stocker les poissons [***cf. photos 1-2-3***]. Souvent, le canal permettant l'approvisionnement en eau et le canal de rejet des eaux usées est le même ! Lorsque ce dernier est de grande taille, cela implique que les eaux usées, non retraitées, peuvent polluer les autres étangs alimentés par le canal ou être vectrices de maladies d'un étang à l'autre (**cf. partie III.3**). Entre deux cycles, plus de 80% des exploitants réalisent un assèchement de leurs étangs [***cf. photo 5***], une récupération des boues (**cf. partie III.5**) et une aseptisation du milieu par l'application d'une couche de chaux avant de procéder à un nouveau remplissage. [40] [81]

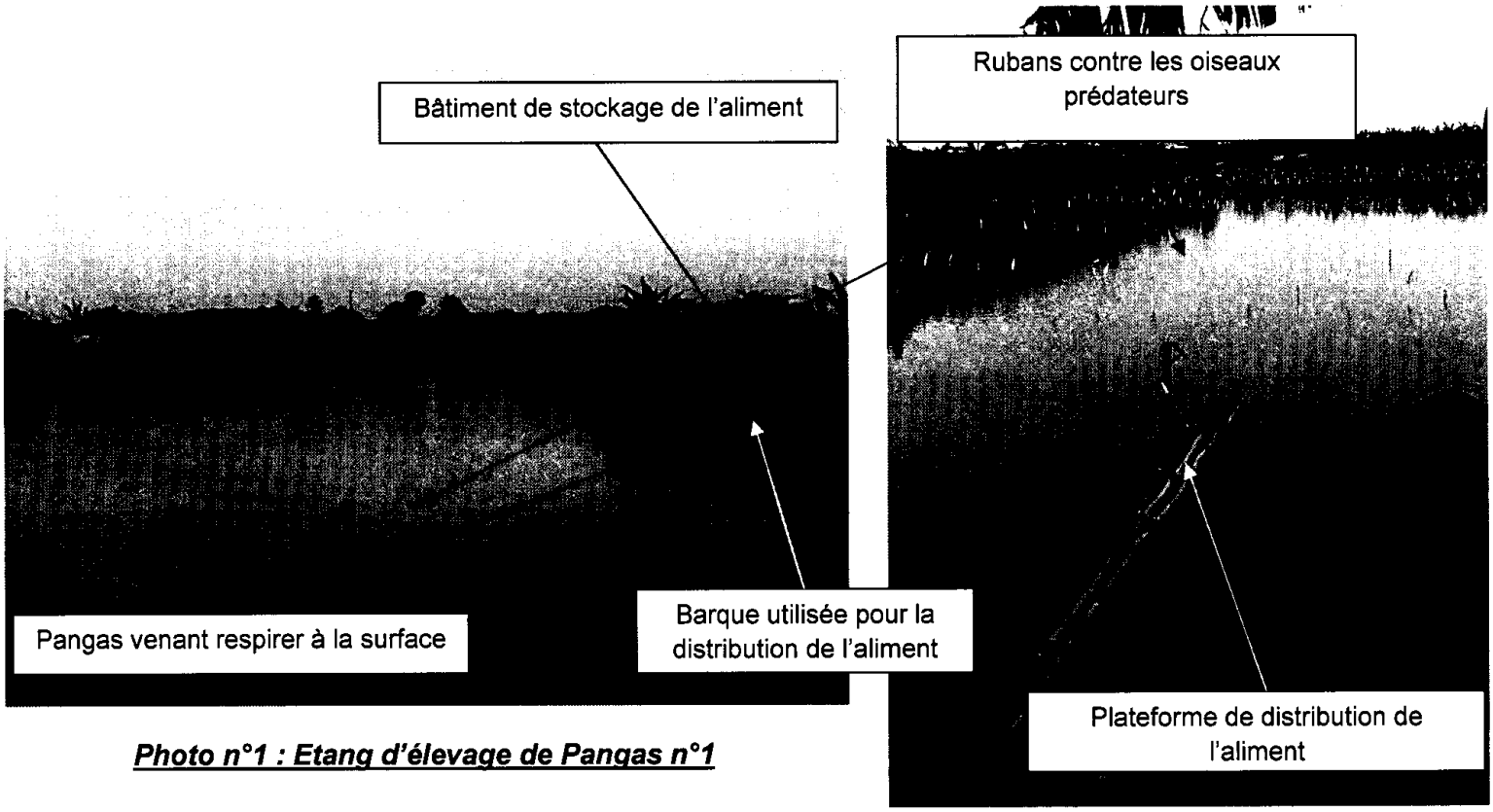


Photo n°1 : Etang d'élevage de Pangas n°1

Photo n°2 : Etang d'élevage de Pangas n°2

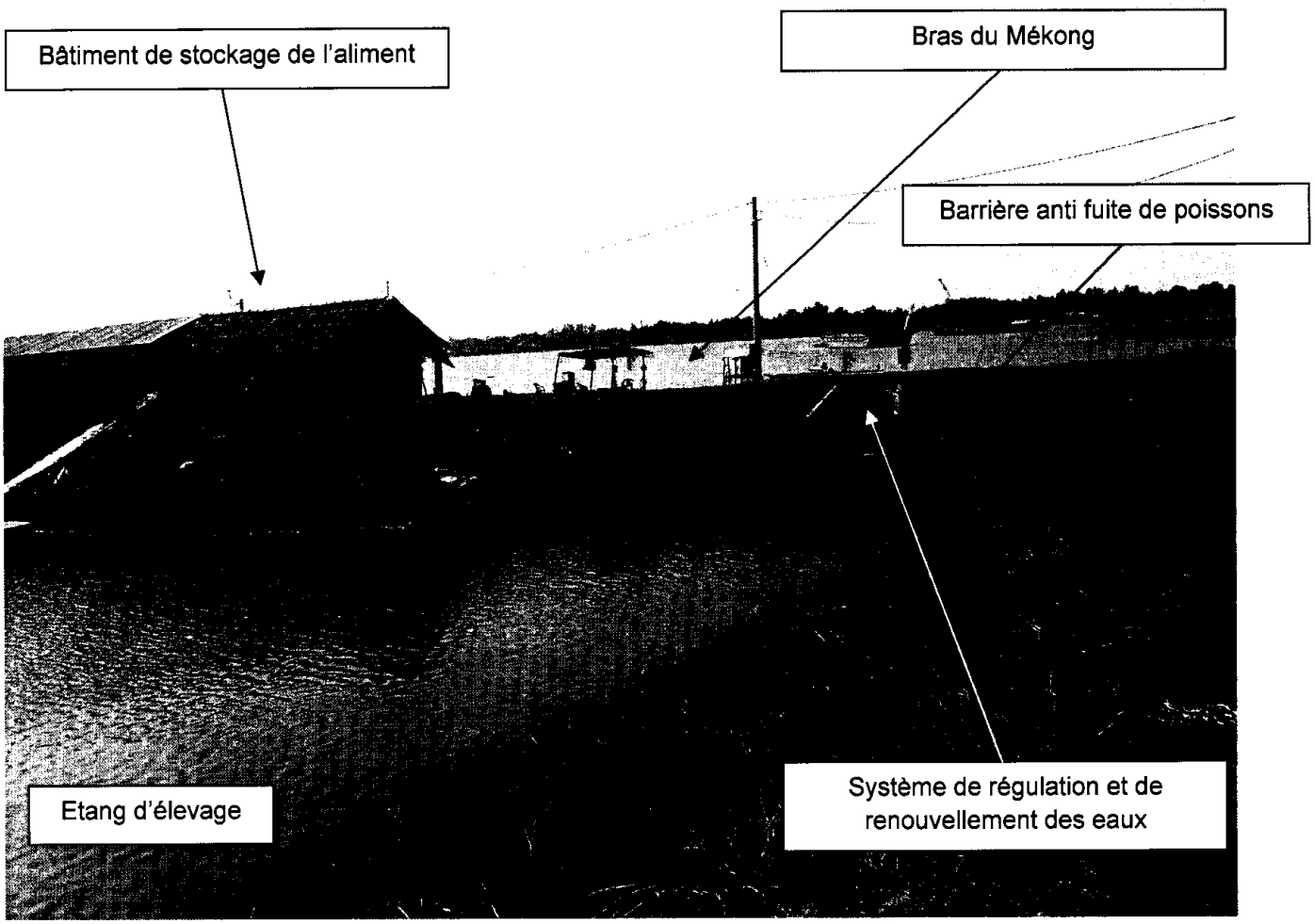


Photo n°3 : Etang d'élevage de Pangas n°3

Le renouvellement des eaux des étangs d'élevage de Pangas se fait de manière passive, grâce aux variations quadri-quotidiennes de hauteur d'eau du fleuve (**cf. Partie I.2.B**). Seul un filet fixé sur une barrière interdit la fuite des poissons [***cf. Photo 3 et 4***]. [39]

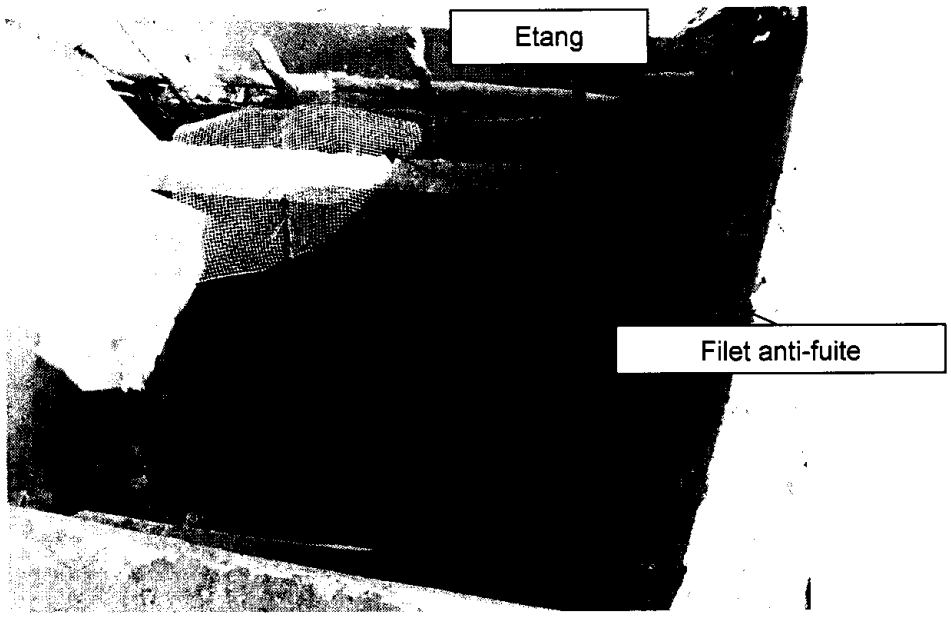


Photo n°4 : Détail de la zone de renouvellement d'eau de la photo n°3

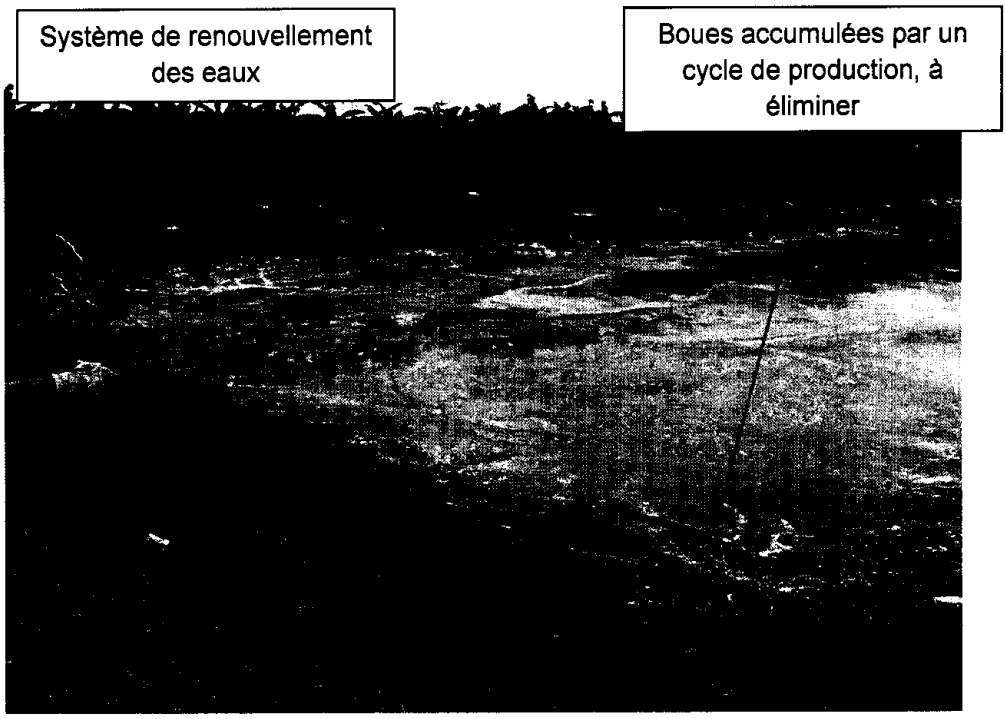


Photo n°5 : Assèchement d'un étang de production en fin de cycle

II.2.B/ Culture en cage

La technique de culture en cage existe depuis près d'un siècle au Cambodge (Chevey et La Poulain 1940). Cette technique fut introduite au Vietnam avec l'arrivée de réfugiés fuyant le Cambodge dans les années 1960. Depuis lors, cette technique s'est répandue, bien qu'elle soit restée majoritairement concentrée le long de la frontière vietnamo-cambodgienne, dans les provinces d'An Giang et de Dong Thap. [81]

Le principe de cet élevage est simple : ce sont de grandes cages closes contenant les poissons et qui sont suspendues dans le courant, au centre du fleuve. Les cages sont en métal et/ou en bois, avec généralement une petite habitation flottante au-dessus [*cf. photo n°6*]. Dans des zones de fortes concentrations, maisons flottantes et cages peuvent gêner la circulation fluviale. Bien que l'on puisse rencontrer *P. hypophthalmus* dans cette forme d'élevage, *P. bocourti* est l'espèce prédominante pour ce type de production. [81]

Traditionnellement, la cage est constituée de bois sur les faces latérales et le fond. Les faces antérieure et postérieure par rapport à l'axe du fleuve (donc du courant) sont constituées de grillage en acier ou en inox, de maille égale

à 1,5-2cm de côté. Les bois employés sont denses (*Hopea odorata* ou « Go Sao », *Dipterocarpus alatus* ou « Go Dau »). La flottaison est assurée soit par du bambou, soit par des caisses hermétiques en bois ou des fûts métalliques, soit par des tubes PVC. Le ballast est adapté à la charge de la cage de façon à maintenir son plafond à environ 0,50m au-dessus de la surface de l'eau en permanence. La durée de vie d'une cage varie de 4 à plus de 20 ans, essentiellement fonction du type de bois utilisé (le « Go Dau » est le meilleur) et de son épaisseur. [40]

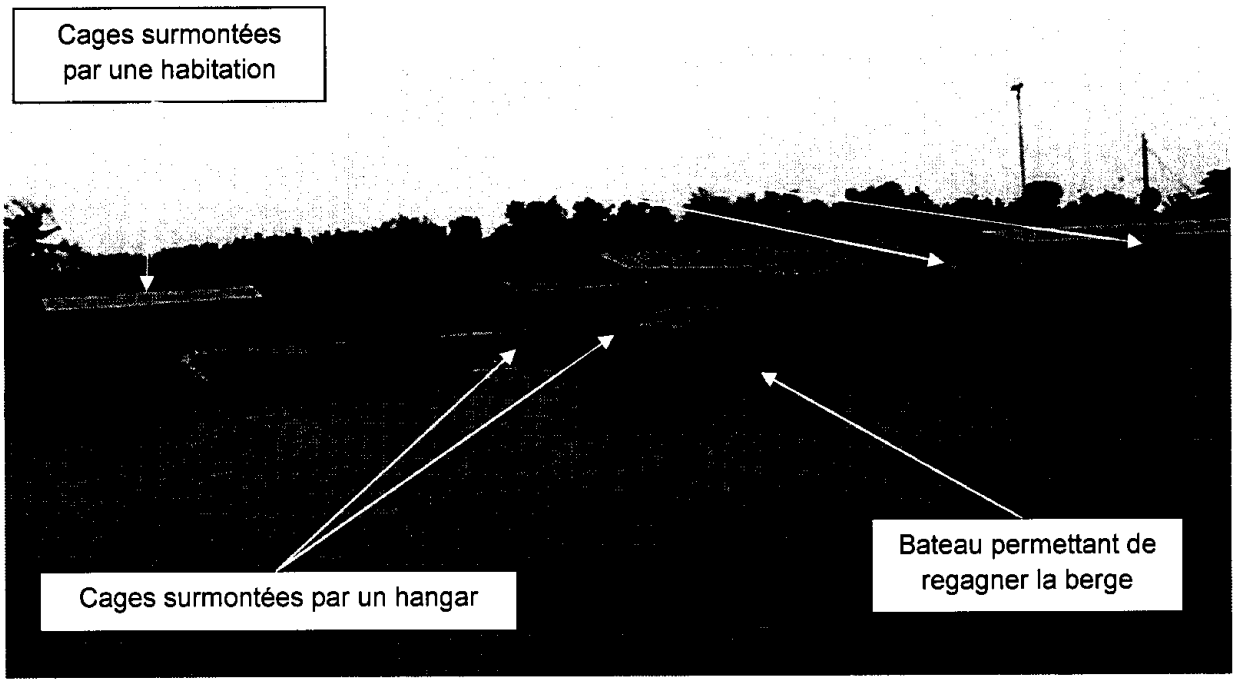


Photo n°6 : Système d'élevage en cage

Il existe différentes sortes de cages, que l'on classifie habituellement comme suit : [13]

- **Petites cages** : 150 à 250 m^3 (5 x 10 x 4 m)
- **Cages moyennes** : 400 à 500 m^3 (6-8 x 15 x 5 m)
- **Grandes cages** : 1 000 à 1 250 m^3 (10 x 25 x 5 m)

Nhi nous propose une répartition des cages selon leur taille d'après une étude réalisée dans la province d'An Giang [***cf. tableau 11***].

	Taille des cages	Proportion par rapport au total des cages
Grande	> 720 m^3	36,7 %
Moyenne	de 288 à 720 m^3	56,7 %
Petite	De 96 à 288 m^3	6,6 %

Tableau n°11 :Taille et répartition des cages dans la province d'An Giang
(selon Nhi (2005), cité par [13])

Les cages sont conçues pour utiliser autant que possible le courant de la rivière permettant un renouvellement fort et continu de l'eau. La distance entre chaque cage est très courte, soit 2 à 3 m si les cages appartiennent à la même famille ou 5 à 10 m si cela concerne des familles différentes. La densité en cage est particulièrement importante dans les zones où le courant est marqué. L'impact sur l'environnement est très fort, avec des rejets d'autant plus importants que la densité est élevée. (**cf. partie III.5**) [13] [81]

Ce système de culture est particulièrement intensif, avec une très haute densité de poissons et une alimentation artificielle, seule source de nutriments pour la croissance des animaux (contrairement au système en étang). La densité dans chaque cage varie de 80 à 130 individus par m^3. L'alimentation des poissons élevés en cage est composée soit d'aliments du commerce, soit d'une alimentation ménagère, voire d'un mélange des deux, selon la localisation de l'élevage, la densité en poissons et la taille de l'élevage. En 2004, la production en cage représentait 17,8 % du total de la production de poissons chats. [13] [81]

Variables techniques	Unités	Moyennes	Minimum	Maximum
Volume	m^3	283,2	96,0	445,5
Productivité	Kg / cycle / m^3	122,6	109,4	146,1
Indice de conversion	kg d'aliments / kg	4,0	3,0	5,9
Taille en fin d'élevage	kg	1,2	1,0	1,5
Nombre de cycles	Cycle / an	1,3		
Durée d'un cycle	Jours / cycle	300	210	390
Densité de stockage des juvéniles	Juvéniles / m^3	202,3	125,0	324,7

Tableau n°12 : Quelques valeurs techniques pour l'élevage des Pangas en système cage
(d'après SUMA (2005), cité par [13])

Le ***tableau 12*** fournit quelques données de base sur l'élevage de *Pangasius bocourti* en système cage. L'indice de conversion représente la quantité d'aliments (en matière sèche) nécessaire pour produire un kilogramme de poisson (en poids vif). Ici, il doit être jugé avec prudence car il est particulièrement variable selon le type d'alimentation utilisé, ce qui n'est pas détaillé ici. De plus, selon les études, cet indice diffère (**cf. partie III.2**).

Il existe aujourd'hui une alternative à la culture en cage appelée « Pen culture » que l'on pourrait traduire par culture en cage « stylo ». Il s'agit d'une enceinte fixe verticale qui repose sur le fond du lit de la rivière. Le système est très proche du système de culture en cage, mais permet de minimiser les pertes en aliments : une partie de l'aliment non ingéré par les poissons se retrouve ainsi au fond du lit de la rivière où il reste accessible pour les animaux, alors que dans le système traditionnel en cage, celui-ci se retrouvait pris dans le courant et perdu pour l'éleveur. Ce système se popularise peu à peu. [13]

II.2.C/ Culture en enclos

La culture en enclos est une nouvelle technique qui s'est développée parallèlement à la culture en étang dans les années 2000. On retrouve quasi-exclusivement *Pangasius hypophthalmus*. [13]

Le principe est simple, on réalise le long des berges de grands enclos bornés d'un côté par la berge du fleuve, et de l'autre par une barrière artificielle semblable à celles utilisées en culture en cage. Cette palissade est faite de lattes de bambou, doublées sur la face interne d'un filet en nylon. Elle est maintenue par de longs piquets de bois fichés dans le fond du fleuve. Les sites choisis présentent un fond en pente douce dont la profondeur n'excède pas 6 m. Le poisson a ainsi accès au fond de la rivière, contrairement au système cage [***cf. photo n°7***]. [39]

Cette structure présente deux avantages majeurs : un renouvellement d'eau constant (bien qu'avec un courant moins important qu'en cage) et un coût faible comparé aux cages et aux étangs. La maintenance de l'enclos, relativement fragile, doit cependant être régulière. Dans le système en enclos, on observe

généralement une surface de 800 à 1 000 m², parfois jusqu'à 5 000 m² de surface, pour une profondeur variant de 2 à 6 m. La structure étant fixe, le niveau de l'eau fluctue dans l'enclos en fonction de la crue et du cycle lunaire. [39]

Cette technique d'élevage s'est rapidement développée, passant de 17 ha en 2001 à 176 ha en 2004, avec une production atteignant 12 % du total de la production de Pangas (2004). Le rendement des élevages de grossissement avec P. hypophthalmus atteint les 500 t/ha/an. [13] [39]

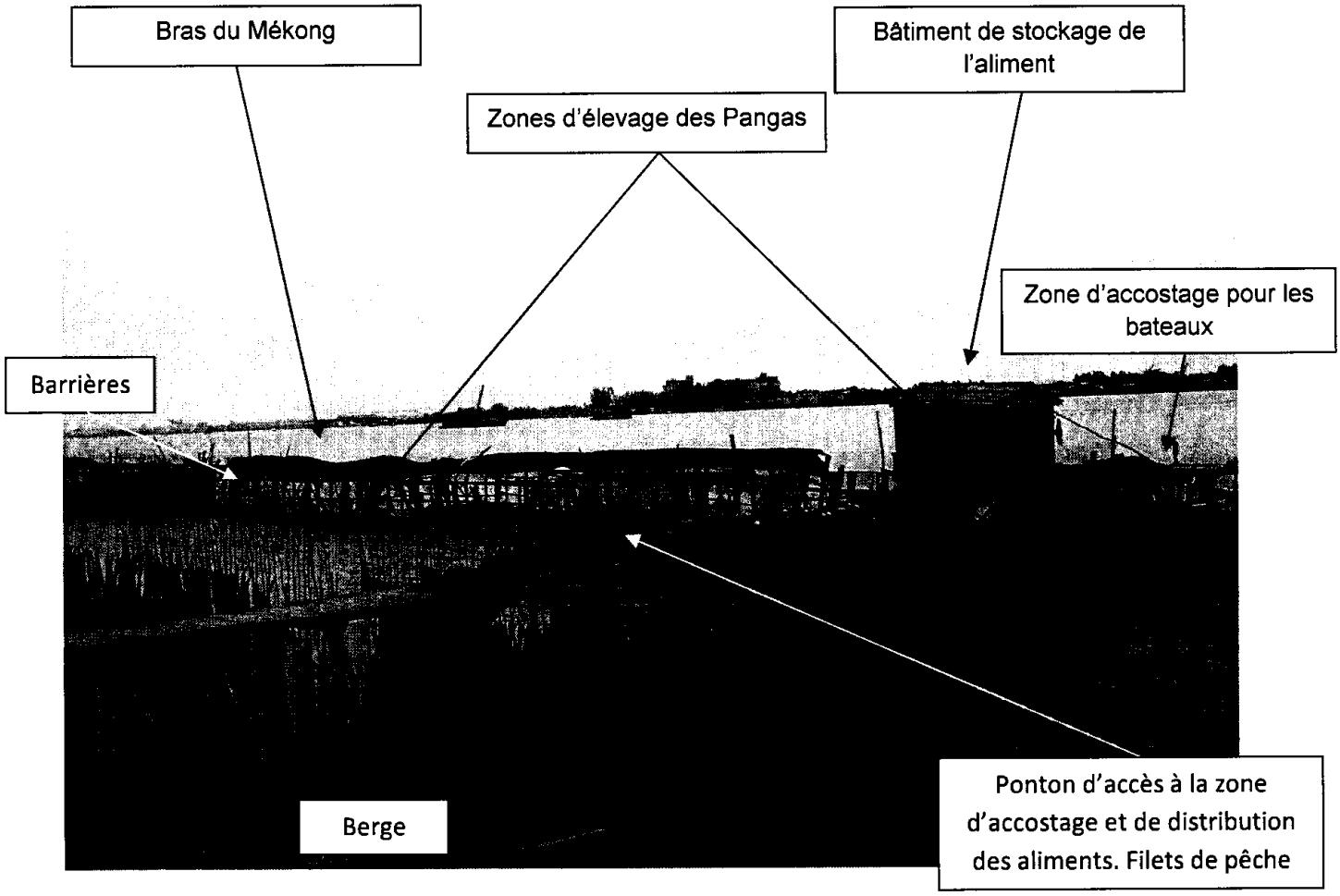


Photo n°7 : Système d'élevage en enclos

II.2.D/ Bilan

Les deux principaux modes de production du Pangas, qui correspondent également aux systèmes de culture dits « historiques », restent les systèmes en étangs et en cages. Toutefois le nombre de cages a diminué dans le Delta du Mékong ces dernières années. Les élevages en étang et en enclos se sont par contre considérablement développés et continuent encore frénétiquement à se multiplier. [13]

II.3/ Organisation de la filière pangasicole

II.3.A/ Formation

Grâce à ses particularités (**cf. II.1**), le pangas s'avère être une espèce très lucrative et facile à élever ce qui explique son succès.

On observe une grande disparité entre les différents éleveurs de Pangas en ce qui concerne leurs capacités et leurs connaissances sur ce poisson et son élevage particulier. 98 % des fermes aquacoles dans le delta du Mékong sont privées et dirigées par leur propriétaire. La plupart d'entre eux n'ont aucune connaissance spécifique en aquaculture dans laquelle ils sont entrés par appât du gain. Par ailleurs, il n'existe actuellement aucune exigence pour se lancer dans l'aquaculture, ni dans l'implantation des fermes, ni dans la vérification des connaissances réglementaires ou techniques. [13] [81]

Ainsi, la plupart du personnel ne maîtrise pas les bases techniques ou académiques nécessaires à la bonne organisation de l'exploitation, d'où une gestion inadéquate des fermes aquacoles, illustrée par ces quelques exemples :

- Très peu d'exploitations prennent le temps de noter les différentes données de l'élevage (comme la mortalité !) : aucune analyse ni correction ne peut donc avoir lieu ! [13]

- De même, on ne trouve que rarement trace des administrations de médicaments ou de produits chimiques. La plupart n'ont même pas d'inventaire de leurs stocks. [13]

- Dans la majorité des fermes, l'indice de conversion de l'aliment ne peut être calculé avec précision. L'alimentation, pourtant principale dépense de l'élevage et facteur clé de la réussite de ce dernier, s'effectue donc en fonction de l'expérience propre de chaque éleveur qui ne se base souvent que sur ses seules observations. Les résultats sont donc une alimentation non maîtrisée et des déchets augmentés (**cf. partie xxx**). La gestion (notamment alimentaire) est toutefois meilleure dans certaines plus grosses structures, généralement lorsque ce n'est pas le propriétaire qui dirige la ferme (en pointant plutôt vers l'aspect financier). En effet, seules les grosses exploitations peuvent s'offrir les services de conseillers techniques compétents. [13] [81]

Au final, le manque de formation spécifique à la pangasiculture des exploitants entraîne une gestion mal maîtrisée des différents paramètres d'élevage, ce qui se ressent aussi sur les résultats d'exploitation. On note un manque cruel de suivi et une absence de planification des différentes opérations concernant la gestion du stock ou des intrants (comme l'alimentation ou les médicaments). Le manque de suivi se fait également sentir au niveau de la gestion du parasitisme, des différentes maladies ou de la mortalité. Très peu d'exploitations maîtrisent ces éléments, et encore moins tiennent à jour une base de données fiable, ce qui augmente leurs pertes. [39] [81]

Toutefois, les marchés mondiaux étant très attentif à la qualité et surtout à la sécurité sanitaire de ces productions, les pouvoirs publics et les entreprises de transformation ont pris des mesures pour faire évoluer la situation (formations, contrôles qualité, etc...). [13]

Aujourd'hui, certaines exploitations (généralement de taille importante) maîtrisent parfaitement leur production grâce à l'emploi d'un personnel qualifié. Non seulement leurs dépenses sont mieux gérées et leurs pertes limitées mais ce sont ces structures qui exportent leur production au meilleur prix vers les pays riches. Tout ceci concourt à la création d'une pisciculture à deux vitesses (**cf. partie III.4**).

II.3.B/ Aspect social

Le bilan social de la pisciculture est plutôt bon. Les usines de transformation sont une très importante source d'emploi pour les populations locales, notamment les femmes, très appréciées lors de certaines étapes du processus (**cf. partie II.4**). Les rares abus concernant les droits des enfants ne sont pas spécialement associés à la filière ; les enfants peuvent aider leurs parents mais rarement à temps plein. Les travailleurs de moins de 16 ans sont rares. Les conditions de logement des travailleurs sont correctes, avec un accès aux services basiques que sont les toilettes ou une cuisine. Les salaires sont même plus élevés que dans d'autres filières. Seules les normes de sécurité (trousse de soins, formation aux premiers secours, etc..) semblent incomplètes. [13] [58] [82]

Aucun conflit ou désaccord majeur n'est associé à l'aquaculture du Pangas. Les éleveurs autorisent généralement l'accès aux environs des cages aux

pêcheurs les plus pauvres, là où l'abondance d'aliments rejetés attire les poissons sauvages. C'est notamment le cas du Ca Linh, un poisson « déchet » d'eau douce fréquemment utilisé en alimentation du pangas, dont le prix peut atteindre 15 000 ₫/kg (env. 0,60 €/kg). Les conflits entre les utilisateurs traditionnels des rivières et les nouveaux exploitants aquacoles sont ainsi évités. [13]

II.3.C/ Profil-type des exploitations du delta du Mékong: exemple de la région d'An Giang

Une étude réalisée par Phuong et al. détaille le profil de soixante exploitations agricoles utilisant le système étang dans la province d'An Giang en 2006. Les données techniques de ces exploitations sont données dans le ***tableau 13***. Les différentes spécificités décrites dans cette partie proviennent toutes de cette étude, afin de nous permettre d'établir le profil-type d'une exploitation piscicole du delta du Mékong. [60]

L'aquaculture au Vietnam est majoritairement réalisée à petite échelle, dans des exploitations de petites tailles, familiales. Comme on le voit sur le ***tableau 13***, la taille des exploitations reste limitée (1,02 hectare en moyenne, pour une moyenne d'un peu plus de deux étangs par ferme). [58] [60]

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Nombre total d'étangs par exploitation	1,95	2,65	2,50	2,37
Surface totale en étang (en ha)	**1,50**	**0,69**	**0,86**	**1,02**
Taille moyenne d'un étang (en ha)	0,77	0,27	0,34	0,44
Hauteur d'eau moyenne				
Saison des pluies	3,52	3,80	3,79	3,70
Saison sèche	3,18	3,33	3,19	3,23

Tableau n ° 13 : Comparaison du nombre, de la hauteur d'eau, de la surface totale et de la taille moyenne des étangs selon les différentes catégories d'exploitations

(d'après [60])

La plupart des exploitations sont individuelles, à l'exception de quelques grosses structures appartenant à des compagnies (mais qui se développent de plus en plus). Cela est dû au fait que les éleveurs utilisent leurs propres terres pour construire leurs étangs. Il existe toutefois quelques rares exemples de copropriétés/associations entre plusieurs petites exploitations. L'étude a également montré que les étangs visités étaient exclusivement réservés à l'élevage de Pangas, aucune ferme ne pratiquant de polycultures. [60]

Il est à noter que les exploitations en alimentation strictement industrielle ont une surface totale en étang nettement supérieure aux 2 autres catégories. Elles correspondent à des investissements plus récents de capitaux attirés par un profit important et rapide (ce qui est confirmé ci-dessous). [60]

Toujours selon cette étude, la production la plus importante est permise par l'utilisation combinée d'une alimentation industrielle et ménagère au cours du cycle de développement du poisson (243 887 kg/ha). L'utilisation d'une alimentation exclusivement industrielle permet une production moyenne proche, soit environ 240 199 kg/ha. La plus basse production est obtenue par l'utilisation d'une alimentation ménagère (157 452 kg/ha). [60]

Il apparaît ainsi que les agriculteurs utilisant un système dit « intensif » (par l'utilisation d'une alimentation exclusivement industrielle) ont une expérience en aquaculture assez récente, en moyenne de 3,2 ans, tandis que ceux incluant une alimentation ménagère dans leur ration (système semi-intensif ou traditionnel) ont beaucoup plus d'expérience en aquaculture (respectivement 11,8 et 7,75 ans). Les nouveaux installés privilégient donc majoritairement une alimentation industrielle moins contraignante que l'alimentation ménagère, tandis que les éleveurs « au long court » basculent partiellement en alimentation industrielle tout en conservant leur savoir faire traditionnel. [60]

Les niveaux de formation varient ; seuls 20 % des éleveurs ont suivi un cursus universitaire. 50 % des exploitants ont atteint le secondaire et 30 % se sont limités à l'enseignement primaire ou sont illettrés. [60]

La formation spécifique en aquaculture est par contre particulièrement réduite, avec en moyenne 1,82 jours de formation par éleveur (confirmant les affirmations de la partie II.3.A) ! Cette formation peut être soit une formation courte proposée par les instances gouvernementales en charge de l'aquaculture, soit des programmes complémentaires proposés par les industriels de l'alimentation, des produits chimiques ou pharmaceutiques qui invitent des formateurs universitaires ou issus d'instituts de recherche pour des conférences. Toutefois, certaines grosses exploitations ont accès à des consultants spécialisés. [60]

Le profit est la première motivation des éleveurs pour s'investir dans l'aquaculture du Pangas, selon un sondage réalisé par Le et Nguyen en 2005. Ceci peut expliquer l'extension rapide de cette filière en général, et en particulier de l'élevage en étang. [13]

II.3.D/ La Filière commerciale

Le Pangas va généralement directement du producteur à l'industriel sans passage par des grossistes, contrairement au marché de la crevette : les industriels ont leur réseau d'approvisionnement direct. Ce poisson est majoritairement destiné à l'export sous différentes formes (sans modification, cuit, filet, etc...) [*cf. figure 4 et 5*]. Généralement, le poids de commercialisation du Pangas est d'environ 1 à 1,2kg. [13]

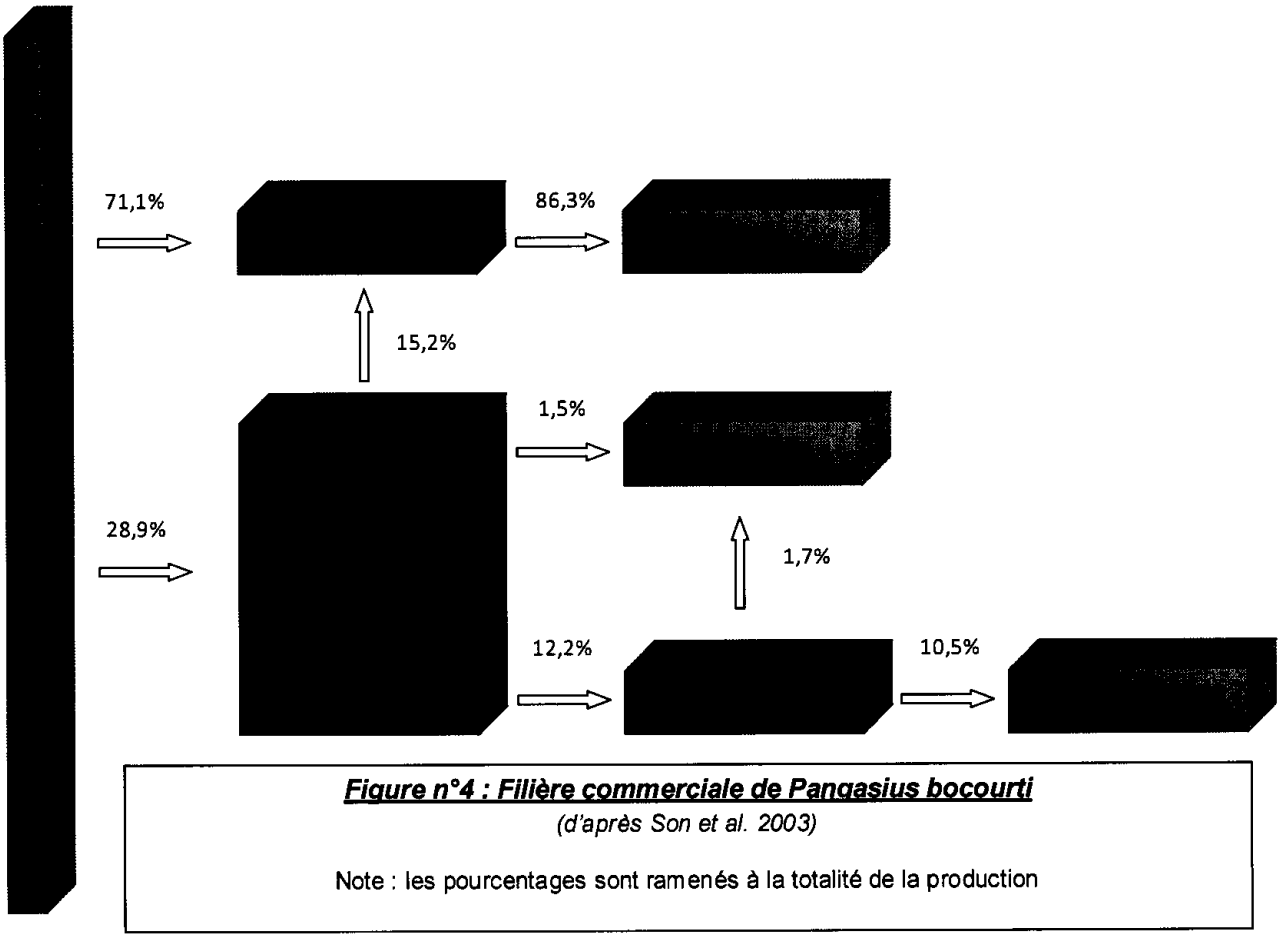


Figure n°4 : Filière commerciale de Pangasius bocourti
(d'après Son et al. 2003)

Note : les pourcentages sont ramenés à la totalité de la production

Concernant *Pangasius bocourti* [*cf. figure 4*], la quasi-totalité de la production (environ 86%) se retrouve entre les mains des industriels qui, après transformation en filets surgelés, la destinent à l'export. Pour chaque tonne de *Pangasius bocourti* (2006), le producteur gagne une marge brute d'environ 2 891 500 ₫ (soit environ 110 €). Pour les acteurs de la filière, la marge totale de mise sur le marché s'élève à 1 516 000 ₫ (soit environ 57 €). En moyenne, chaque producteur de *Pangasius bocourti* gagne 100 millions de Đong (soit environ 3 800 €) par ferme et par cycle de production (12 - 13 mois). *NB : Ces chiffres sont donnés à titre indicatif, ils diffèrent selon les auteurs, mais aussi selon les fluctuations des prix du marché.* [13]

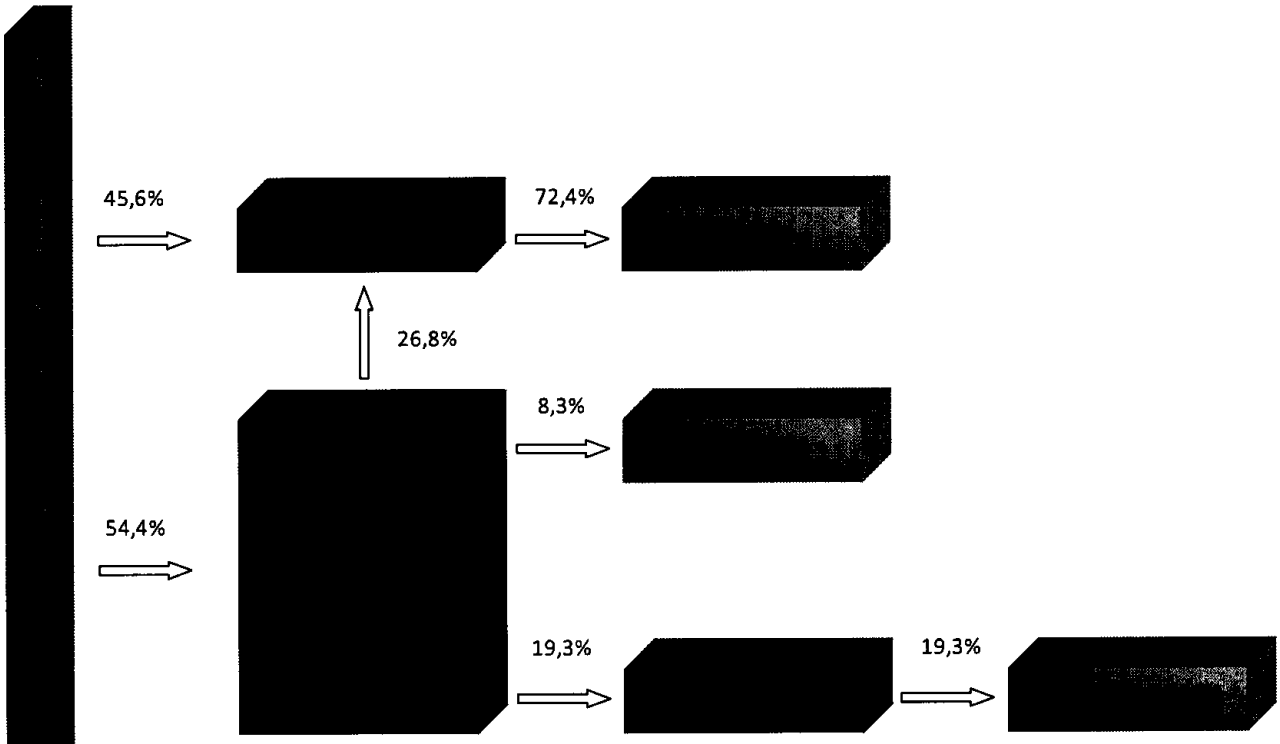


Figure n°5 : Filière commerciale de Pangasius hypophtalmus
(d'après Son et al. 2003)

Note : les pourcentages sont ramenés à la totalité de la production

Pour *P. hypophthalmus*, seule la moitié de la production est achetée directement par les industriels, sans intermédiaires. Selon Sinh (2006), pour chaque tonne de *Pangasius hypophthalmus* vendue [*cf. figure 5*], le producteur gagne une marge brute de 2 886 400 ₫ (soit environ 109 €). Pour les acteurs de la filière, la marge totale de mise sur le marché s'élève à 3 459 000 ₫ (soit environ 130 €). En moyenne, chaque producteur gagne 100 millions de Đong (soit environ 3 800 €) par ferme et par cycle de production (7 - 8 mois) pour

Pangasius hypophthalmus. NB : Ces chiffres sont donnés à titre indicatif, ils diffèrent selon les auteurs, mais aussi selon les fluctuations des prix du marché. [13]

Aujourd'hui, la forte demande des marchés a permis aux éleveurs de vendre leur production à un meilleur prix, d'augmenter leur niveau de vie et de développer sans cesse leur production. En outre, les éleveurs peuvent recevoir 30 à 50 % de la valeur de leur production sous forme de dépôt de la part des industriels avant la livraison. [13]

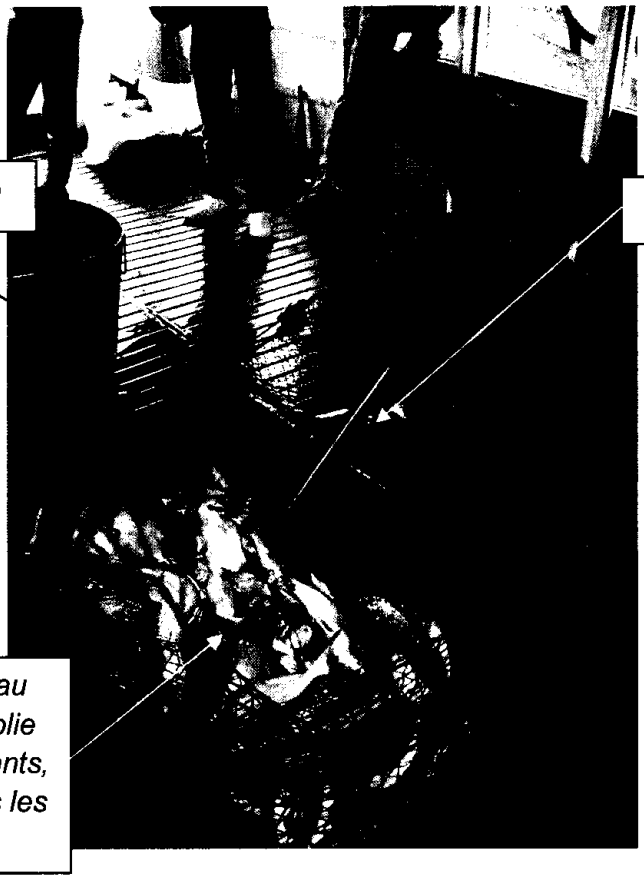
II.4/ Intégration dans la filière agro-alimentaire

Après son cycle d'élevage, le pangas se retrouve principalement dans des usines agroalimentaires (**cf. partie xxx**) afin d'être transformé en vue de son export. L'obtention de filets de pangas congelés représente l'écrasante majorité de la production. Les usines habilitées à exporter vers les grands marchés du Nord respectent les différents principes d'hygiène et de sécurité sanitaire que l'on retrouve dans l'UE : inspection sanitaire (recherche de parasites), principe de marche en avant, autocontrôles (HACCP), certifications (ISO 9001 : 2000, ISO 22 000). Ces structures sont très gourmandes en main d'œuvre qui toutefois reste, fort heureusement pour la filière, bon marché. En effet, les principales étapes clés ne peuvent être mécanisées. Par exemple, dans la province d'An Giang, une des provinces les plus productives, on compte vingt-sept usines dont les plus grosses emploient jusqu'à 5 000 personnes. [98]

II.4.A/ Les différentes étapes en usine de transformation:

Cette présentation sera faite en utilisant l'exemple des usines de transformation BianfishCo situées dans la région de Can Tho et Docifish à Dong Thap.

Pour s'assurer de la meilleure qualité possible, les poissons doivent arriver vivants à l'usine. Ils sont donc transportés dans de grands bateaux aménagés, dont la cale, emplie d'eau, permet le transport de cette cargaison spéciale. Les pangas sont pêchés à l'aide de grands filets sur leur lieu de production, puis transportés rapidement dans de grands paniers en direction du bateau transporteur, afin de les maintenir en vie. Arrivé à l'usine, ce poisson sera repêché dans les cales du navire par le même procédé avant d'aboutir dans la première salle pour y être saigné [***cf. photo 8 et 9***]. On compte deux grands pics de récolte au Vietnam, bien qu'il existe une production tout au long de l'année : au début (mois de mars) et à la fin (mois d'octobre) de la saison de la mousson. La raison de ce pic tient au fait qu'à ces deux périodes clés, on observe un changement dans la température de l'eau. Afin d'éviter les pertes, les éleveurs préfèrent vendre leur production à cette période et s'organisent en conséquence. [98]



A l'intérieur du bateau de transport : ***les pêcheurs descendent disposer le filet dans la cale (de plus en plus profondément à chaque pêche). Puis grâce à un système de treuil, les filets sont remontés, emprisonnant les Pangas. Avec une épuisette spéciale, les Pangas sont alors déposés dans de grands bacs qui permettront leur acheminement final jusqu'à l'usine, toujours située à proximité d'une voie fluviale.***

Photo n°8: Pêche du Pangas dans un bateau de transport

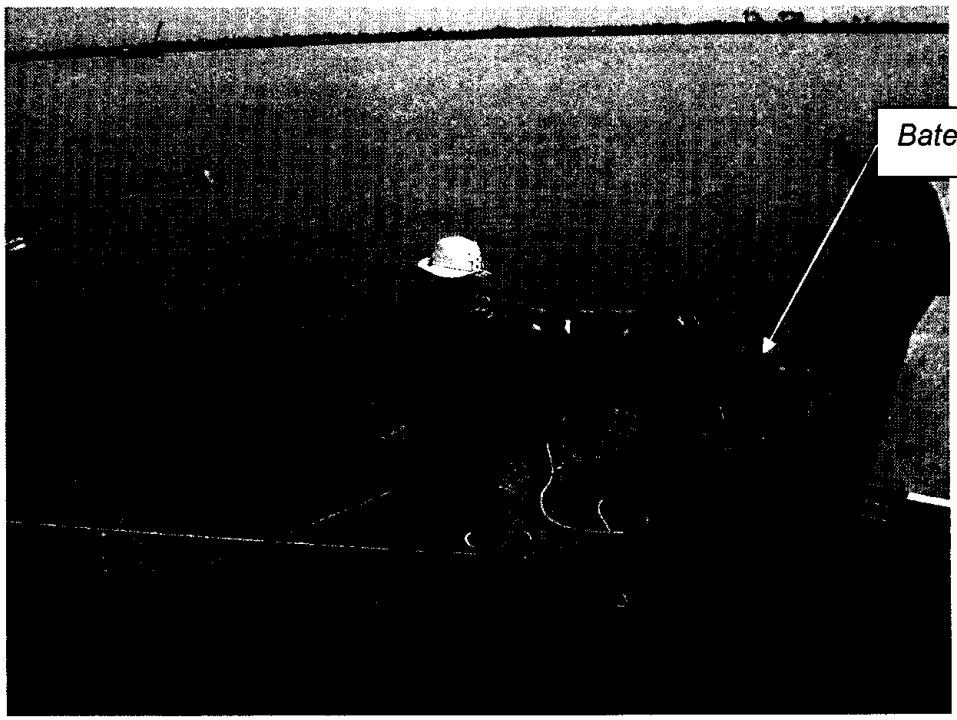
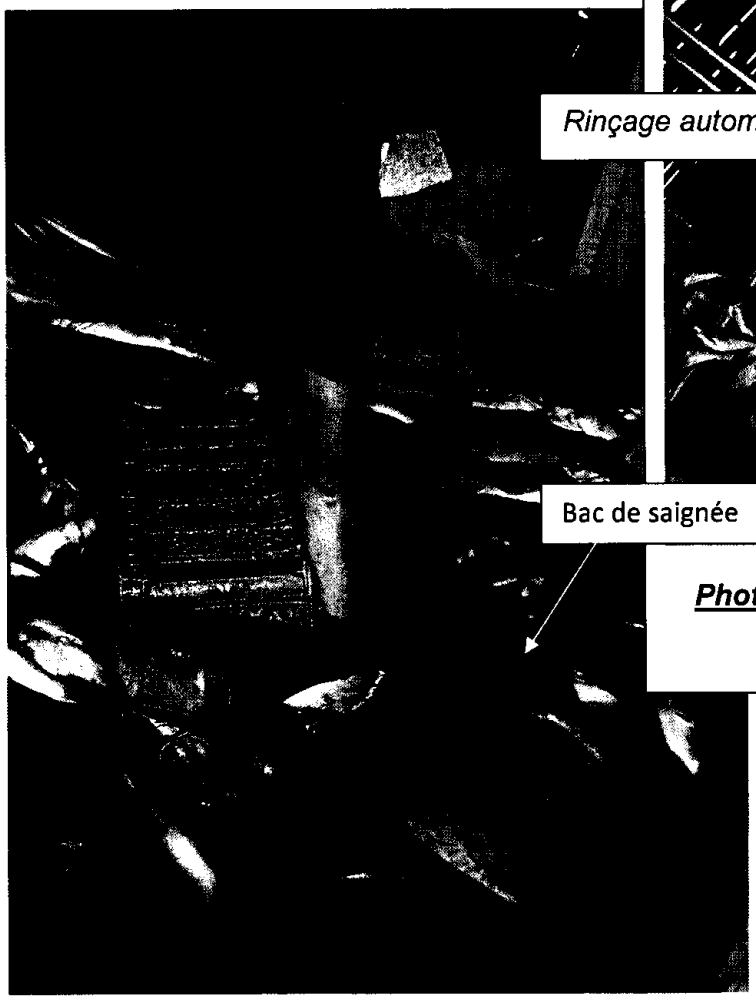


Photo n°9 : La cargaison de Pangas transportée jusqu'à l'usine

Arrivés à l'usine, la première étape consiste en la saignée des poissons [*cf. photos 10 et 11*]. C'est une étape très importante car une mauvaise saignée aura des conséquences sur la qualité du filet. Les poissons arrivant de l'extérieur, encore vivants, sont déposés dans de grands bacs d'eau froide où ils sont saignés par un coup de couteau dans la région des branchies. Ils sont ensuite laissés quelques minutes afin que leurs derniers mouvements permettent une bonne évacuation du sang. La zone de saignée est généralement totalement séparée du reste de la chaîne, à cause de l'importante source de contamination qu'elle représente pour les filets.



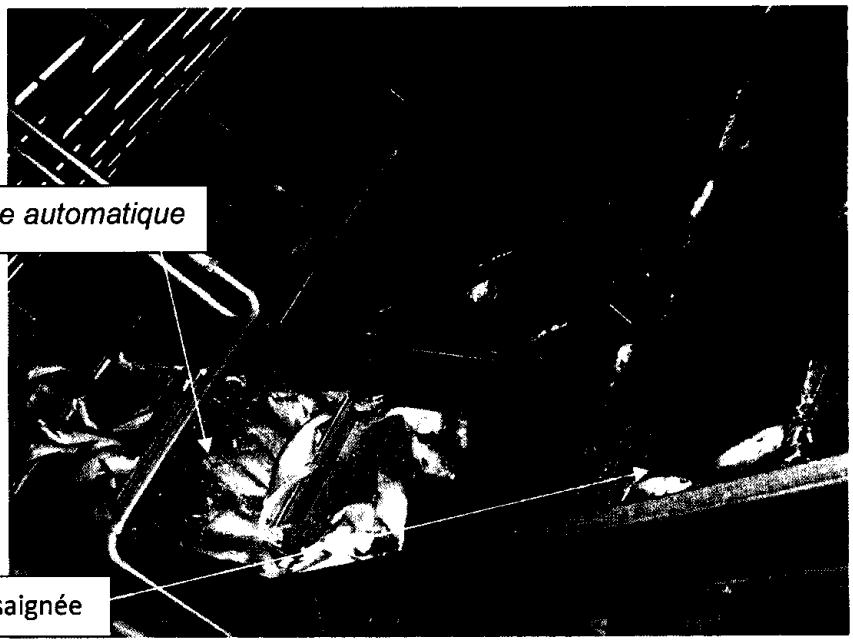
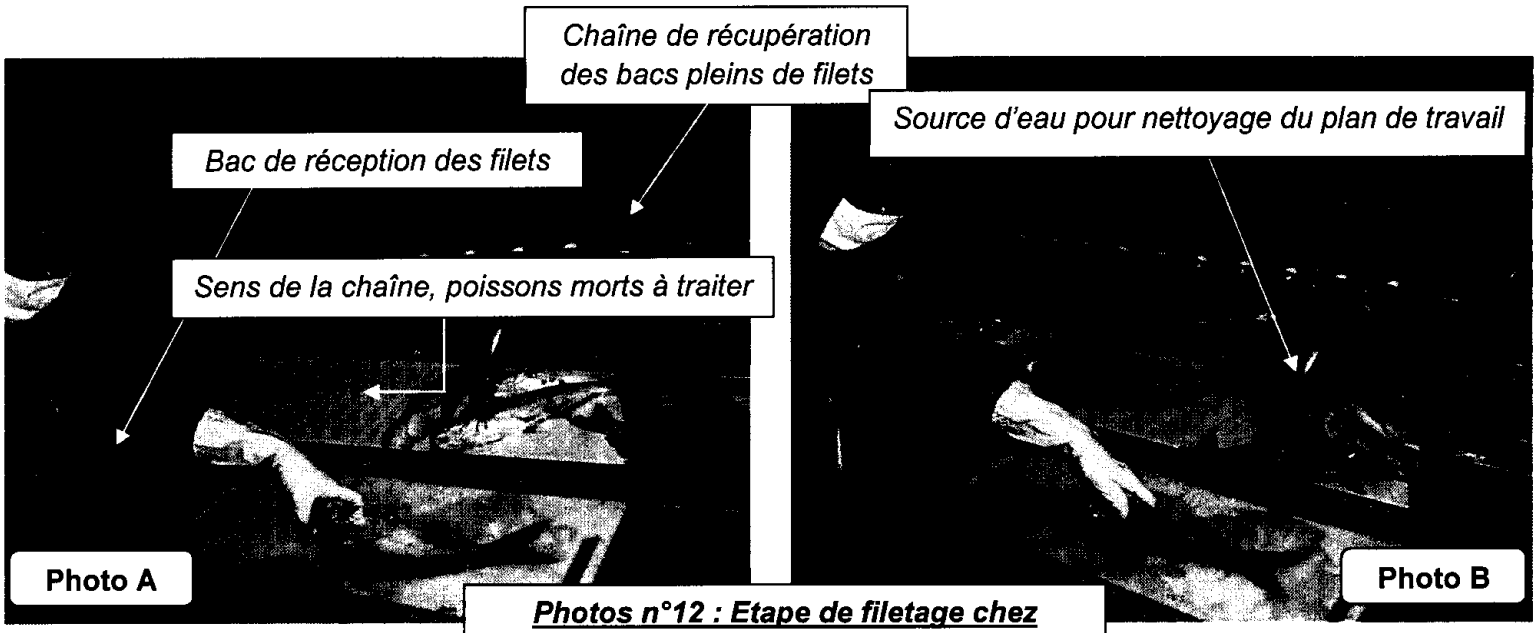


Photo n°11 : Sortie automatisée du bac de saignée chez BianfishCo

Photo n°10: Récupération des Pangas après la saignée chez Docifish

L'étape suivante est le filetage, c'est-à-dire qu'à partir du poisson juste mort, on va extraire les deux filets, en conservant la peau face externe. Le reste du poisson correspond à un déchet qui sera retraité (farines animales ou fabrication d'engrais) [*cf. photos n°12*].



Photos n°12 : Etape de filetage chez Bianfishco

L'ouverture se fait par la ligne dorsale (photo A), puis le filet est dégagé rapidement (photo B) et déposé dans le bac de réception. Le poisson est alors retourné et la même technique permet d'obtenir le second filet. Le reste du poisson est écarté en vue d'un futur retraitement (photo C).

En Annexe 7 : filetage chez Docifish pour comparaison

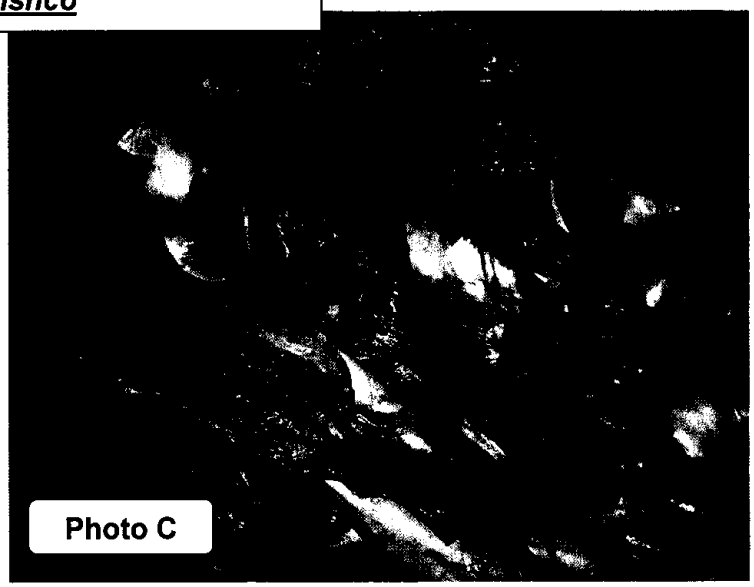


Photo n°13 : Skinning chez Docifish

Après filetage, les filets subissent un premier lavage (hypochlorite de potassium à 20 ppm chez Docifish). Les filets ainsi obtenus doivent encore subir différents traitements avant congélation. Le premier est le skinning, que l'on pourrait traduire par « retrait de la peau ». Les filets sont frottés face externe contre une surface spéciale qui permet de retirer la peau sans entamer le filet (avec le moins de pertes possible) [*cf. photo 13*].

Le second traitement est le plus important : c'est le « fully trimming » ou parage. Il s'agit de retirer du filet tout ce qui altère sa valeur (à savoir lambeaux colorés, parties non désirées, etc...) et ceci afin d'obtenir le précieux filet blanc tant recherché sur les marchés occidentaux. C'est une étape clé, car il ne faut parer que le strict nécessaire afin que le poids du filet soit maximum. Cette étape demande une grande quantité de main d'œuvre qualifiée pour ce poste. Ce sont généralement des femmes qui vont effectuer ce travail qui demande une grande dextérité [***cf. photos 14 et 15***]. C'est également à cette étape que sont séparés les lots de différentes couleurs (**cf. partie II.4.B**).

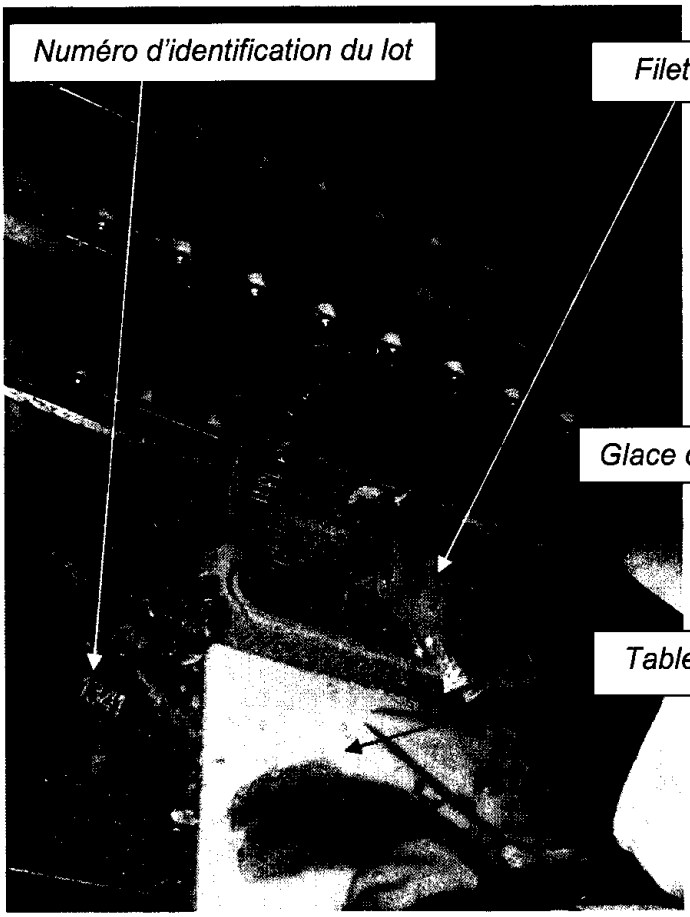


Photo n°14 : Etape de nettoyage des filets chez BianfishCo

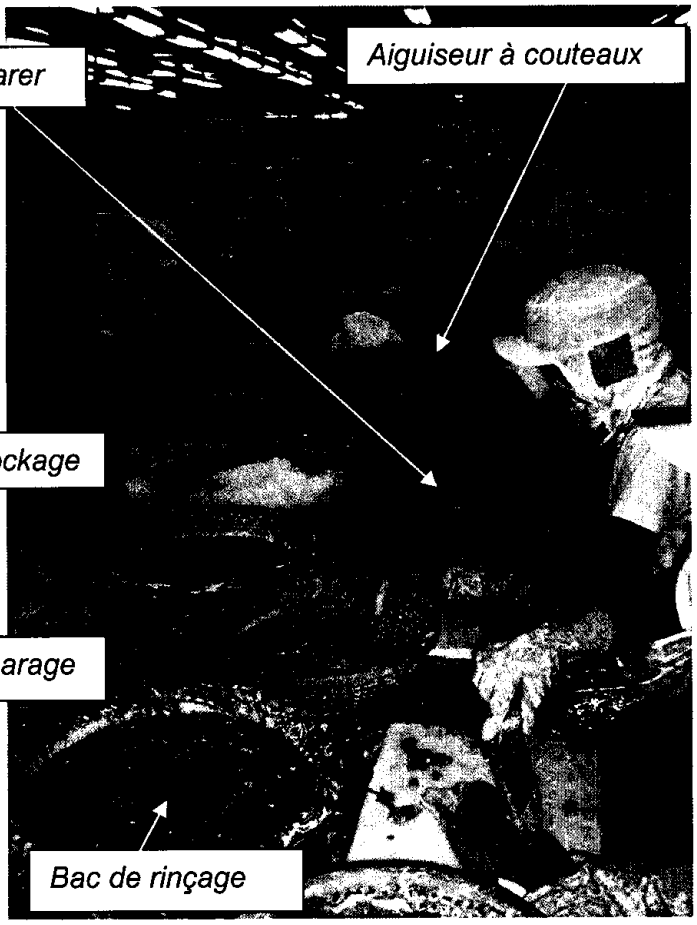


Photo n°15 : Etape de nettoyage des filets chez Docifish

La plupart du temps, les ouvrières sont payées au rendement (évalué par pesée du travail de chaque ouvrière) ce qui les incite à une efficacité maximale. Ainsi, durant huit heures chaque jour, six jours sur sept, debout, elles vont parer un filet toutes les 1 min 30 en moyenne [***cf. photo 16***]. Chaque filet ainsi traité est vérifié au niveau de points de contrôle qualité avant la poursuite de son

parcours, afin de s'assurer de la bonne réalisation de cette étape. Un deuxième parage est effectué si le premier s'avère insuffisant (relativement fréquent).

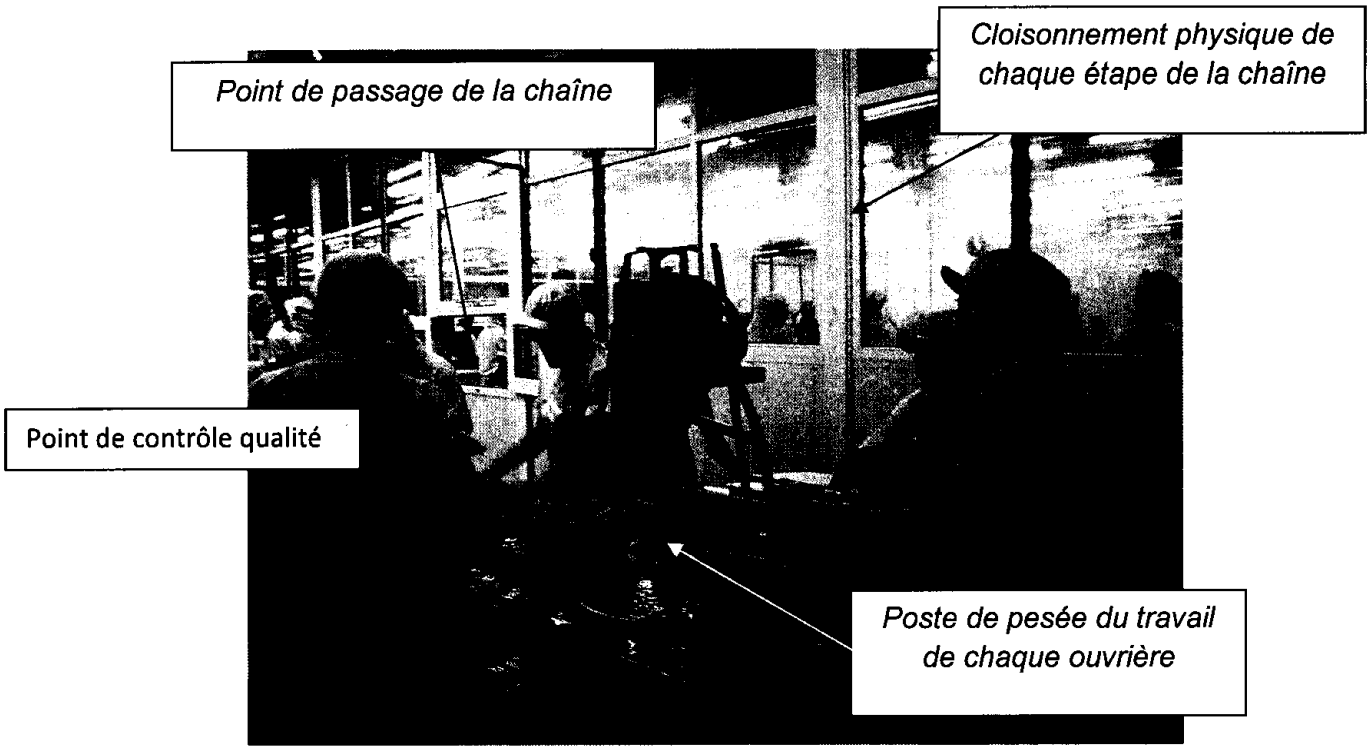


Photo n°16 : Poste de pesée chez Docifish

Après cette étape, un nouveau lavage est effectué [*cf. photo 17*].

Puis on va procéder au mirage, c'est-à-dire à la recherche in visu de parasites éventuellement présents dans le filet (**cf. partie II.3**) grâce à l'utilisation d'une table spéciale rétro-éclairante [*cf. photo 18*]. Le mirage ne permet pas de détecter les parasites enkystés à une profondeur supérieure à 6 mm dans le muscle du poisson. Des recherches ont montrés que 60 à 70% des nématodes présents sont détectés par cette technique. [94]

Les pangas sont ensuite triés en fonction de leur taille et de leur poids (grading / sizing) [*cf. photo 19*] avant un dernier lavage [*cf. photo 20*].

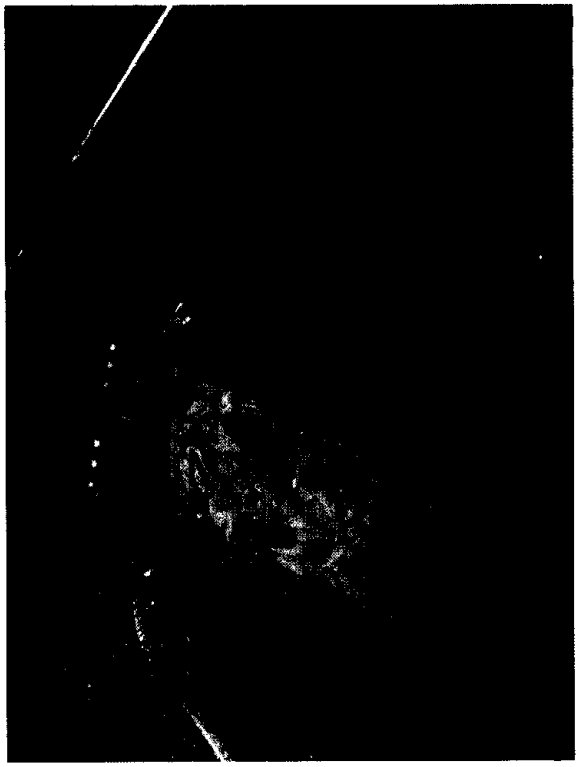


Photo n°17 : Sortie du bac de lavage chez BianfishCo

Photo n°18 : Etape du mirage chez Docifish

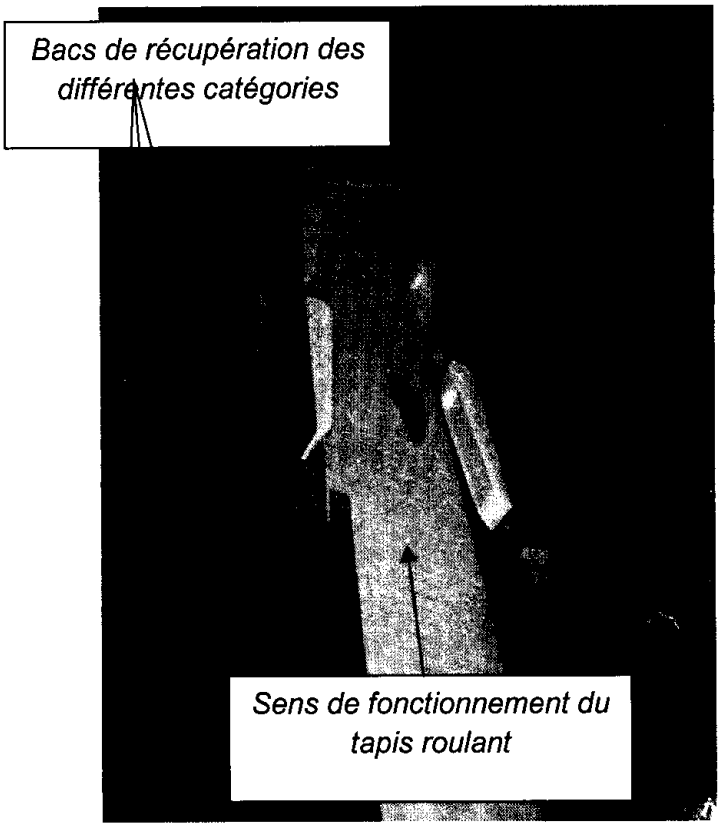


Photo n°19 : Trieuse automatique chez BianfishCo

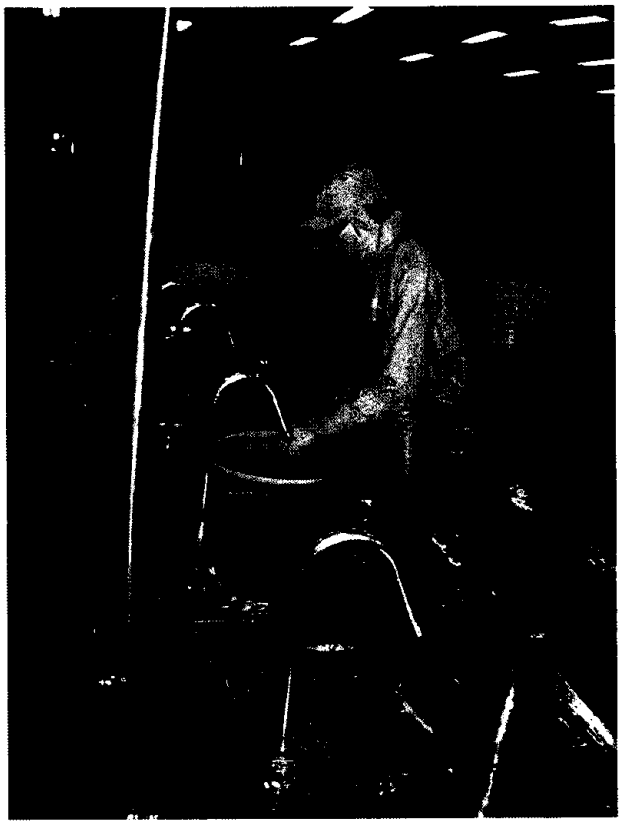


Photo n°20 : Bacs de lavage chez BianfishCo

Avant la congélation des filets, la dernière étape consiste à passer les filets dans une machine spéciale [*cf. photo 21*], où ils seront brassés avec de l'eau généralement associée à du triphosphate de sodium ($Na_5P_3O_{10}$) ou d'autres sels équivalents. C'est un produit "generally recognized as safe", c'est-à-dire sans risque pour la santé humaine, au même titre que le sel ou le vinaigre. Toutefois son utilisation est soumise à déclaration. Il existe quelques restrictions pour l'accession au marché européen selon les formulations. Ce produit est utilisé comme désinfectant (contre les moisissures). Il donnerait également un meilleur goût au filet. Mais son principal rôle dans cette étape particulière est d'assurer une absorption d'eau maximale par le filet avant surgélation, ce qui a pour effet de l'alourdir. De plus, ce traitement donne au filet un aspect brillant séduisant sur les marchés. [98]

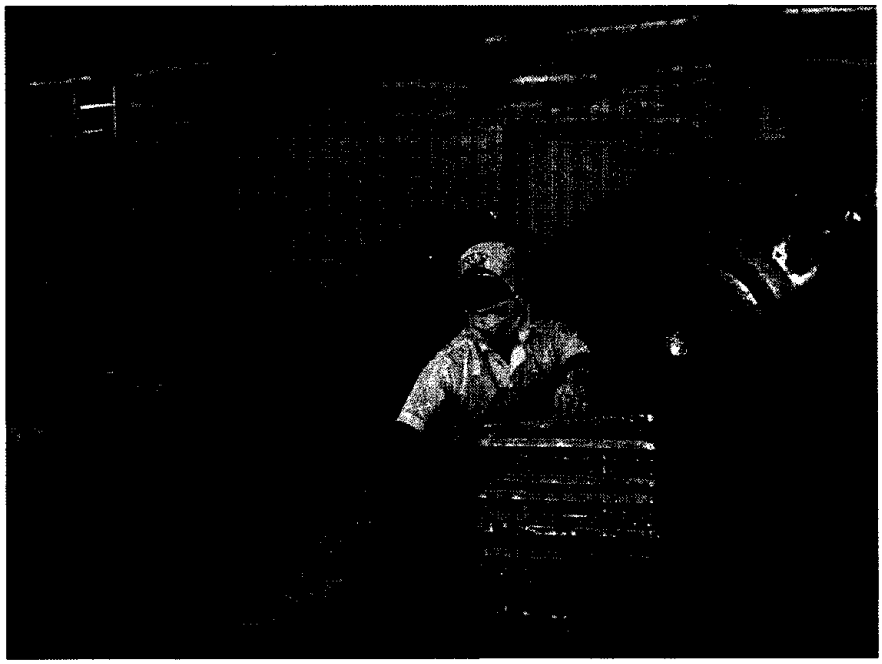


Photo n°21 : Dernière étape de la fabrication de filets de Pangas chez Docifish

Enfin, les filets de Pangas sont surgelés dans des machines spéciales (-35°C), soit de manière individuelle, soit de manière collective [*cf. photo 22*]. Ils sont ensuite emballés et prêts à être exportés partout dans le monde [*cf. photo 23*] : **cf. partie III.4.A.**

Photo n° 22 : Mise en place de filets dans le surgélateur chez BianfishCo

Photo n°23 : Service d'emballage des filets surgelés chez BianfishCo

Il faut deux kilogrammes de poissons pour obtenir un kilogramme de filet. Il a fallu six heures d'un bout à l'autre de la chaîne (emballés prêts à partir) chez Docifish. De la saignée à l'étape de surgélation, il s'est écoulé environ 30 à 45 minutes chez Bianfishco. La rapidité d'exécution (tout comme la nécessité de saigner le poisson dans l'usine même de transformation) conditionne directement la qualité du filet qui se dégrade très rapidement avant congélation. Le produit fini emballé est directement expédié sur les marchés tout autour du monde [*cf. photo n°24*]. [98]

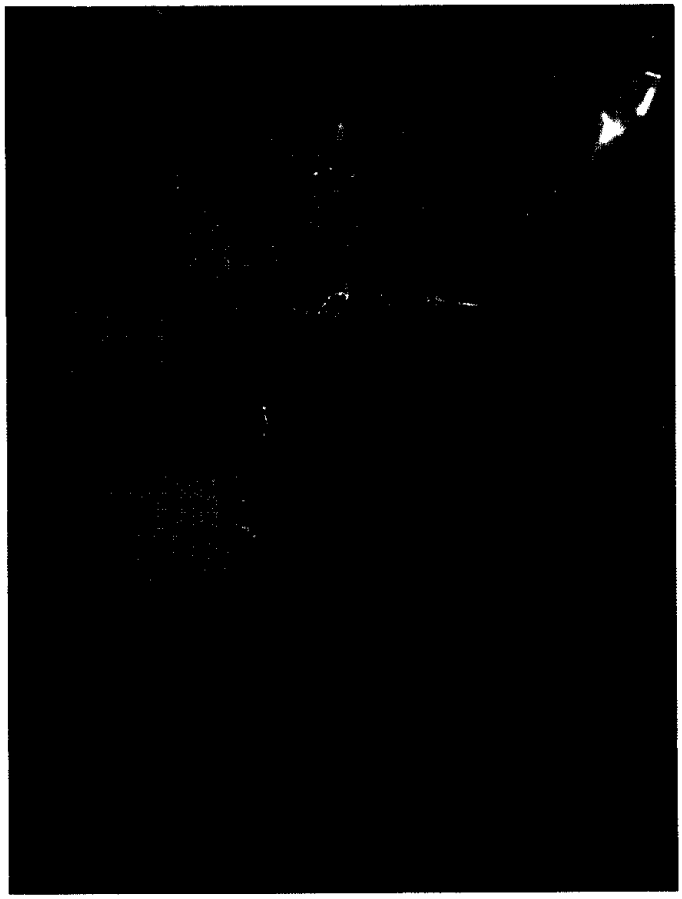


Photo n°24 : Produit fini : filet de Pangas chez Docifish

II.4.B/ Les différentes qualités de chair - Implications pour la filière pangasicole

Il existe différentes qualités organoleptiques de chair pour les filets de Pangas, qualités liées aussi bien au type de production qu'à la qualité de l'abattage. Traditionnellement, on distingue trois colorations potentielles du filet de Pangas : blanc, jaune (ou crème), et rose. Sur ces trois colorations se greffent des catégories intermédiaires qui reflètent tout le panel qualitatif que l'on peut obtenir. Cette classification est importante car certaines qualités ne conviendront pas à certains marchés. Nous allons détailler ci-après les différentes catégories [*cf. photo 25*]: [35] [98]

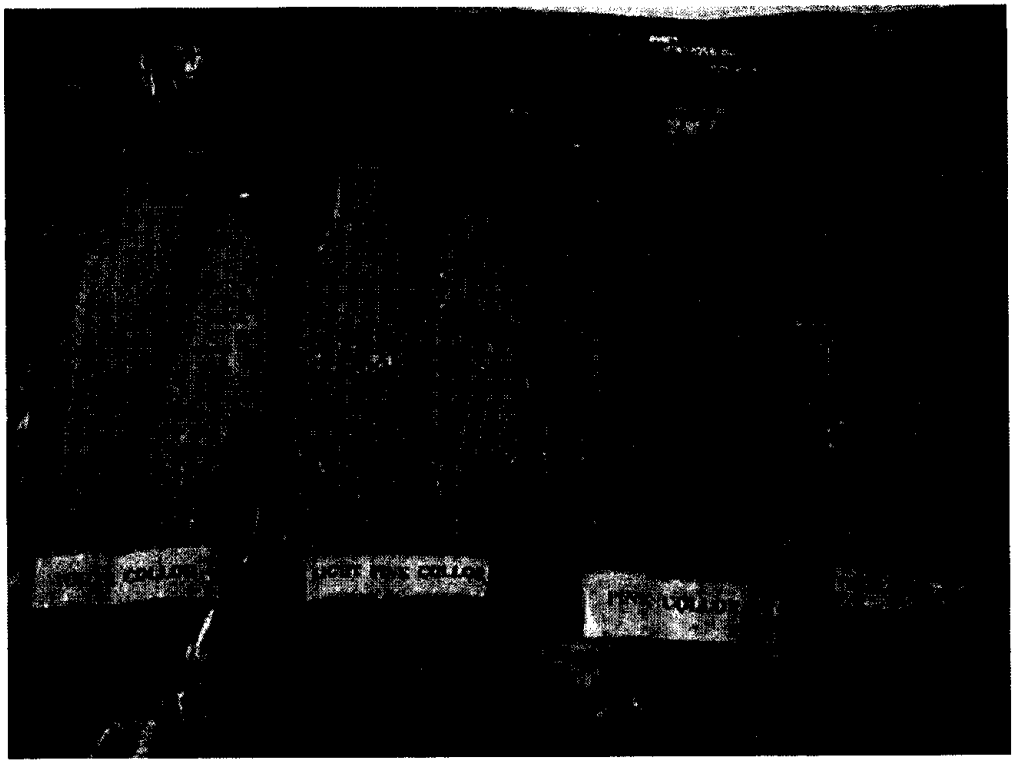


Photo n°25 : Différentes colorations du filet de Pangas
(d'après xxx)

Filet Blanc (White):

C'est la catégorie la plus demandée et donc la plus recherchée par les producteurs. C'est elle qui se vendra le plus cher et qui a permis le développement de la filière. Autrefois apanage de l'espèce *P. bocourti*, c'est grâce au succès de nouvelles méthodes d'élevage que l'on a pu obtenir une qualité de chair équivalente (donc blanche) chez *P. hypophthalmus*. [98]

Filet Rose Clair (Light Pink):

Cette catégorie est souvent confondue avec la catégorie filet blanc. Le rose correspond à une légère teinte du filet. C'est probablement une des catégories les plus prisées, particulièrement en Europe, car sa teinte rosée lui donne une allure particulièrement fraîche sur les marchés (après décongélation). Ses filets peuvent ainsi atteindre les mêmes tarifs que les filets blancs (parfois même supérieurs). Cette coloration est due à une faible oxygénation de l'eau dans leur ferme de production. Cette coloration est notamment particulièrement à toutes les fermes utilisant l'eau de la rivière Tien, un des bras du Mékong dans le delta. [98]

Filet Rose (Pink):

La coloration rose (parfois appelée rose foncé (dark pink)) est peu appréciée sur les marchés, son prix s'effondrant généralement de près de 10%. Seuls les pays du sud de l'Europe, et notamment l'Italie, semblent apprécier cette catégorie de filet. Cette coloration est due à une saignée insuffisante du poisson à l'abattoir. Elle peut aussi être due aux conditions d'élevage en étang avec certains aliments qui colorent la chair. [98]

Filet Jaune Pâle (Light Yellow):

Cette coloration peut résulter des conditions d'élevage en étang tout comme de l'utilisation de certains aliments (les causes seraient les mêmes que pour le filet jaune). Le prix de cette catégorie est environ 15 % inférieur à la catégorie filet blanc. Certains pays d'Europe de l'Est semblent accepter d'importer cette catégorie. [98]

Filet jaune (Yellow):

C'est la catégorie de filet de plus basse qualité. Seuls quelques marchés asiatiques, comme celui de Singapour, acceptent cette catégorie sous l'appellation « crème de pangas » (Cream Pangasius). Les poissons présentant cette couleur proviennent exclusivement de systèmes d'élevage en étang. Leur prix est près de 20% inférieur à celui de la catégorie filet blanc. Parfois, les poissons ainsi obtenus, en plus de cette coloration jaune, souffrent d'une saveur modifiée avec un goût de vase prononcé. [98]

Il existe une cause reconnue responsable d'une coloration jaune des filets : l'infection par *Edwardsiella ictaluri*. Cette dernière est aisément indentifiable lorsqu'elle est présente dans l'élevage, étant responsable d'une importante mortalité. Mais ceci n'explique qu'une infime part des filets de couleur jaune. [13] [35]

Différentes théories existent quant à cette coloration jaune des filets. Cette particularité du Pangas est devenue un réel défi pour les producteurs en étang. Diverses études ont été menées, mais aucune n'apporte encore de résultats définitifs.

Il apparaît en tout cas que cette coloration est peu fréquente dans les étangs modernes avec une alimentation industrielle flottante (5 à 15%). A contrario, elle est quasi systématique dans les étangs à latrine. L'aspect zootechnique est donc fondamental dans la gestion de cette problématique.

Deux principales théories coexistent actuellement :

Selon certaines études, la coloration du filet serait due à un stress oxydatif (les poissons manquent de capacité anti-oxydante pour lutter contre le stress) entraînant une augmentation du taux de bilirubine dans le sang et une coloration des filets. Ceci aurait lieu notamment durant la phase de pêche et de transport mais aussi durant la phase d'engraissement selon les conditions d'élevage (forte densité, faible renouvellement de l'eau, etc...). [35]

Pour d'autres, l'effet des colorants alimentaires n'est pas encore exclu: xanthophylle ou caroténoïdes qui sont présents dans l'alimentation artificielle ou dans le benthos (certaines espèces se révèlent très riches en ces colorants) [*cf. figure 6*]. [8] [35]

Enfin, les poissons semblent présenter des sensibilités individuelles différentes (influence de la génétique ?). [35]

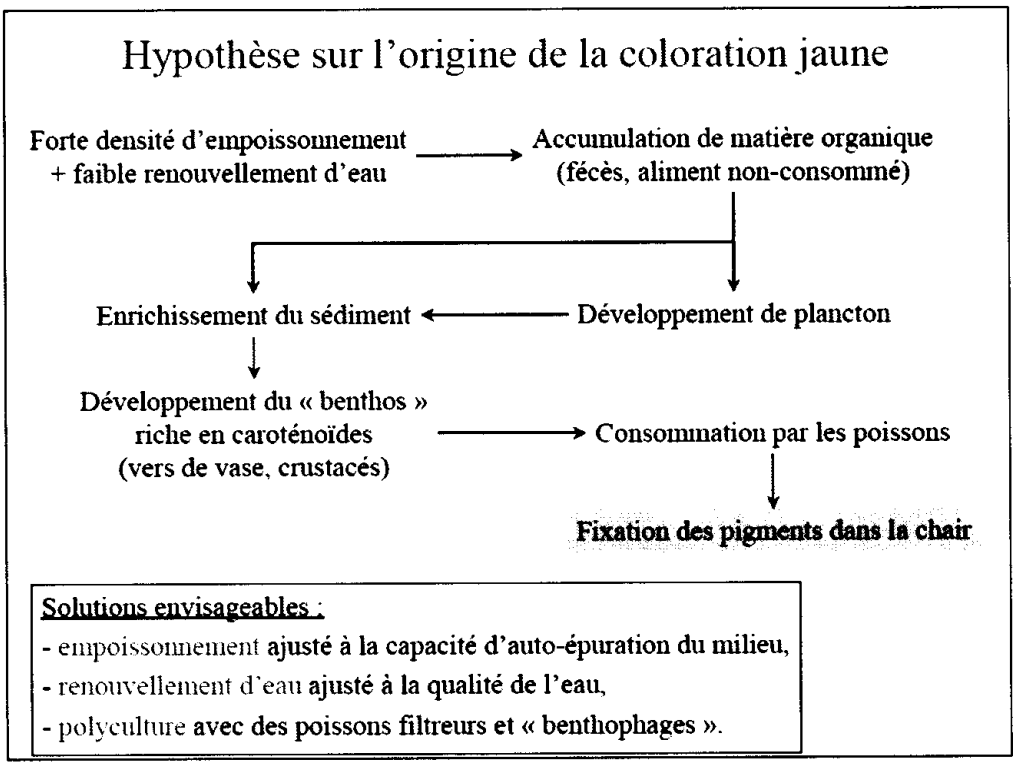


Figure n°6 : Hypothèse sur l'origine de la coloration jaune des filets de Pangas selon Cacot et Lazard
(d'après [8])

Il est probable que les causes soient multiples. Quoi qu'il en soit, les éleveurs cherchent aujourd'hui des alternatives dans l'aménagement de leurs

étangs (alimentation, densité, nature du sol, aération mécanique, etc…) afin d'obtenir un rendement maximum de leur production.

II.4.C/ Impact de la filière agro-alimentaire sur la ferme piscicole

La filière Pangas est très dépendante des usines agro-alimentaires, elles-mêmes soumises aux marchés mondiaux. Comprendre les exigences de ces dernières est indispensables pour comprendre la filière pangasicole. La lutte contre la coloration jaune des filets est ainsi à l'origine de la disparition des élevages en étangs à latrine, mais aussi de modifications dans les pratiques alimentaires (**cf. partie III.2**).

De même, la notion de sécurité sanitaire fait son apparition au Vietnam avec le développement du marché international. Les usines de transformations appliquent les mêmes règles que celles que l'on trouve en Europe (marche en avant, mesures d'hygiène (tenue et hygiène des employés, matériel spécifique aisément lavable, HACCP, etc…) (**cf. partie III.6**). Mais de la même manière qu'en France, ces exigences incluent aussi des mesures dans les différents élevages qui doivent fournir un produit brut sans danger pour les consommateurs (résidus d'antibiotiques, gestion des parasites, etc…) notamment depuis l'application du paquet hygiène dans l'UE (1er marché du Pangas). Les contrôles sont effectués par le gouvernement mais aussi par les usines de transformation qui ne veulent pas risquer de perdre des marchés ou de rembourser les frais engagés en cas de saisie à la frontière. Une nette amélioration a eu lieu (et se poursuit) de ce côté-là au Vietnam, le gouvernement ne voulant pas mettre en péril cette importante source de revenus, mais des efforts restent à faire (**cf. partie III.6**).

Aujourd'hui, élevages de Pangas et usines de transformation sont étroitement liés. Les premiers doivent fournir des poissons de qualité en quantité, les seconds assurent la vente sur les marchés internationaux offrant aux éleveurs le moyen de vendre une grande quantité de poissons à des prix attractifs (selon la moyenne observée dans le pays).

III/ Gestion des différents systèmes de production en pangasiculture

Quelque soit le système de culture ou l'espèce élevée, l'exploitant doit faire face à une série de problématiques que sont l'obtention de juvéniles, l'alimentation ou la gestion des pathologies tout en assurant l'équilibre financier de l'exploitation. Ce sont ces données que nous étudierons dans cette troisième partie au travers de l'exemple de la pangasiculture. L'impact environnemental de la pisciculture sera également abordé. Enfin, cette production étant majoritairement tournée vers l'export, il est légitime de s'interroger sur les mesures mises en place pour garantir aux consommateurs (notamment européens) la sécurité sanitaire de la production, ce qui sera le sujet de la sixième partie.

Pour cette troisième partie, nous ne nous intéresserons qu'aux systèmes d'élevage les plus courants, à savoir la culture en étang « moderne » (à l'opposé de l'étang à latrines) et la culture en cage.

III.1/ Gestion du cycle de reproduction en captivité

Avant 1997, les juvéniles élevés en ferme étaient obtenus par capture dans le milieu naturel. Cette méthode affectait de façon importante les stocks sauvages tout en limitant les possibilités d'extension de la filière. Cependant, la maîtrise du cycle de reproduction a permis à des écloseries de voir le jour pour pouvoir aujourd'hui fournir aux fermes aquacoles des juvéniles en grandes quantités tout au long de l'année. Malgré tout, le prix attractif des semences sauvages (dont le prix s'est effondré avec le développement de techniques de reproduction en captivité) par rapport aux semences des écloseries ainsi que le développement exponentiel de la filière ont entraîné une augmentation des prélèvements en milieu sauvage. Malheureusement, il n'existe pas encore d'études réalisées sur l'intensification des prélèvements sauvages et son effet sur le milieu naturel. [13] [70]

III.1.A/ Cycle de reproduction en milieu naturel

La période de reproduction en milieu naturel de Basa (*Pangasius bocourti*) court de janvier à juillet, et de février à octobre pour Tra (*Pangasius hypophthalmus*). [8] [84]

Au début de la saison des moussons, les pangas adultes migrent, remontant le fleuve Mékong jusqu'aux chutes de Khone, sur la frontière lao-cambodgienne. Cette zone réunit les conditions environnementales appropriées au cycle de reproduction. [81] [84]

En 1977, les captures en milieu naturel représentaient, selon le département des pêches vietnamien, de 200 à 800 millions d'alevins. Pour attraper les juvéniles de retour de leur lieu de naissance, des filets spéciaux sont utilisés [***cf. figure 7***]. Le début de la saison de capture est lié à l'arrivée d'une eau très trouble. Cela correspond au début du mois de mai à Tan Chau dans le delta du Mékong et dure environ deux cycles lunaires. Des filets de pêches spéciaux (« Dai » en vietnamien) sont généralement placés à 15 - 30 m de la rive (parfois jusqu'à 100m), dans des zones abritées du vent et des fluctuations du courant (***cf. Annexe 8***). [81] [84]

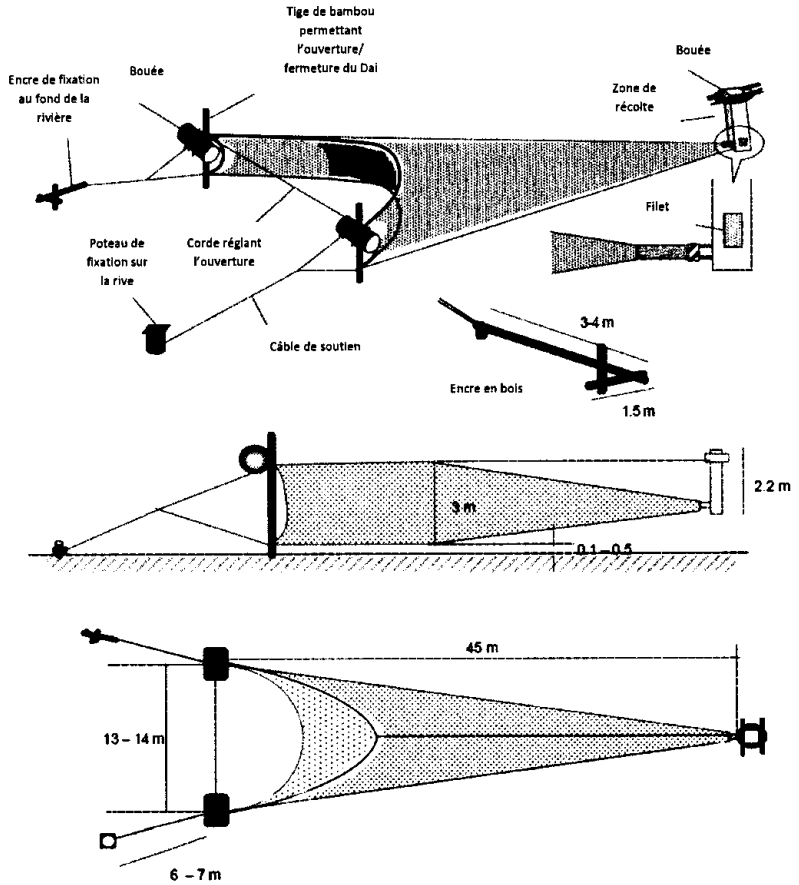


Figure n°7 : Modélisation du filet de pêche utilisé pour la capture des juvéniles dans le delta du Mékong
(d'après Tung et al. (2000), cités par [81])

Les juvéniles ainsi capturés sont classés en trois catégories selon leur taille et leur couleur. (1,3-1,5 cm : couleur argentée; 1,5-1,7 cm : couleur rosée ; 1,7-2 cm : couleur noire). [81]

Malheureusement, le processus de capture des Pangas juvéniles implique la capture de quantité d'autres espèces non désirées, généralement rejetées. Mais cela reste très destructeur pour le milieu naturel. On estime ainsi que pour l'obtention d'un kilogramme de Pangas juvéniles par cette méthode, 5 à 10 kg de poissons d'autres espèces sont tués. De plus, Khanh note en 1996 que la quantité de juvéniles capturés a fortement diminué au cours des dix dernières années, probablement à cause de la surpêche dont cette espèce est victime. [81]

La maîtrise du cycle de reproduction en captivité était donc primordiale à la fois pour la sauvegarde de l'espèce à l'état sauvage, et pour le développement de la filière. En effet, l'approvisionnement en alevins et en juvéniles était devenu problématique à la fois sur le plan politique (durcissement des relations politico-économique entre le Cambodge et le Vietnam, notamment sur le sujet sensible des ressources halieutiques) et sur le plan économique (envolée des prix telle que l'achat de juvéniles représentait plus de 50% des coûts de production en 1992). [38] [81]

III.1.B/ Maîtrise du cycle de reproduction en captivité

III.1.B.a/ Historique

La maîtrise du cycle de reproduction de certaines espèces de poissons-chats a été obtenue dès 1959 en Thaïlande (Boonbrahm), puis en Indonésie en 1981 (Hardjamulia) et en Malaisie en 1983 (Thalathiah). [81]

Depuis 1978, diverses institutions ont travaillé sur la maîtrise du cycle de reproduction du pangas vietnamien, particulièrement l'Institut de recherche en aquaculture n°2 (RIA2) et l'université de Can Tho. Des alevins ont ainsi été obtenus en milieu artificiel pour la première fois en 1979. D'autres réussites ont été obtenues régulièrement par la suite dans les instituts de recherche. Toutefois, aucune de ces opérations n'a donné lieu à un transfert de technologie des laboratoires vers le secteur productif (les résultats s'avérant plutôt inconstants). Il a fallu attendre le travail de Philippe Cacot et de ses collègues, à

la fin des années 1990, et donc l'intervention du CIRAD pour voir enfin lancé le processus économique. [17] [81]

Il faut deux (pour les mâles) à trois ans (pour les femelles) à *Pangasius hypophthalmus* pour atteindre sa maturité sexuelle. En écloserie, on utilise des adultes reproducteurs de taille modérée (environ 4 à 7 kg), que l'on conserve en moyenne 3 ans (soit jusqu'à six ans). L'élevage des reproducteurs peut se faire en étang ou en cage. L'étang dédié à l'élevage des reproducteurs de *P. hypophthalmus* est d'environ 500m² pour une profondeur de 1,5 à 3 m, c'est le double (1 000m²) pour *P. bocourti* [***cf. photo 26***]. La température de l'eau varie de 26 à 30°C, avec un pH de 7 à 8, et un niveau d'oxygénation d'au moins 2mg/L. La densité varie de 0,2 kg/m³ en étang à 5-7 kg/m³ en cage. Mâles et femelles sont élevés ensemble. L'alimentation des reproducteurs nécessite une teneur protéique plus importante que les élevages d'engraissement, ainsi qu'un bon renouvellement de l'eau. [13] [98]

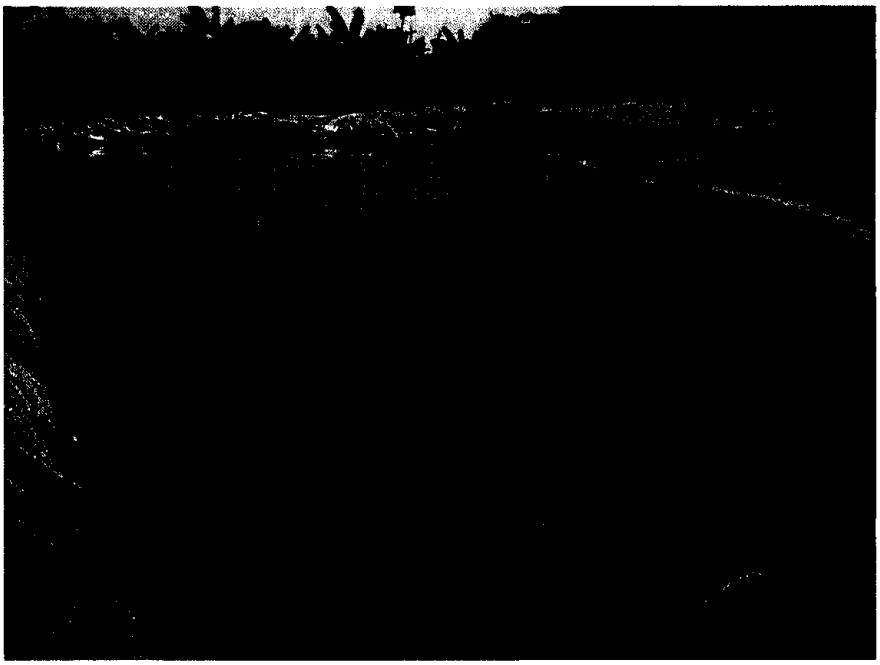


Photo n°26 : Etang artificiel d'élevage de reproducteurs de P. hypophtalmus dans la région de Dong Thap

La technique de reproduction en captivité consiste à induire artificiellement le frai après ponction des ovocytes et récupération de la laitance (**cf. partie III.1.B.b**). Cette technique a été maîtrisée d'abord pour *Pangasius bocourti*, entraînant un développement très important de son élevage.

Quelques années plus tard, la maîtrise du cycle de *Pangasius hypophthalmus* a permis d'arriver à l'état des lieux actuel. [10] [13]

Dans les années 1990, le taux de survie dans les nurseries était particulièrement bas (inférieur à 5 %). Ceci s'expliquerait notamment par une densité de stockage beaucoup trop élevée, responsable de problèmes de cannibalisme et d'infections bactériennes (notamment dues à *Aeromonas hydrophila*) mais pas exclusivement. [81]

En 2000, Hung remarque que les juvéniles ont une bouche anatomiquement assez grande pour consommer des organismes vivants comme les cladocères [zooplancton d'eau douce] (*Moina et Daphnia*). Le taux de survie en nurserie a ainsi considérablement augmenté par l'utilisation de cette alimentation naturelle permise par le relâchement dans des étangs en terre (et non en surface artificielle) 20 à 24h avant l'éclosion des alevins. [81]

Aujourd'hui, les nouveau-nés sont déposés dans des étangs en terre correctement préparés jute avant l'absorption du sac vitellin. Ainsi, lorsqu'ils vont commencer à s'alimenter, leur aliment naturel sera directement accessible. Si besoin, il existe même des aliments industriels spécialisés permettant de fournir le zooplancton indispensable. Cette technique combinée à une densité modérée pour éviter le cannibalisme a permis d'obtenir un taux de survie de 60 à 70 % en 2002 ! [81]

III.1.B.b/ Aspects techniques

Obtention de la laitance

La laitance peut être obtenue facilement chez le mâle par extraction ou ponction (stripping). Leur période de maturité sexuelle coïncide avec celle des femelles. [7]

Bien que l'on puisse obtenir de la laitance sans induction chez le mâle, le volume collecté de cette manière reste faible (26,5 µL/kg pour *Pangasius bocourti*). Pour cette espèce, une injection unique (2 000 UI/kg) d'hormone chorionique gonadotrope humaine (hCG) permet de récolter un volume treize fois supérieur (344,5 µL/kg), environ 12 h après l'injection. La concentration en

spermatozoïdes est alors de $26,9.10^9$ spz/mL. La production est de $8,4.10^9$ spz/kg. D'autres essais ont été menés en injectant une association de GnRHa (30 µg/kg) et de Dompéridone (3mg/kg) : cette association induit une plus faible augmentation du volume de laitance récolté, ainsi qu'une plus faible production. [7] [48]

L'induction de la spermiation a également été l'objet de recherche chez *Pangasius hypophthalmus*. Différents protocoles ont été proposés : avec une injection simple d'extraits pituitaires (Boonbrahm et al. 1970 ; Huy et al. 1990) ou par l'utilisation d'hCG (halathiah et al. 1988), avec là encore les meilleurs résultats. La production spermatique est globalement plus importante chez *P. hypophthalmus* que chez *P. bocourti*, aussi bien en terme de volume de sperme collecté qu'en terme de concentration en spermatozoïdes (atteignant $63,4.10^9$ spz/mL pour *P. hypophthalmus)*. [7]

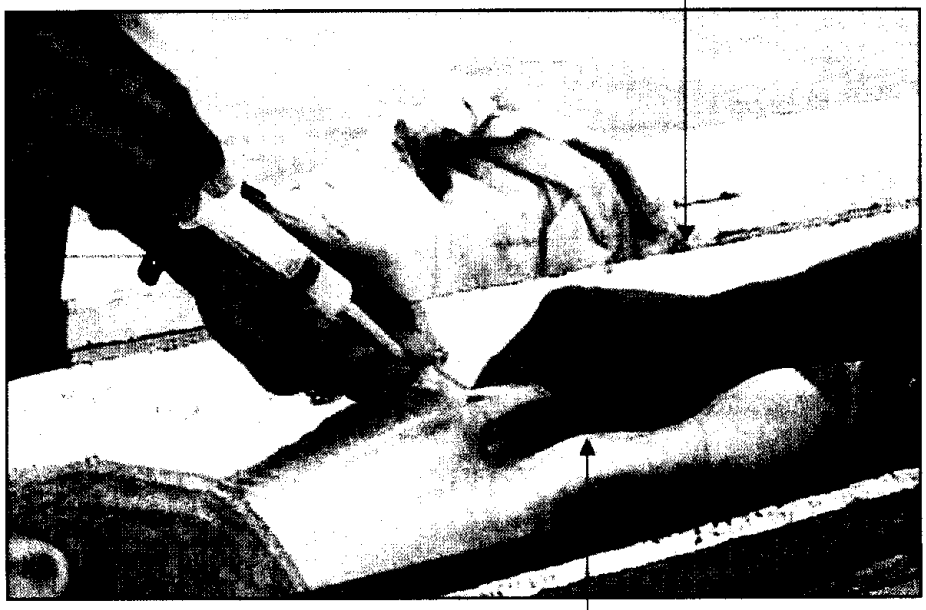
La durée de motilité des spermatozoïdes dans de l'eau de bonne qualité est brève, de l'ordre de 57s pour *P. bocourti*. Celle-ci est doublée dans une solution saline de basse concentration (34 mmol/L de Na Cl). Pour cette raison, la laitance ne peut pas être conservée telle quelle. Elle doit être placée dans une solution immobilisatrice immédiatement après la collecte. Diluée 5 fois dans une solution de NaCl à 207 mmol/L (Tris 20 mmol/L, pH 7), elle peut être conservée au moins 36 h à 4-5°C. [7]

La production naturelle de laitance par les mâles est particulièrement variable, avec des facteurs de variation de 20 (pour le volume) et de 11 (pour la concentration en spermatozoïdes). Ceci est probablement dû à l'hétérogénéité des stades de maturation entre les différents mâles. La production de laitance naturelle est faible mais peut être facilement renforcée par une injection de hCG (la variabilité précitée transparait malgré tout même après injection hormonale). A cause de tout cela, deux mâles doivent être prélevés afin d'assurer une quantité de laitance suffisante pour la fertilisation des ovules d'une seule femelle. [7]

Après prélèvement par stripping, la laitance doit être rapidement collectée dans une seringue contenant la solution immobilisatrice (la ***photo 27*** montre une ponction directement réalisée à l'aiguille). La dilution permet d'éviter l'inactivation spermatique due notamment à la contamination par l'urine (imputable à la technique de prélèvement par stripping) mais aussi au choc osmotique et permet une conservation de la laitance. La semence ainsi obtenue

doit être régulièrement remuée durant le stockage. Il faut vérifier la motilité des spermatozoïdes avant de les utiliser pour une fertilisation : seule une très bonne motilité de ces derniers permettra d'obtenir de bons résultats. [7]

Gouttière à poisson
maintenue humide



Seringue aspirant le sperme

- **La seringue est d'abord remplie du liquide d'immobilisation. Compter 1-2 ml de liquide d'immobilisation par seringue pour des poissons pesant moins de 3 kg et 2-4 ml pour des poissons plus gros.**
- **Un petit segment de tube en plastique souple est placé à l'extrémité de la seringue pour améliorer le contact avec la papille génitale.**

Massage de l'abdomen

L'opérateur s'est préalablement enduit les mains de vaseline pour ne pas abîmer la peau du poisson.

Photo n°27 : Obtention de la laitance chez le mâle
(d'après [39])

Obtention des ovules

Il n'existe pas de dimorphisme sexuel franc chez le Pangas : par exemple, les femelles *Pangasius bocourti* ne diffèrent des mâles que par un poids supérieur (+ 26 %) et une fourche caudale plus longue (+ 7 %). [11]

En conditions d'élevage, le développement des ovocytes présente un cycle annuel qui culmine en fin de saison sèche (avril) chez *P. bocourti* et en début de saison des pluies (juin) chez *P. hypophthalmus*. L'augmentation de la température de l'eau et l'augmentation de la durée du jour constituent les stimuli les plus

probables qui induisent l'ovogénèse. Ces conditions sont recréées artificiellement pour dessaisonner les reproducteurs. [11] [38]

Comme les femelles captives n'atteignent pas un stade de développement folliculaire suffisant, un traitement hormonal artificiel doit être mené avant d'induire l'ovulation (afin d'atteindre la taille minimale de 1,6 mm) : ceci est surtout vrai chez *P. bocourti*. La maturation ovocytaire et l'ovulation sont induites par traitement à l'hormone chorionique gonadotrope humaine (hCG), en deux étapes distinctes. Afin de manipuler plus aisément les géniteurs, relativement gros (5-10 kg) et nerveux, et de limiter stress et blessures, des anesthésiants sont employés (phénoxy-2-éthanol). [11] [38]

Lors de la première étape, des injections quotidiennes d'hCG à faible dose (500 UI/kg), imitant l'augmentation graduelle de gonadotropine endogène, permettent un développement des follicules ovariens se traduisant par une augmentation de leur diamètre. La répétition de cette étape est très stressante pour le poisson. L'utilisation d'implants pourrait être une alternative intéressante (non encore réalisée). Des ponctions permettent une mesure de la taille des ovocytes afin de déterminer le meilleur moment pour déclencher l'ovulation. [11]

La seconde étape consiste en deux injections successives d'hCG à haute dose (1 500 et 2 500 UI/kg) à 8-10h d'intervalle. Ceci permet d'induire la maturation des ovocytes, puis l'ovulation 19 ± 3 h après la première injection (les valeurs sont celles obtenues chez *P. bocourti*, le principe est le même chez *P. hypophthalmus*). Des résultats moins intéressants ont été obtenus par l'association GnRH - Dompéridone. [11] [38] [48]

Les ovules doivent être collectés rapidement après ovulation afin d'éviter une réduction du taux de fécondité (il a été mis en évidence un vieillissement rapide des ovules in vivo). Les ovules sont obtenus par stripping [***cf. photo 28***]. L'ovulation n'est généralement induite qu'une seule fois par an pour chaque femelle reproductrice, bien qu'une seconde ovulation puisse être obtenue pour certains individus en saison de reproduction. [11] [38]

La fécondité est variable, de 400 à 16 700 ov/kg. En moyenne, pour *P. bocourti*, elle est 2 fois supérieure en élevage en étang par rapport à l'élevage en cage. La plus basse fécondité des *P. bocourti* élevés en cage peut résulter du stress imputable au confinement, à la densité ou aux manipulations par l'éleveur, ce qui est connu pour affecter la fonction reproductrice chez d'autres espèces. Au contraire, la fécondité similaire en étang et en cage obtenue pour *P.*

hypophthalmus suggère une plus grande tolérance de cette espèce pour ces conditions. [11] [38]

Le taux d'ovulation suivant l'induction par l'hCG est inférieur pour *Pangasius bocourti* par rapport à *Pangasius hypophthalmus* (avec 66 % contre 88 %). Par ailleurs, *P. bocourti* présente des ovules plus grands que ceux de *P. hypophthalmus*, respectivement de 1,9 et 1,1 mm, mais une fécondité relative dix fois plus faible, respectivement de $4{,}7.10^3$ et $48{,}8.10^3$ ovules.kg^{-1} en moyenne. La survie des ovules in vivo est brève chez *P. hypophthalmus*. [11] [38]

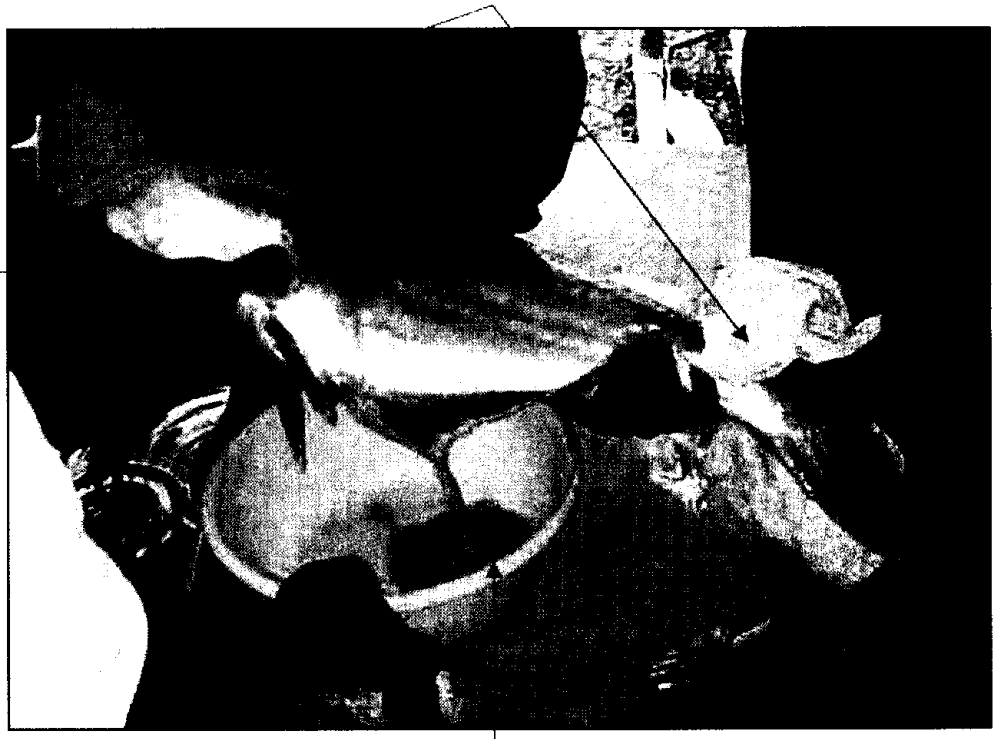


Photo n°28 : Obtention des ovules par stripping
(d'après [39])

Fécondation

La fertilisation est déclenchée dans de l'eau de bonne qualité grâce à de la semence diluée 1 000 fois. Après avoir mélangé les ovules avec la laitance, deux

volumes d'une eau de bonne qualité sont ajoutés pour déclencher la fécondation. On utilise alors soit des tanins sous forme liquide, soit du jus d'ananas (*Ananas sativa*) afin de séparer les œufs fécondés. Ensuite, ces derniers sont placés en incubateur dans une eau à 28-30°C. La durée d'incubation moyenne est de 27 h chez *P. bocourti* et de 22 h chez *P. hypophthalmus* [***cf. photo 29***]. [7] [8] [11]

Les œufs fécondés sont déposés dans les bacs périphériques où un flux d'eau permanent les maintient juste sous la surface. Après éclosion, les alevins sont emportés par le courant, se retrouvant dans le trop-plein, puis, suivant les tuyaux en plastique, dans la cuve de récupération. A contrario, les restes de l'œuf restent bloqués dans la zone de dépôt (poids différents).

Photo n°29 : Incubateurs en écloserie artisanale dans la province de Dong Thap

III.1.B.c/ Impact de la maîtrise du cycle de reproduction en captivité sur les fermes piscicoles

La gestion du cycle de reproduction en captivité a permis la mise en place d'écloseries disséminées un peu partout dans le delta du Mékong, fournissant des juvéniles aux éleveurs en quantité suffisante et permettant de ce fait l'industrialisation de la production. Toutefois, la majeure partie de la production de juvéniles est réalisée dans les provinces d'An Giang et de Dong Thap. On comptait en 2002 une production d'environ 10 millions de juvéniles, réalisée par près de 350 écloseries. Aujourd'hui, la production d'alevins pour la seule espèce

Pangasius bocourti est de plus de 300 millions par an, objectif initialement prévu pour 2010 et atteint en 2004 !! [13] [45]

La production de juvéniles a donc considérablement augmenté en un temps record dans tout le bassin du Mékong, accompagnant l'essor spectaculaire de la filière. Secteur privé et centres de recherches publiques se sont regroupés en un marché de semences de Pangas. Mais c'est aujourd'hui le secteur privé qui est le pus gros fournisseur de juvéniles. [45] [81]

Sur le plan des espèces, une profonde mutation est intervenue suite à la maîtrise du cycle de reproduction. Cette dernière a fait apparaître de profondes différences de caractéristiques biologiques entre les deux principales espèces :

- *P. bocourti* (la plus recherchée pour l'exportation) a ainsi révélé trois handicaps majeurs pour une production massive d'alevins en milieu artificiel : une maturation complète difficile en captivité nécessitant un traitement hormonal de finition, une faible fécondité et un élevage larvaire inféodé à des structures intensives avec une première alimentation à base de proies vivantes. [40]

- *P. hypophthalmus* s'est pour sa part révélé beaucoup plus performant sur ces trois points, avec une bonne maturation en captivité, une fécondité élevée, et une bonne survie en élevage larvaire extensif en étang fertilisé. [40]

Ces caractéristiques ont induit en quelques années une totale substitution de *P. bocourti* par *P. hypophthalmus* qui représente aujourd'hui plus de 95% des Pangas exportés. De nouvelles techniques d'élevage en structure intensive ont permis d'obtenir une couleur blanche et une absence de goût de vase pour cette espèce, permettant son exportation en grand nombre. [40]

III.1.B.d/ Nurseries

Les géniteurs sont élevés avec grand soin directement dans les écloseries qui pourront alors fournir leur précieuse marchandise à tous les éleveurs. Après la phase de reproduction proprement dite, il existe une phase dite de pré-grossissement, destinée à fournir aux élevages de grossissement de jeunes poissons capables de vivre dans les différents systèmes de culture. Les nurseries assurent le passage de l'état d'alevin à l'état de juvénile

(« fingerlings », 3 à 10 cm) en 3 semaines à 1,5 mois. La mortalité est forte durant cette période, malgré toutes les précautions prises. [40]

La taille des jeunes poissons vendus aux engraisseurs varie de 2,5 à 3 cm en système cage, et de 2 à 2,5 cm en système étang. La taille des juvéniles est directement proportionnelle à leur prix de vente (**cf. partie xxx**). Selon Le et al. (2005), ce prix varie de 200 à 600 VNĐ par poisson [entre 1 et 2 centimes d'€] en système étang et de 1 000 à 1 500 VNĐ par poisson [entre 3 et 6 centimes d'€] en système cage. La très forte demande en juvéniles, due au développement exponentiel de cette élevage, a entraîné entre la fin de l'année 2003 et le début de l'année 2005 une véritable pénurie qui s'est traduite par un doublement des prix des juvéniles à l'achat. Le développement d'infrastructures nouvelles permet aujourd'hui à l'offre de satisfaire la demande, mais le rapide développement de la filière ne garantit pas l'absence de difficultés futures. [13]

Nhi note en 2005 une densité moyenne de stockage des juvéniles de l'ordre de 22,8 individus/m^2 en système étang et de 134 individus/m^3 en système cage. Une autre enquête menée en 2006 donne une densité de stockage en étang plus importante, de 40 à 60 individus/m^2. La densité de stockage dépend aussi de la saison, surtout en système cage, avec une densité plus importante durant la mousson. [13]

Structure	N [(a)]	Empoisson^t [(b)]	Poids initial des fingerlings [(c)]	Rendement [(d)]	Mortalité
Etang peu renouvelé	5	18 f/m2	29 g (34 f/kg)	200-350 t/ha/an	-
Etang moyen^t renouvelé	4	25 f/m2	11 g (88 f/kg)	500-600 t/ha/an	4-25 % (maladie)
Etang bien renouvelé	3	25-40 f/m2	5-100 g (200-10 f/kg)	600-650 t/ha/an	10-15 %
Enclos	2	50-75 f/m2	17-40 g (60-25 f/kg)	> 1000 t/ha/an	10%
Cage	4	110 f/m3	100 g (10 f/kg)	14-17 kg/m3/mois	10-30 %

Note : la durée moyenne de l'élevage de grossissement est de 7 mois.

(a) : nombre d'unités d'élevage considérées,

(b) : exprimé en nombre de fingerling « f » par unité de surface ou de volume,

(c) : poids unitaire des fingerlings (moyenne ou min-max), entre parenthèses : nombre de fingerling par kilo de fingerlings correspondant (unité utilisée localement).

(d) : rendement exprimé dans les unités conventionnelles pour les étangs et les cages.

Tableau n°14 : Empoissonnement et rendements selon différents système d'élevage
(d'après [8])

Le ***tableau 14*** nous résume les valeurs obtenues par Cacot et Lazard, suivant les différents systèmes d'élevage. On observe effectivement une taille supérieure pour les juvéniles utilisés en système cage (100g). De même, leur concentration est très forte (110 f/m^3) mais la mortalité est importante (multifactorielle). La forte mortalité constatée pour les étangs moyennement renouvelés est un artefact causé par une maladie survenue au cours de l'étude. Le fort rendement du système de production en enclos explique notamment le succès de cette nouvelle forme de production. [8]

III.1.B.e/ Bilan

Si les juvéniles peuvent être obtenus directement dans les écloseries ou les nurseries (qui ne sont souvent qu'un seul et même interlocuteur), le coût pour les éleveurs reste élevé. Une partie non négligeable de la production est donc obtenue à partir de juvéniles capturés dans leur milieu naturel : soit les éleveurs les collectent eux-mêmes dans les rivières ou les rizières, soit ils achètent des juvéniles de captures moins chers qu'en écloserie. La ***figure 8*** nous montre ainsi l'organisation de la filière du Pangas pour l'obtention de juvéniles en fermes d'engraissement telle qu'on la rencontre aujourd'hui. [13]

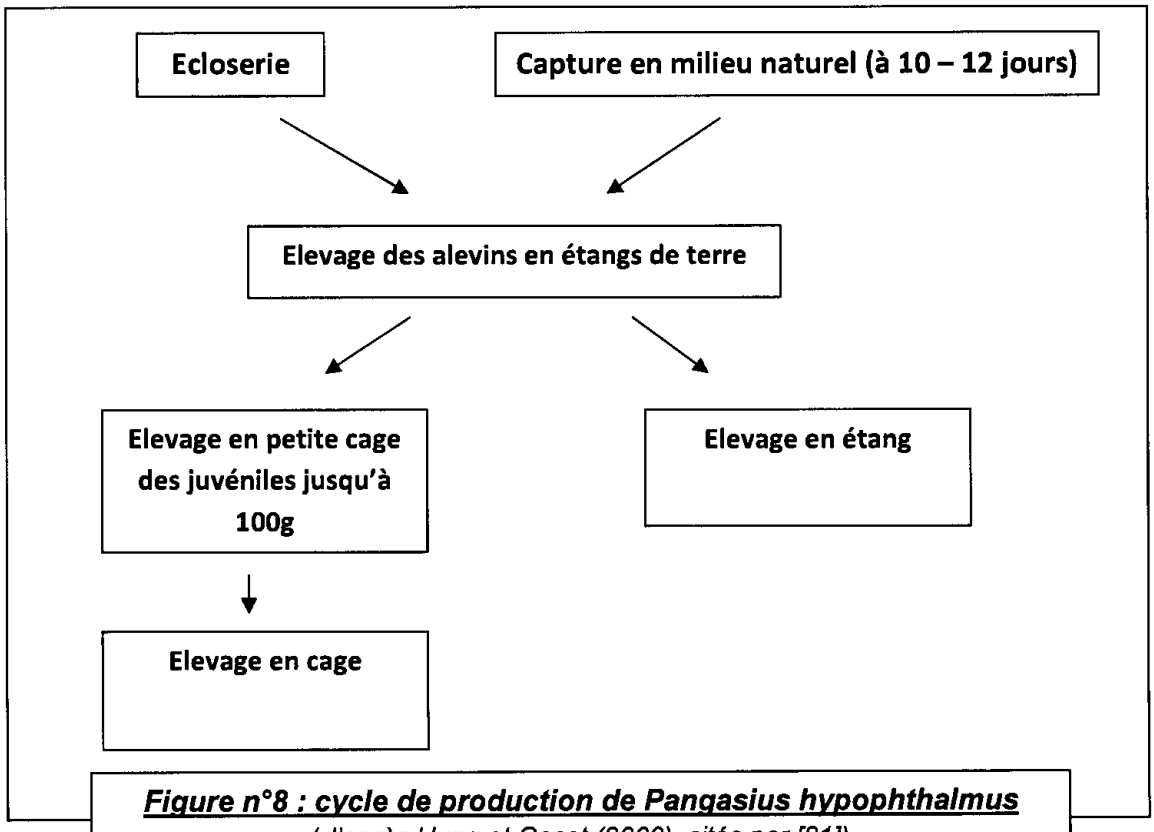


Figure n°8 : cycle de production de Pangasius hypophthalmus
(d'après Hung et Cacot (2000), cités par [81])

La maîtrise du cycle de reproduction permet aujourd'hui à la filière d'effectuer une sélection sur les poissons d'élevage, afin d'améliorer la production piscicole. [70]

III.2/ Gestion de l'alimentation en captivité

Le poisson chat de rivière est omnivore. En aquaculture, il accepte comme aliment des sous produits issus des cultures agricoles ou de la pêche ainsi que des plantes aquatiques, et ce sous différentes formes (granulées, aliment ménager humide, etc...). [73] [81]

On distingue communément deux types d'alimentation artificielle :

- l'alimentation traditionnelle ou ménagère, réalisée à la ferme par l'exploitant agricole à partir de diverses matières premières,

- l'alimentation industrielle, achetée au marché et distribuée telle quelle.

Une troisième catégorie est aujourd'hui apparue et se développe de plus en plus : on parle d'alimentation semi-industrielle. Elle consiste en l'utilisation d'un aliment industriel au cours du premier mois d'élevage, relayé par la suite par un aliment traditionnel. [13] [73] [81]

III.2.A/ Alimentation traditionnelle ou ménagère

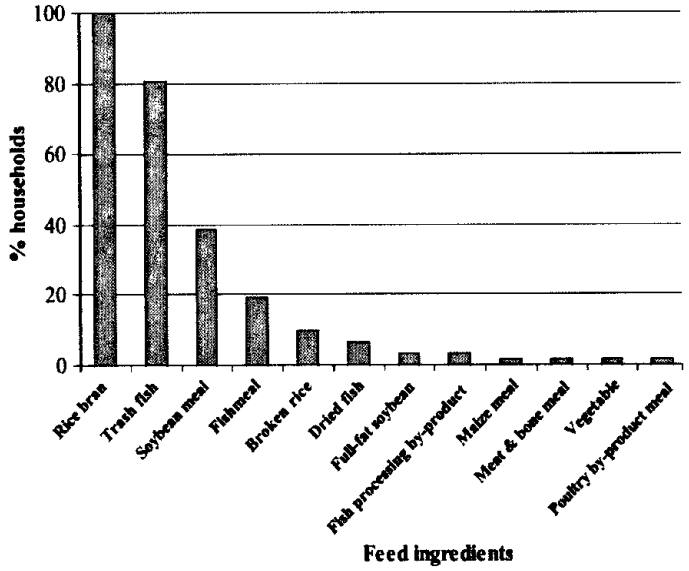


Figure n°9 : Ingrédients utilisés par les pisciculteurs pour la fabrication de l'aliment traditionnel
(d'après [32])

Le pangas est un poisson que l'on nourrit traditionnellement avec du riz, (brisures ou son) et des « poissons-fourrage ». [13] [32]

Bien que les ingrédients précités demeurent les plus employés, de nouveaux ont fait leur entrée dans la formulation de l'aliment ménager. La figure 10 nous présente les résultats observés d'après 107 exploitations choisis au hasard par Hung (incluant aussi bien des systèmes de production en étang ou en cage) dans les régions de Chau Doc, Long Xuyen, Can Tho et Vinh Long [*cf. figure 9*]. Ces nouvelles incorporations sont toutefois très dépendantes de la localisation des fermes, des traditions et des pratiques d'élevage. [32]

Comme toute ration alimentaire, deux considérations majeures entrent en jeu : l'apport énergétique et l'apport protéique.

En général, le son de riz représente la majeure partie de l'aliment ménager (avec un taux d'incorporation : de 41 à 70 % pour Nguyen [*cf. tableau 15*], supérieur à 50% pour 66% des exploitations pangasicoles selon Hung [2007]). [13]

Ce dernier fournit l'apport énergétique indispensable de la ration. Il est parfois remplacé par des brisures de riz ou des sous-produits de la production de maïs. Ainsi, selon Hung [2007], 66% des exploitants incorporent 10 à 30% de brisures de riz dans leur aliment ménager. Selon Nguyen, on en trouve 27 à 32% [**cf. tableau 15**]. Les brisures de riz présentent un coût moindre et sont faciles à obtenir, ce qui explique leur relatif succès. [13] [32]

Ingrédients	Teneur (%)
Son de riz	41,2 – 70,2
Poisson déchet	29,8 – 34,8
Brisures de riz	27 - 32

Tableau n°15 : Formulation moyenne d'un aliment ménager dans les provinces d'An Giang et Dong Thap
(d'après Nguyen et al. 2006, cités par [13])

Les « poissons-déchets » sont la principale source protéique utilisée en alimentation pangasicole. Ils sont ainsi utilisés par plus de 80% des éleveurs de pangas selon Hung. Par contre, cet aliment nécessite de passer par une phase de cuisson afin de désactiver les thiaminases naturellement présentes. Sinon, une complémentation en thiamine s'avère indispensable. [32] [40] [73] [81]

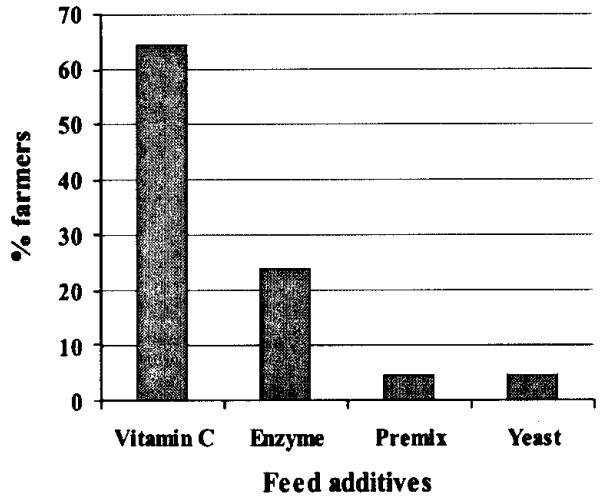
L'emploi de « poissons-fourrage » entraîne de nombreuses contraintes sur les fermes pangasicoles. A cause d'une part de la surpêche et d'autre part du fort développement de la demande (suivant le développement de l'aquaculture), il devient de plus en plus difficile pour les éleveurs de se fournir en « poissons-fourrage » tout au long de l'année (outre l'augmentation des prix). Si durant la saison de la mousson, les « poissons-déchets » sont disponibles localement en quantité, durant la saison sèche, il est nécessaire de recourir aux « poissons-déchets » d'origine marine. Or, la qualité concernant ces derniers n'est pas toujours au rendez-vous ! En effet, après un trajet de 7 à 10 jours dans des conditions inappropriées (absence ou insuffisance du refroidissement), ces poissons arrivent souvent sous une forme très altérée ! [32] [33]

Une autre source protéique couramment utilisée en pangasiculture est le soja (39% des éleveurs selon Hung) : il peut être utilisé comme supplément ou comme alternative aux poissons-fourrage (notamment lorsque la disponibilité de

ces derniers est faible). La substitution par le soja n'entraîne aucun effet négatif selon une étude de Hung (2003). Toutefois, son emploi varie selon les régions : par exemple, à Chau Doc, les éleveurs n'utilisent que son de riz et poissons-fourrage alors que dans d'autres régions, les nouvelles offres intéressent les exploitants. [32] [33]

Les autres sources de protéines sont encore anecdotiques en alimentation ménagère: sous-produits des usines de transformation de produits de la mer ou farines de poissons. [32] [33]

En plus des ingrédients principaux, les éleveurs ajoutent très souvent différents additifs dans leurs préparations : vitamine C, lysine, thiamine, méthionine, antioxydants, probiotiques, levure de brasserie (Yeast), enzymes, vitamines et minéraux (Premix). Le ***graphe 8*** donne les résultats obtenus par Hung d'après l'étude précitée. La vitamine C serait utilisée pour améliorer la santé des pangas et les enzymes pour faciliter la digestibilité des aliments. [32]



Graphe 8 : Part des éleveurs de Pangas employant des additifs dans la préparation de leur ration ménagère
(d'après [32])

La pangasiculture manque d'études quant au bienfondé de ces additifs. Aujourd'hui, seule l'expérience des éleveurs joue un rôle dans leurs choix. [32]

Originellement, le poisson fourrage était simplement haché et distribué aux poissons avec les autres aliments. Aujourd'hui, selon Edwards (2004), la pratique la plus courante (en moyenne dans le delta du Mékong) consiste à réaliser une mixture cuisinée mêlant son de riz et poissons déchets dans le ratio 2 : 1. La totalité du poisson est utilisée dans la fabrication de l'aliment. Cette méthode induit un taux d'inclusion de poissons déchets dans la ration particulièrement haut (en moyenne 33%). [32]

L'aliment traditionnel est préparé sur place. Les différents ingrédients sont ainsi mélangés, cuisinés puis extrudés, formant de longues ficelles moites distribuées sous forme humide : on parle de processus à cuisson complète. Dans les régions de Can Tho et de Vinh Long, il existe un procédé différent que l'on qualifie de processus à cuisson partielle : seul le son de riz est cuisiné jusqu'à former une pâte collante à laquelle sont adjoints les autres ingrédients avant

extrusion. Cette méthode nécessite l'emploi d'une plus grande quantité d'additifs alimentaires (comme la thiamine ou Vitamine B1). [32] [40] [81]

Il existe un grand nombre de formulations différentes dans le delta du Mékong. Hung a établi une liste des neuf principales [*cf. tableau 16*].

Ingredients	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5	Diet 6	Diet 7	Diet 8	Diet 9
Trash fish	20	20	30	35	25				
Rice bran	80	70	50	59	43	40	50	50	50
Broken rice		10	20						
Soybean meal					16	30		20	20
Soybean							30		
Fishmeal					16		20		
Corn								10	
Fish by-products						30		10	
Restaurant waste									30
Vegetable								10	
Brewer's grain				6					
Proximate nutrient composition of farm-made feeds (% dry matter)									
Crude protein	13.6	13.8	14.8	14.1	25.4	24.3	31.5	19.0	21.0
Crude lipid	12.2	11.5	9.9	10.0	9.0	9.8	6.7	9.3	8.0

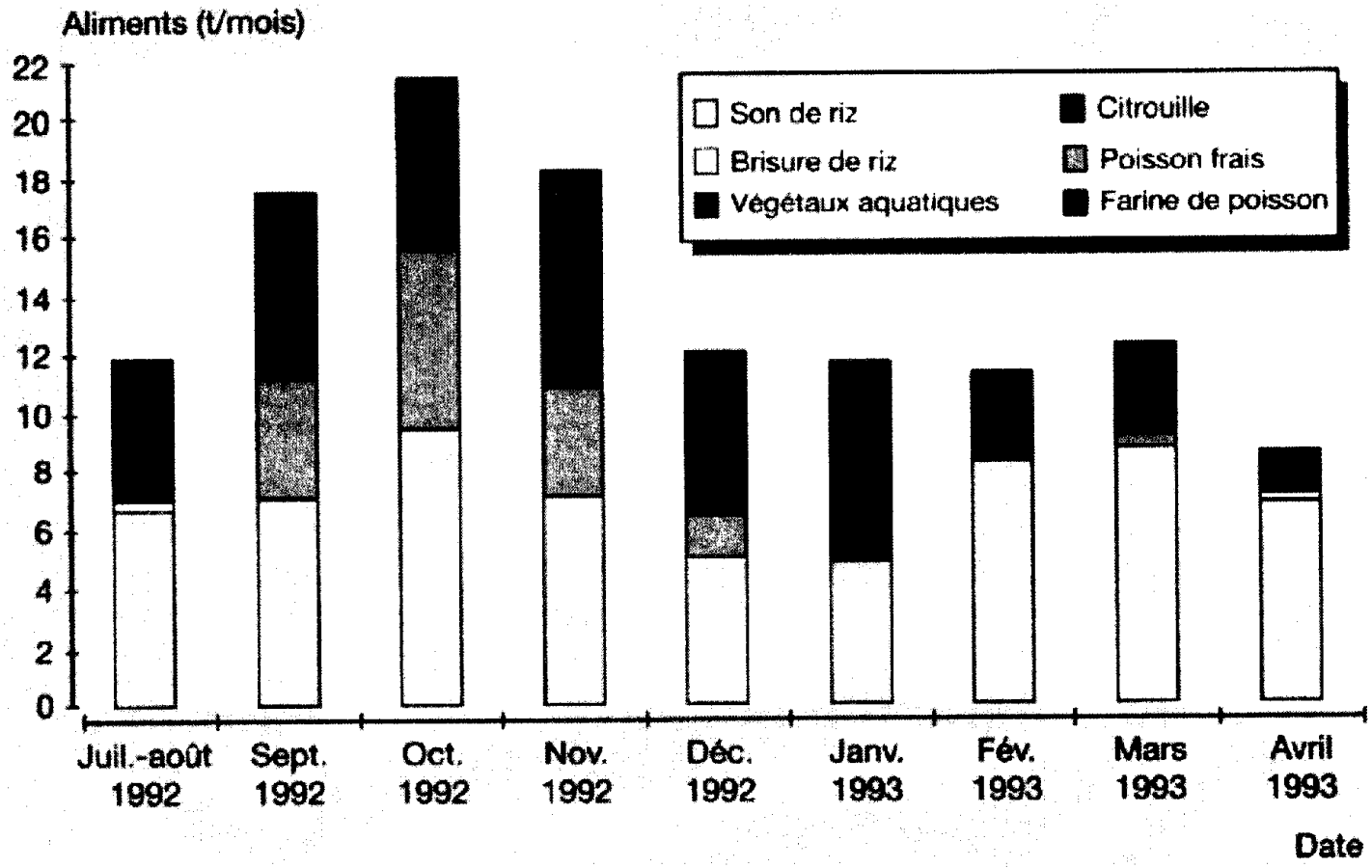
Tableau n°16 : Différentes formulations rencontrées en alimentation traditionnelle dans le delta du Mékong en 2005 (en % d'inclusion)

(d'après [32])

Les taux protéiques varient de 13,6 à 31,5% et les taux lipidiques de 6,7 à 12,2% selon les formulations. Selon les régions, différentes formulations sont utilisées : dans la région de Chau Doc, siège historique de la pangasiculture, on retrouve principalement les formulations 1 à 4. A Can Tho ou à Long Xuyen, les formulations 6 à 9 sont les plus courantes en alimentation traditionnelle. Les taux protéiques sont supérieurs dans les alimentations utilisant les substituts aux « poissons-déchets » à cause de leur plus grande teneur intrinsèque. [32]

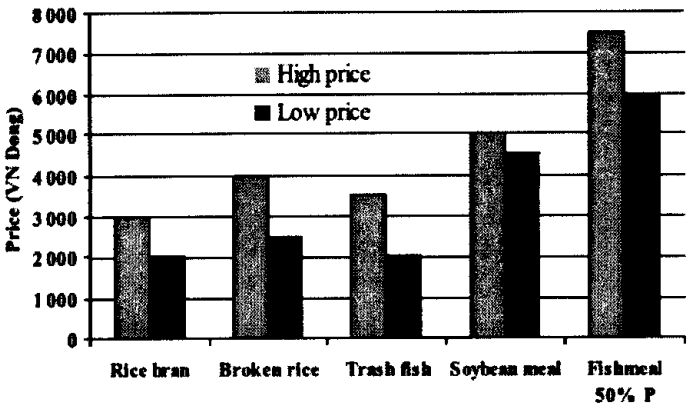
L'aliment traditionnel est dépendant des approvisionnements en matières premières. Contrairement à l'aliment industriel, on observe une variation de sa composition au cours de l'année, suivant les disponibilités, les coûts, les habitudes et le savoir faire des éleveurs. Le ***graphe 9*** nous présente les résultats d'une étude menée en 1992-1993 pour *P. bocourti*. On observe ainsi les fluctuations dans la composition de l'aliment au cours d'un cycle d'élevage pour une production brute de 37 tonnes réalisée en 9,8 mois d'élevage dans une cage flottante de 288m^3, avec 125,4 t d'aliments consommés. On remarque ici que trois matières premières représentent plus de 93% du total de l'alimentation : le son de riz (51,4%), les végétaux aquatiques (*Eclipta alba*, 29,4 %) (*P. bocourti* est

connu pour sa consommation importante de végétaux [cf. partie II.1.A]), et le poisson frais (12,4%). En fonction de ce qui est disponible, d'autres matières premières peuvent être ajoutées, de façon empirique, sans véritable connaissance en la matière (exemple ici de citrouille, localement disponible au mois de mars). Cette variation est responsable d'une modification des valeurs nutritionnelles pouvant entraîner un effondrement des rendements. [33] [40]



Graphe n°9 : Fluctuation de la composition de l'aliment au cours d'un cycle d'élevage de P. bocourti
(d'après [40])

Lorsque les « poissons-déchets » se font rares, si l'exploitant a une trésorerie suffisante, ils peuvent être remplacés par de la farine de poisson [*cf. graphe 9*] ou par du soja (moins cher) [*cf. graphe 10*]. La plupart du temps, on observe une variation saisonnière dans les quantités d'incorporation en poissons-fourrage : quand ces derniers sont abondants, ils sont sur-employés par rapport aux besoins réels des poissons, lorsqu'ils se font rares, ils font simplement défaut dans la ration, sans aucune substitution (exemple : février 1993). [32] [40]



Graphe n°10 : Fluctuation des prix des principaux composants de l'aliment ménager en 2005
(d'après [32])

Les farines de poisson (fishmeal), contenant 50% de protéines, et le soja (soybean) sont plus chers que les autres ingrédients. Cependant, ils s'avèrent de trois à quatre fois plus riches en protéines que les « poissons-déchets » (trash fish). Le coût protéique est donc moindre en utilisant ces nouveaux substituts. De plus, les « poissons-fourrage » et le son de riz (rice bran) subissent de très nombreuses fluctuations de prix au cours de l'année, témoignant de leur nature saisonnière. A contrario, soja et farines de poisson ont des coûts relativement stables. [32]

L'aliment traditionnel se présente sous la forme de boulettes humides et collantes. Celles-ci vont couler lors de leur mise à l'eau, à la grande différence des aliments industriels. Ceci implique que le pangas fouille le sol à la recherche de sa nourriture. Cela peut être une des causes favorisant le goût de vase et la coloration de sa chair. [13] [40]

III.2.B/ Alimentation industrielle

Des aliments industriels pour pangas ont été proposés sur le marché pour la première fois en 1998. Depuis, ils sont disponibles sur l'ensemble du delta du Mékong. Ces aliments ont la forme de granulés ronds et flottants [*cf. photo 30*]. Cette spécificité est permise par l'utilisation en grande quantité d'hydrates de carbone extrudés, fournis par le riz, le maïs ou le blé. Ce procédé de fabrication ne modifie pas la qualité nutritionnelle de l'aliment (MgBenka et al.). De plus, ces aliments disposeraient d'une meilleure stabilité dans l'eau ainsi que d'une plus importante période de conservation, selon Hilton. L'aliment fraîchement produit possède un aspect mousseux, ce qui assure une diminution de sa densité (et donc une meilleure flottaison). Un processus de gélatinisation assure une meilleure digestibilité de l'amidon présent dans les céréales. Ainsi, l'utilisation combinée de

vapeur, de fortes pressions et d'un processus de chauffage permet à la fois d'obtenir l'aliment voulu (uniforme et flottant) mais aussi de s'assurer de la destruction des différentes bactéries présentes dans les ingrédients (notamment les salmonelles). [32] [73]

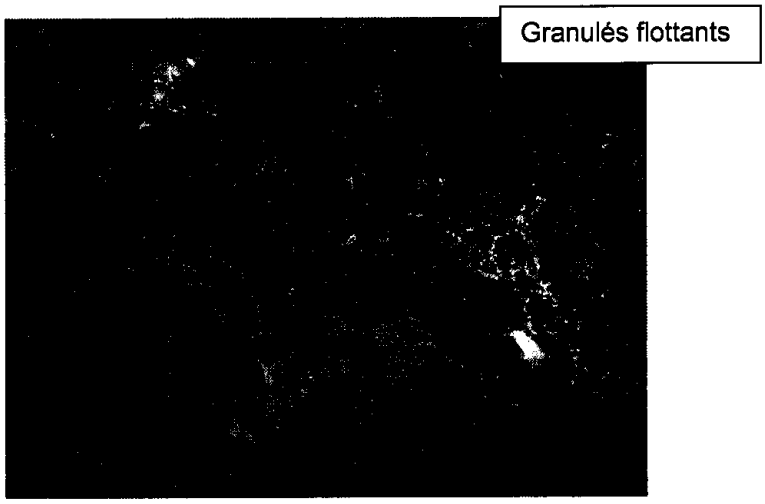


Photo n°30 : Aliments industriels flottants pour Pangas

La qualité nutritionnelle des différents produits proposés par le marché est très proche, et se trouve inscrite sur les emballages. Les valeurs nutritionnelles, et particulièrement le taux protéique (TP), dépendent de la taille des poissons auxquels ils sont destinés (tout comme la taille des granulés). Les poissons de petite taille (en début de cycle) nécessitent ainsi un taux protéique supérieur. [13] [60]

En 2003, Nguyen rapporte que le contenu protéique des aliments industriels est insuffisant : pour une croissance optimale à partir de juvéniles de grande taille, il faudrait un TP oscillant entre 32,7 et 36,1 %. En pratique, les taux sont beaucoup plus faibles [*cf. tableau 17*]. En effet, les producteurs limitent le taux protéique afin de réduire les coûts de production et donc les prix de vente. On constate l'utilisation d'un aliment industriel plus riche en protéines durant les premiers mois d'élevage (alimentation semi-industrielle). [13] [60]

Composition (%)	Catégories	
	Alimentation industrielle	Alimentation semi-industrielle*
Humidité	11	10,6
Protéines	23,1	24,9
Lipides	4,30	4,65
Cendres	7,75	6,90
Fibres	5,60	7,30

* Les valeurs de cette catégorie correspondent à une alimentation industrielle lors des trois premiers mois.

Tableau n°17 : Composition moyenne des différents types d'aliments (en % de la matière sèche)
(d'après Nguyen et al. (2006), cités par [13])

On comptabilisait déjà près de 40 producteurs différents en 2001, produisant environ 85 000t d'aliments. En 2003, on a comptabilisé près de 120 types d'aliments sur le marché (70 seulement ont subi des tests et ont été autorisés à la vente) ! [13]

On constate donc que, parallèlement au développement exponentiel de la filière, se sont développées de façon très rapide des structures spécialisées dans la production d'aliments spécifiques pour le Pangas, permettant de répondre à la demande forte et croissante des éleveurs. On compte aujourd'hui dix compagnies majeures impliquées dans la production de ces aliments spéciaux, dont les quatre plus importantes sont Cargill, Proconco, Cataco et Agifish [***cf. photo 31***]. [13]

Photos n°31 : Différents aliments commerciaux

III.2.C/ Indice de conversion

L'indice de conversion représente la quantité d'aliments (en matière sèche) nécessaire pour produire un kilogramme de poisson (en poids vif). C'est un outil utilisé par les acteurs de la filière pour mesurer l'efficacité du rationnement. [33]

L'aliment ménager, dont les taux protéiques, lipidiques et d'humidité sont particulièrement variables, a un indice de conversion bien plus élevé que les autres types d'aliments. Généralement, les aliments industriels ont un indice de conversion plus bas. Différentes études ont donné des résultats différents quant aux valeurs de cet indice [*cf. tableau 18*]. Hung a montré en 2001 que ce dernier présentait déjà des variations importantes selon le mode de distribution (jour/nuit, une seule ou plusieurs distributions) : pour *P. bocourti*, par exemple, l'indice de conversion avec le même aliment industriel varie de 1,21 à 2,19 ! Cela ajouté à la variété des aliments commerciaux ou traditionnels met en exergue la difficulté d'obtenir des valeurs consensus de cet indice. [32] [33]

	P. hypophthalmus		*P. bocourti*	
	Aliment Ménager	Aliment Industriel	Aliment Ménager	Aliment Industriel
Empirique (Hung et al. 2001)	NA	1,34 – 1,82	NA	1,21 – 2,19
Calculé (Edwards et al. 2004)	1	0,933	1,4	1,267
Moyenné (Edwards et al. 2004)	2,5	2,5	2,5	2,5
Calculé (Phu et Hein 2003)	2,7 – 3	1,4 – 1,5	2,7 – 3	1,4 -1,5
Divers travaux (Cacot)	3	1,6 - 1,8	3	1,6 – 1,8
Indice de conversion moyen	**2,45**	**1,71**	**2,51**	**1,78**

Tableau n°18 : Comparaison des différents indices de conversion retrouvés dans la littérature
(d'après [33])

III.2.D/ Stockage et distribution

Concernant la distribution des aliments, la mécanisation est très peu poussée et la majorité des fermes effectuent encore le travail à la main [*cf. photo 32*].

Photos n°32 : Distribution manuelle d'un aliment industriel dans deux exploitations différentes

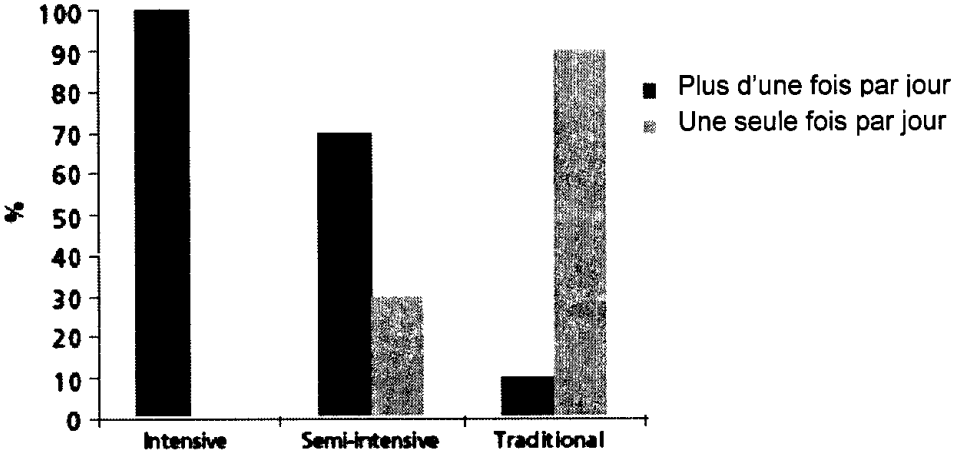
Le stockage de l'aliment (des ingrédients qui le composent) est un problème majeur en alimentation traditionnelle. En alimentation industrielle, les sacs d'aliments sous forme déshydratée (dans la très grande majorité des cas) permettent un stockage très facile : il suffit de disposer d'un abri sec et bien aéré associé à une lutte efficace contre les rongeurs [*cf. photo 33*]. L'utilisation d'une alimentation industrielle achetée sous forme humide nécessite le recours à un stockage en zone froide. Généralement, l'aliment commercial sous forme humide est directement réalisé à la ferme à partir d'un aliment industriel sec facilement stocké et de différents ingrédients ajoutés. [73]

Le choix d'une alimentation sèche ou humide implique diverses conséquences. Selon Ghittino, une alimentation humide peut favoriser certaines maladies comme des affections rénales, la nocardiose ou l'ichthyophoniasis, à cause des pathogènes qui se retrouvent fréquemment dans les ingrédients utilisés (un mauvais chauffage n'entraînera pas leur destruction complète). D'un autre côté, une alimentation sèche peut également induire hépatome (par la présence d'aflatoxines, mycotoxines fréquemment présentes dans des stocks mal

gérés en pays tropical (chaud et humide)), néphrocalcinose et granulomatose. On perçoit ainsi toute l'importance d'un stockage bien maîtrisé. [73]

Photo n°33 : Stockage de l'aliment industriel

Les poissons nourris par un aliment humide présentent généralement des qualités organoleptiques amoindries, avec une chair moins ferme, contenant une quantité plus importante de graisses, par rapport à une alimentation sèche. *In fine*, c'est l'alimentation sèche qui prédomine largement en système industriel, à la fois pour des raisons de stockage et des raisons de facilité de production, de distribution et de disponibilité en grande quantité. [73]



Graphe n°11 : Fréquence de distribution de l'aliment selon les différents systèmes d'élevage dans la province d'An Giang

(d'après [60])

La fréquence de distribution dépend grandement du type d'alimentation utilisée. Toutes les exploitations utilisant une alimentation commerciale effectuent une distribution échelonnée sur la journée. A contrario, les élevages réalisant leur propre alimentation ne distribuent la nourriture qu'une seule fois par jour dans 90 % des cas [*cf. graphe 11*]. La préparation de l'aliment requiert du temps et de la main d'œuvre (cuisiner, mélanger, extruder) et une seule distribution par jour permet de limiter les frais pour l'élevage. [13] [60]

Une étude réalisée par Le, Nguyen et Lazard montre que : [88]

- l'augmentation de la fréquence de distribution (de une à trois) entraîne une prise de poids supérieure (distribution à satiété) chez les juvéniles de *P. bocourti*, bien qu'il n'y ait pas de différences significativement différente entre deux et trois distributions par jour. [88]

- la fréquence de distribution d'une ration fixée chez les juvéniles des deux principales espèces de pangas ne modifie que peu l'indice de conversion. [88]

- une seule distribution matinale entraîne une croissance plus faible et un indice de conversion supérieur à plusieurs distributions journalières chez les deux espèces. [88]

- plus que la fréquence de distribution, il semble que ce soit l'heure de distribution qui ait le plus fort impact sur l'efficacité du rationnement : une distribution unique nocturne de l'aliment s'avère avoir le même impact que toutes les autres formules multiples journalières. [88]

Finalement, la multiplication des distributions semble avoir moins d'impact sur la vitesse de croissance et sur l'indice de conversion qu'une distribution nocturne qui elle, améliorerait significativement ces deux données mais ce mode de distribution n'est que très peu réalisé en routine dans le delta du Mékong. [88]

III.2.E/ Pratiques alimentaires

En 2003, Phu et Hein rapportent que 95 à 97% des élevages en cage au Vietnam utilisaient une alimentation strictement ménagère. Depuis, la tendance s'est inversée : les élevages ayant recours, même partiellement, à une

alimentation commerciale représentaient 2/3 des élevages en 2005. [13] [33]

Le cycle de production du pangas peut être divisé en trois phases : [32]

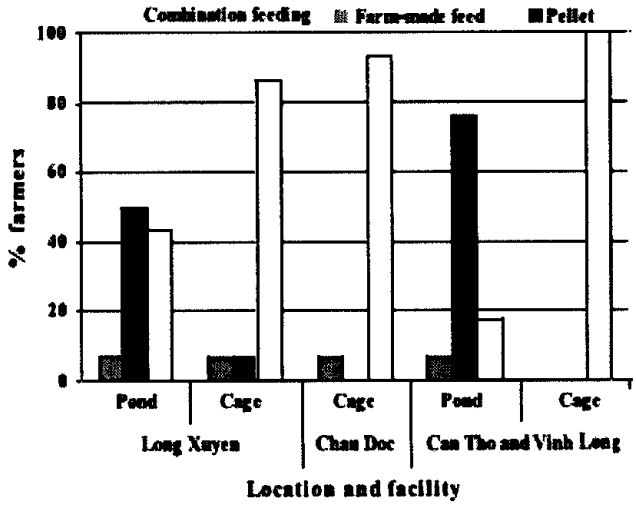
- le premier mois après implantation des juvéniles
- la phase d'engraissement proprement dite (4 à 5 mois pour *P. hypophthalmus*)
- le dernier mois avant la vente des poissons.

Les pratiques alimentaires sont en étroite relation avec ces différentes phases et avec la localisation géographique de l'élevage. [32]

A Long Xuyen, selon Hung, en 2005, 93% des exploitants en système cage et 86% des exploitants en système en étang utilisent un aliment commercial durant la première phase du cycle de production. Une étude menée par Nhi en 2005 dans la province d'An Giang aboutit à la même tendance : 66,7 % des éleveurs en système cage et 55,5 % des éleveurs en système étang utilisent un aliment commercial durant les 4 premières semaines. Les raisons de cet emploi sont diverses : [32]

- la principale raison est la conviction que l'aliment industriel est mieux adapté aux juvéniles durant le premier mois (taille et qualités nutritives) [32]
- une autre conviction répandue serait que l'emploi de cet aliment durant la première phase réduirait la mortalité. [32]

De même, l'aliment commercial est préférentiellement utilisé durant la dernière phase d'élevage : là encore, l'idée selon laquelle l'aliment commercial favoriserait une meilleure qualité de chair (plus blanche) est très répandue. Il serait intéressant de savoir si ces croyances sont fondées mais aucune étude indépendante ne le confirme encore actuellement. [32]



Graphe n°12 : Pratiques alimentaires selon différents systèmes de production et différentes localités en décembre 2005

(d'après [32])

Finalement [*cf. graphe 12*], on observe qu'une part importante (76%) des éleveurs de pangas en étang dans la région de Can Tho et de Vinh Long utilise une alimentation industrielle (« pellet ») durant l'intégralité du cycle de production (2007). Seulement 6,5% se limitent à une ration strictement traditionnelle (« farm-made feed »). Ceci est à mettre en parallèle avec les chiffres obtenus en 2003 par Phu et Hien (46% à Can Tho, 5 à 10% dans les autres provinces). 100% des éleveurs en cage utilisent au moins partiellement une alimentation commerciale (alimentation mixte : « combination feeding »). [32]

On observe par contre que ces résultats diffèrent selon les régions [*cf. graphe 12*] A Chau Doc, zone d'origine de la pangasiculture en cage où les traditions sont fortement ancrées, l'utilisation d'aliments commerciaux se limite au premier mois d'élevage pour 93% des exploitants, lorsqu' un aliment de très bonne qualité est ressenti comme nécessaire. Le reste du cycle est réalisé grâce à une alimentation strictement ménagère. [32]

L'aspect économique sera abordé plus en détail dans la **partie III.4**. L'alimentation traditionnelle présente un coût de revient inférieur à l'alimentation commerciale, ce qui favorise le choix de cette dernière.

Les pratiques alimentaires varient selon la localisation géographique, selon l'évolution des habitudes (évolution importante entre 2003 et 2005 par exemple), selon la disponibilité et selon les prix des différents aliments. Déterminer la proportion de pangas nourris avec une alimentation ménagère ou avec une alimentation commerciale semble impossible. Selon Hung, avec une production en aliments industriels de 300-350 000t en 2004, pour un indice de conversion de 1,5 - 1,8 (représentant un potentiel de 200 000t de pangas) et une production en pangas de 300 000t, le ratio alimentation traditionnelle - alimentation .

III.2.F/ Perspectives

Les « poissons-déchets » (cf. Ière partie) (d'eau douce comme salée), indispensables à l'apport protéique de la ration ménagère représentent 20 à 30 % de la matière première totale utilisée. Un approvisionnement

insuffisant en ces derniers ainsi que la flambée de leur coût a entraîné une utilisation croissante par les éleveurs de substituts ou d'aliments industriels. En 2006, on comptabilisait 71,4% des éleveurs en système cage et 85,7% des éleveurs en système étang utilisant un aliment industriel à un moment donné du cycle de production (Le, 2006). [13]

Les besoins élevés en poissons destinés à l'alimentation du Pangas soulèvent certaines préoccupations. Principalement composées de « poissons-déchets », ces sources protéiques proviennent majoritairement des zones proches pour les éleveurs pratiquant l'alimentation traditionnelle, notamment de la pêche en rivière, pourtant considérées comme pleinement exploitées. Des « poissons-fourrage » d'origine marine sont également utilisés : en 2004, Sinh estime leur nombre à environ 100 000 à 120 000 t. [13]

Ces poissons « déchets » ont diverses utilisations : ils sont utilisés aussi bien en alimentation du bétail ou des fermes aquacoles que dans le processus de fabrication de sauces de poisson, dont le fameux Nước Mắm, grande spécialité vietnamienne.

Cependant, ces poissons de diverses variétés, incluant un grand nombre de juvéniles, sont également un composant important de l'écosystème marin ou fluvial. Leur capture sans planification peut mener à des perturbations trophodynamiques majeures à l'origine d'une perturbation irréversible du milieu naturel si rien n'est fait pour contrôler ces captures. On arrive ainsi à une aberration d'un système où une grande masse de poissons « déchets » est nécessaire à la production d'une masse moins importante de poissons d'élevage, ce qui correspond à une perte de protéines piscicoles dans un contexte international pourtant aujourd'hui particulièrement critique ! [13]

La surexploitation du milieu et la compétition dans l'obtention des protéines indispensables à l'alimentation des différents élevages (piscicoles, crevetticoles, astacicoles et autres..) entraînent une hausse des prix de ces matières premières. Dans le futur, il est possible que seuls les élevages de produits à haute valeur, comme le mérou ou les crevettes, puissent avoir accès à ces poissons « déchets ». [13]

Ainsi, les aliments commerciaux vont être de plus en plus utilisés, du fait d'une raréfaction (et donc de l'augmentation du coût) du « poisson-déchet », ingrédient stratégique de l'alimentation artisanale. Les industriels, dans leurs approvisionnements en matières premières, ont diversifié leurs sources

protéiques : importation de poissons-fourrage, utilisation des sous-produits des usines de transformation, incorporation de protéines d'origine végétale. [40] [73]

En tout état de cause, de nombreuses études restent à mener dans les universités et stations de recherche vietnamiennes afin d'optimiser les formulations d'aliments pour Pangas, notamment en alimentation traditionnelle, en augmentant l'indice de conversion tout en diminuant les pertes. [40] [73]

En effet, une suralimentation, en plus des pertes économiques, est responsable d'une pollution par ses résidus, surtout en alimentation traditionnelle. Cela est particulièrement problématique pour la culture en cage où les excès sont directement perdus dans le fleuve, avec des effets environnementaux notables, contrairement au système étang où l'accumulation se fait en fond de bassin et peut être retiré en fin de cycle. (**cf. partie III.5**). [13]

Le Pangas est élevé en monoculture intensive. De ce fait, les refus alimentaires ne sont pas consommés par d'autres animaux et sont perdus. La polyculture pourrait donc être une piste de recherche intéressante pour limiter l'impact environnemental des refus alimentaires. [13]

III.3/ Gestion des pathologies en pangasiculture

III.3.A/ Identification des différentes pathologies

Les pathologies sont considérées comme la seconde difficulté majeure de l'élevage de Pangas, après les fluctuations du marché (**cf. partie III.4**). Cependant, ce domaine se révèle assez peu documenté. La faute sans doute au développement trop rapide de la filière. Pourtant, la très grande concentration en élevage de Pangas rend cette espèce très sensible aux maladies contagieuses [13] [90]

III.3.A.a/ Pathologies virales

Il n'existe encore aucune publication sur une quelconque maladie virale du Pangas dans le delta du Mékong. Parmi toutes les maladies virales listées par l'OIE, aucune ne fait mention du pangas comme espèce potentiellement sensible. [13] [89] [113]

Parmi les virus hautement pathogènes listés par l'OIE présentant un risque pour la pangasiculture, on distingue le virus de la nécrose hématopoïétique épizootique (Iridoviridae). C'est une maladie connue pour affecter la perche fluviatile (*Perca fluviatilis*) et la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Selon Langdon (1989), un nombre important d'espèces de téléostéens sont sensibles à ce virus. De plus, ce virus a été identifié chez d'autres espèces de poissons-chats : *Ictalurus melas* et *Siluris glanis*. Il n'est donc pas déraisonnable de penser que cette pathologie, dont l'agent viral s'avère très résistant dans le milieu extérieur, pourrait atteindre cette niche pour l'instant préservée. [89] [113]

Bien qu'aucune publication ne rapporte une quelconque sensibilité des pangas, différents pathogènes font l'objet d'une épidémio-surveillance attentive, notamment dans le cadre du NACA dont le Vietnam fait partie (« Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific ») : maladie de la septicémie hémorragique virale (VHSV), le virus de la virémie printanière de la carpe (SVCV). [89] [113]

III.3.A.b/ Pathologies bactériennes

Dans des conditions stressantes, comme celles qui existent dans les élevages à très haute densité, les pangas sont particulièrement vulnérables aux maladies infectieuses. Cette partie ne présentera pas une liste exhaustive des pathogènes mais s'attachera à mettre en exergue les principaux rencontrés dans le delta du Mékong. [13] [89]

En 2002, une entérobactérie, *Edwardsiella ictulari*, responsable de l'entéro-septicémie du poisson-chat et originaire d'Amérique du Nord (où elle affecte préférentiellement la famille des Ictaluridae (poissons-chats américains)) a été identifiée dans une ferme de *Pangasius hypophthalmus* dans le delta du Mékong. C'est la première fois que cette maladie a été repérée dans cette espèce. On ne sait pas comment cette pathologie est arrivée au Vietnam. Aujourd'hui, on la retrouve dans tout le delta du Mékong. L'infection conduit à des lésions hémorragiques et nécrotiques de la peau et des viscères abdominaux, notamment du foie. Cliniquement, on observe chez les poissons de l'ascite, des ulcérations de la peau et des pétéchies sur la mâchoire, l'opercule, l'abdomen ventral et à la base des nageoires. Elle entraîne une mortalité très importante (jusqu'à 50% de l'élevage). Les survivants sont généralement porteurs sains : on retrouve la bactérie dans les intestins mais aussi dans les organes internes (comme le rein, même au-delà de 4 mois après l'infection). [12] [89] [90] [91] [99] [112]

Les Pseudomonas, et notamment *P. aeruginosa* et *P. fluorescens* sont retrouvés dans les milieux aquatiques et peuvent être responsables d'une mortalité augmentée dans les élevages de poissons. Les espèces potentiellement pathogènes chez les poissons ne sont pas les mêmes que celles responsables des pathologies humaines (Buller 2004), à l'exception notable de *P. fluorescens*. [89] [112]

Dans les autres pathologies couramment observées (bactéries opportunistes), on retrouve :

- *Aeromonas hydrophila* qui est responsable de septicémies hémorragiques (autrefois qualifiées de peste rouge) et d'ulcères pouvant couvrir jusqu'à 75% du corps. Le taux de mortalité est très élevé. Chez l'homme, cette bactérie provoque des pathologies principalement digestives. [89] [112]

- *Aeromonas salmonicida* qui est responsable d'ulcérations de la peau voire de mortalité. [89]

- Les flavobactéries qui sont responsables de pathologies dans les élevages à haute densité ou présentant une basse qualité de l'eau. Ces bactéries entraînent des lésions de la peau et des muscles (sérovar asiatique) et peuvent causer jusqu'à 70% de mortalité. [89]

- Microcoques, staphylocoques et corynebacterium [89]

III.3.A.c/ Pathologies parasitaires

Un certain nombre de parasites sont retrouvés chez le pangas dans le delta du Mékong (***cf. Annexe 9***). Là encore, il ne s'agit nullement de dresser une liste exhaustive des différents parasites mais plutôt de situer les principaux :

- les protozoaires comme *Balantidium sp, Ichthyophtirius multifiliis* ou *Trichodina nigra* n'entraînent pas de maladies cliniques. Ils sont responsables d'une diminution des performances zootechniques lorsque l'infestation est importante. On les retrouve dans les organes internes ou sur la peau et ils sont éliminés lors du processus de fabrication des filets. [89] [92]

- les myxozoaires comme *Myxobolus spp, Ceratomyxa spp* ou *Zchokkella spp* ne causent pas de pathologies significatives chez le pangas. On les retrouve principalement dans l'appareil urinaire. [89] [92]

- les trématodes, comme *Prosorhynchoides gracilescens* (Digenea), dont le poisson est l'hôte définitif, sont localisés au niveau du tube digestif : les effets délétères de ces parasites sont limités (baisse des performances zootechniques). Toutefois, il existe un parasite particulier, *Sanguinicola sp*, dont les adultes se retrouvent dans les vaisseaux et dont les œufs sont responsables d'embolies. Ceci entraîne de la mortalité lorsque ce parasite se retrouve en élevage intensif. [89] [92]

- les monogènes comme *Monogenoida spp* ou *Thaparocleidus sp* sont des ectoparasites qui vont se fixer sur les branchies ou les nageoires. Sauf présence massive, ils n'ont que peu d'impact sur la santé des poissons. [89] [92]

- les cestodes, comme *Lytocestus sp* ou *Proteocephalus sp* infestent le tube digestif et sont responsables d'une baisse des performances zootechniques. [89] [92]

- les nématodes, comme *Cucullanus sp* ou *Spectatus sp* sont généralement retrouvés dans le tube digestif, entraînant une diminution de la courbe de croissance des pangas. Quelques nématodes ont la capacité de s'enkyster dans le filet du poisson : c'est par exemple le cas de *Hysterothylacion fluvatile* qui appartient au genre des anisakis et présente un risque zoonotique. L'étape de mirage dans le processus de fabrication des filets permet de détecter une partie des filets infestés afin de les retirer de la consommation humaine. [89] [92]

- les acanthocéphales : on en retrouve seulement chez *P. bocourti* selon la littérature (*Pseudorhadinorhynchus vietnamensis*). C'est un parasite intestinal. [89] [92]

- les copépodes : on en rencontre un chez *P. hypophthalmus : Ergasilus sp.* C'est un parasite externe. [89] [92]

Un mycète rencontré historiquement au Japon, puis en Inde et au Pakistan est responsable du syndrome ulcératif épizootique, entraînant des lésions congestives et ulcératives de la peau. Il affecte plus de cent espèces différentes de poissons d'eau douce, dont plusieurs poissons-chats. Il n'est pas encore présent dans le delta du Mékong mais pourrait le devenir. [89]

En Thaïlande, une microsporidie particulière, *Kabatana arthuri*, a été isolé chez *Pangasius hypophthalmus*. Les poissons affectés sont émaciés, avec une saveur anormale et des zones blanchâtres visibles sous la peau voire des lésions franches (rares). Le poisson ne peut plus être commercialisé. Aucune étude n'a encore identifié ce protozoaire dans le delta du Mékong mais il est probable que ce parasite apparaisse dans les années à venir. [89]

III.3.B/ Traitements

Les diverses pathologies étant source de pertes financières importantes dans les élevages à très haute densité du delta du Mékong, une importante quantité de produits pharmaceutiques pas toujours autorisés sont employés. Le manque de connaissance en antibiothérapie, aussi bien chez les utilisateurs que les vendeurs, est un réel problème. L'utilisation des antibiotiques est très répandue et, avant 2005, elle était largement incontrôlée. Depuis, et afin de permettre l'exportation vers les marchés européens ou américains, des efforts de contrôle ont été faits. (**cf. partie xxx**). [13] [59] [83]

Toutefois, dans la plupart des cas, face à une pathologie donnée, les différents antibiotiques sont utilisés à haute dose, chaque jour, sans connaissance de l'agent causal. Lorsque les signes cliniques ont régressé, les administrations sont alors arrêtées ! [13] [59] [83]

On observe ainsi une utilisation abusive d'antibiotiques, de nombreux surdosages, voire l'utilisation de produits comme les fluoroquinolones (ciprofloxacine, enrofloxacine), pourtant interdites au Vietnam depuis février 2005. En outre, de nombreux utilisateurs ne connaissent même pas les principes actifs des médicaments employés ou ne saisissent pas le concept de temps d'attente. Par ailleurs, les produits ne sont souvent plus dans leur emballage d'origine et sont vendus dans des bouteilles en plastiques transparentes étiquetées ou non. [13]

III.3.C/ Prophylaxie

III.3.C.a/ Prophylaxie sanitaire

En élevage en cage ou en enclos, par définition, aucune mesure de prophylaxie sanitaire ne peut être mise en place. Ces systèmes d'élevage sont totalement ouverts sur le milieu et le risque de transmission de parasites ou de maladies à partir du stock sauvage (y compris par le biais de l'alimentation) est

important. La meilleure prévention reviendrait à réduire les densités de stockage des poissons mais ce n'est pas vraiment la tendance actuelle. [13]

En élevage en étang, théoriquement, un contrôle de la qualité des eaux et une maîtrise des populations sauvages peuvent être effectués. Dans les faits, très rares sont les exploitations à appliquer ces mesures. A cause de l'absence de connaissances spécifiques, les poissons morts ou malades, souvent relâchés directement dans les canaux et rivières, deviennent des vecteurs de maladies entre les différentes exploitations. [13]

III.3.C.b/ Prophylaxie médicale

Les médicaments et autres produits chimiques à but prophylactique sont utilisés très tôt dans le cycle du poisson:

- Écloserie : Les reproducteurs sont des individus rigoureusement sélectionnés, donc naturellement plutôt résistants. Un soin particulier est apporté à leur élevage avec une alimentation de bonne qualité et très peu de recours aux produits chimiques ou médicaments, sauf lorsqu'ils sont malades. [13]

  La période d'incubation est très courte, avec un maximum de deux jours avant que les larves ne puissent être relâchées en étang. Celles-ci ne nécessitent que de l'eau propre – aucune alimentation n'est nécessaire à ce stade. Cependant, la très forte mortalité à ce stade rend l'utilisation de désinfectants très tentante pour les éleveurs. [13]

  Pour diminuer le fort taux de mortalité, les éleveurs utilisent des médicaments, dont un certain nombre sont totalement interdits (comme le sulfate de cuivre) ou simplement non autorisés pour l'aquaculture. Quelques fermes utilisent même de hautes doses de produits pharmaceutiques, sans aucune connaissance en la matière, en particulier des produits d'origine humaine dont l'utilisation chez le poisson n'est pas autorisée : les antibiotiques humains ou destinés aux animaux d'élevage (autres que le poisson) sont souvent moins chers. Des études ont montré que dans certaines structures, en particulier les grosses productrices en juvéniles, des médicaments sont utilisés chaque jour ! Seules les petites structures échappent à cette surenchère médicale, le prix de vente des

juvéniles ne justifiant pas pour eux l'application de traitements aussi chers. Contrairement aux engraisseurs, où le destinataire final réalise le plus souvent des tests sur les résidus avant l'achat, il n'y a aucun contrôle de résidus à ce stade, et les écloseries n'ont aucune responsabilité sur le produit final. [13] [59]

- Transport : l'utilisation d'oxytétracycline est une question qui se pose lors de la délicate opération du transport des larves, particulièrement fragiles et vulnérables. [13]

- Engraisseurs : Entre deux cycles, l'étang est asséché, les sédiments enlevés, et de la chaux est appliquée. Une écrasante majorité d'éleveurs respecte ces mesures d'assainissement avant le repeuplement. Certaines fermes utilisent en plus des traitements chimiques à base de sulfate de cuivre et d'oxytétracycline pour la préparation de leurs étangs. [13]

De nombreux produits sont employés au cours de l'élevage : notamment des vitamines, des acides aminés (méthionine, lysine) et des probiotiques - enzymes, couramment utilisés au Vietnam. Les éleveurs n'ont que très peu de connaissances en pathologies et en traitements associés, encore moins en prophylaxie. L'utilisation d'antibiotiques à but prophylactique est très répandue chez les éleveurs de pangas. Lorsqu'on les interroge sur les raisons de l'emploi de tel ou tel produit, les réponses sont vagues. La plupart suivent les recommandations du vendeur, qui n'a souvent pas plus de formation qu'eux-mêmes. Seules quelques grosses exploitations peuvent s'offrir les conseils de vétérinaires compétents. [13] [59]

III.3.D/ Conclusions

Le développement de l'aquaculture s'est accompagné d'une demande accrue en aliments, en juvéniles mais aussi en divers médicaments ou produits chimiques. Il existe un grand nombre de raisons à l'augmentation des besoins en produits chimiques ou pharmaceutiques. Les plus importantes sont : l'extension de l'aquaculture, les attentes des éleveurs (couplées à un niveau de compétences pas toujours suffisant), un élevage de plus en plus intensif mais aussi le démarchage par les producteurs desdits produits. [13] [15]

Quid des effets de la gestion non maîtrisée des différents produits pharmaceutiques ? Les résistances microbiennes aux antibiotiques se font de plus en plus importantes, aussi bien en élevage que dans le milieu naturel. Les agents antibactériens se retrouvent dans l'environnement via les refus alimentaires ou l'excrétion par les animaux traités. [13] [15] [28] [59] [71]

Les résultats d'une étude menée par Phuong et al. dans le delta du Mékong montrent que les différentes bactéries rencontrées, provenant aussi bien d'élevages que de prélèvements en milieu naturel, se révèlent de plus en plus résistantes aux antibiotiques couramment utilisés en pisciculture : 90% des isolats étaient résistants aux tétracyclines, 89% à la sulfadiazine-triméthoprime, 76% à l'ampicilline, 65% au nitrofurane et 33% à la norfloxacine ! [59]

Parmi les pathogènes, de nombreuses résistances ont été mises en évidence : toutes les souches d'*E. ictulari* isolées en élevage (13) se sont ainsi avérées résistantes à l'oxytétracycline, à l'acide oxolinique et aux sulfamides ; les souches isolées d'*Aeromonas hydrophila* (5) étaient résistantes aux sulfamides et à l'amoxicilline. [59]

L'emploi non maîtrisé de l'antibiothérapie est source de difficultés importantes par le développement de multi-résistances. Qui plus est, l'emploi généralisé d'antibiotiques, comme ceux appartenant au groupe des quinolones (norfloxacine, ciprofloxacine), est un problème sérieux lorsque l'on considère leur importance dans le traitement de certaines pathologies humaines... L'impact de cette gestion inadéquate ne se limite donc pas aux seules productions animales. [13] [15] [28] [59] [71]

III.4/ Analyse économique de l'exploitation

III.4.A/ La loi des marchés

Le monde agricole est sorti brusquement d'une logique collectiviste socialiste afin d'instaurer une économie de marché s'accompagnant d'une relative autonomie paysanne (réforme du « Doi Moi »), favorisant esprit d'initiative, d'entreprise et promotion individuelle, qualités pourtant jusque là fortement dépréciées. La gestion de l'incertitude et du risque liés aux fluctuations des prix et aux modifications rapides de l'activité économique a déconcerté nombre d'éleveurs, provoquant méfiance, inertie ou absence de projets, et ce principalement chez les éleveurs traditionnels, les classes les moins éduquées et les moins aisées. A contrario, certains se sont lancés récemment dans l'élevage du Pangas, surfant sur la vague de son succès. [56]

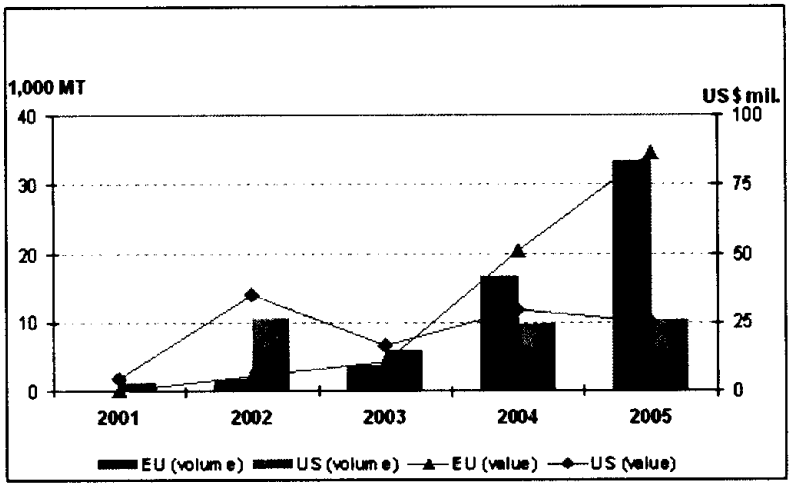
Depuis les réformes du « Doi Moi », le marché est devenu le facteur le plus important influençant la filière poisson-chat. La plus grande partie de la production étant destinée à l'export, les marchés mondiaux jouent un rôle essentiel dans la santé de la filière au Vietnam, la rendant particulièrement fragile. Si, en 1997, les exportations de Pangas ne représentaient qu'1,6 millions de dollars (40 000t), ils atteignaient déjà les 9 millions de dollars en 1998 et les 87 millions de dollars en 2001 (115 000t). Le ***tableau 19*** montre l'évolution de la filière entre 1997 et 2002, et la place considérable prise par l'export parallèlement au développement de la production. [13] [44] [82]

Description	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Production de *Pangasius hypophthalmus* (en t)	23 250	45 930	69 335	98 353	104 078	136 600
Production de *Pangasius bocourti* (en t)	17 000	19 670	17 440	12 093	10 211	6 290
Production totale de Pangas (en t)	40 250	65 600	86 775	110 446	114 289	142 890
Part de marché destinée à l'export (%)	35	32	48	52	75	67
Part de marché destinée à une consommation locale (%)	65	68	52	48	25	33

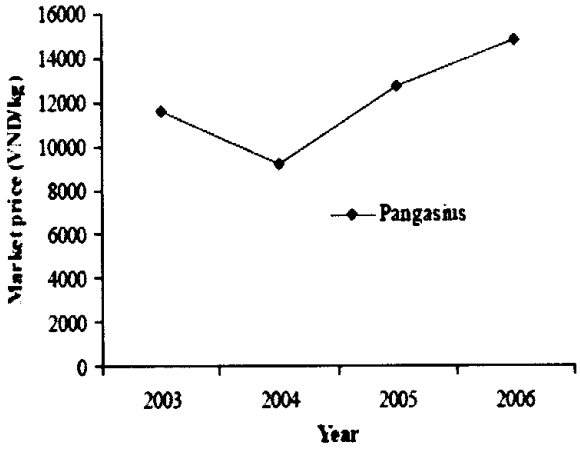
Tableau n°19 : Evolution de la production et des parts de marché en Pangas de 1997 à 2002
(d'après Sinh (2006) cité par [13])

Dans le passé (avant 1995), *Pangasius bocourti* était le premier poisson exporté vers les marchés asiatiques, *Pangasius hypophthalmus* étant considéré comme un poisson « latrine », sale et de mauvaise qualité, à cause de l'habitude de disposer les latrines directement au-dessus des bassins (**cf. partie II.2.A**). Toutefois la grande facilité d'élevage de ce dernier rendait cette espèce particulièrement attrayante (**cf. partie II.1 et III.1**). S'adaptant aux exigences du marché, les producteurs de *Pangasius hypophthalmus* ont en majorité modifié leurs pratiques. Parallèlement à la croissance du marché, ces derniers sont devenus de plus en plus nombreux [***cf. tableau 19***], et se sont diversifiés dans leurs systèmes d'élevage. A contrario, la production de *P. bocourti* est devenue anecdotique [***cf. tableau 19***]. Le système de production en étang est la forme de production qui s'est le plus considérablement développée. Aujourd'hui, *P. hypophthalmus* représente plus de 95 % des exportations de Pangas. [4] [13]

La guerre « anti-dumping » américaine a entraîné de fortes distorsions sur le marché du delta du Mékong [***cf. graphe 14***]. À cette époque, les USA étaient un des principaux importateurs de Pangas. Pour protéger leur propre production de poissons-chats, une taxe antidumping de 63 % a été mise en place ! En conséquence, au milieu de l'année 2003, les prix du Pangas sont tombés au plus bas (*Pangasius hypophthalmus* de 7000 à 8 000 ₫/kg [environ 0,30 €], *Pangasius bocourti* de 8 000 à 9 000 ₫/kg) ce qui a mis en difficulté un grand nombre d'éleveurs [***cf. graphes 13 et 14***]. [4] [10] [13] [82] [107]



Graphe n°13 : Evolution des volumes et de la valeurs du Pangas à l'export entre 2001 et 2005
(d'après [107])



Graphe n°14 : Prix moyens payés au producteur en fonction de l'année, en ₫/ kg
(d'après l'Université de Can Tho, citée par [13])

En 2004, en raison des faibles prix, le système cage notamment parce qu'il concerne les plus petits élevages, est devenu difficilement rentable. Les pangas ont été remplacés dans les cages par d'autres poissons de valeur marchande plus élevée, comme le Tilapia ou le Morocoto (*Colossoma brachypomum* [Ca Chim en vietnamien], une espèce importée proche du piranha). On compte encore en 2006 près de 1 200 cages de Pangas en moins dans la province d'An Giang. [4] [13]

Les variations des prix du marché du Pangas ont un impact fort sur le tissu socio-économique de la région, en influant notamment sur l'emploi, sur les dettes, sur les ventes de terre, etc... Un rapport établi par Tuan montre que le nombre total d'éleveurs de Pangas qui réussissent à vivre de leur production est passé de 87 % en 2001 à 76,4 % en 2004. 30 % des éleveurs de Pangas en système cage et 20 % des éleveurs en système étang étaient en déficit sur leur production annuelle en 2004. La principale raison était l'augmentation des coûts de production face à la diminution des prix à l'export (crise américaine). En 2005, pas moins de 50 % des éleveurs ont obtenu des profits négatifs ! Cependant, d'autres éleveurs ont réussi à obtenir des bénéfices, et certains ont même construit de grosses fortunes en un temps record ! Cela dépend principalement des capacités techniques et de management des éleveurs, particulièrement concernant l'alimentation et sa gestion. [4] [13] [82] [108]

Seul le développement, encouragé par le gouvernement, de nouveaux marchés locaux comme internationaux (notamment le marché de l'UE [***cf. graphe 13***]) a permis à la filière de sortir de la crise. Les prix sont repartis à la hausse, ce qui était bienvenu pour les producteurs. Ainsi, à la mi-2005, les prix avaient doublés : *Pagasius hypophthalmus* à 13 000 à 14 000 ₫/kg (environ 0,50 €), *Pangasius bocourti* de 15 000 à 17 000 ₫/kg. Cette hausse s'est poursuivie en 2006 (***cf. graphe 14***). [4] [13] [108]

Cette diversification des marchés, s'appuyant sur le dynamisme de la demande internationale en poisson à chair blanche, a permis un formidable boum de production. En effet, comme l'illustre le ***tableau 20*** pour l'Allemagne, la demande du marché intérieur européen en filets de poissons surgelés a explosé ces dernières années. Par la suite, cette demande s'est encore renforcée avec la crise de l'influenza aviaire. Le poisson vietnamien, grâce à son prix particulièrement bas, a largement profité de ces nouveaux marchés. Tant et si bien que le principal concurrent du Pangas, la perche du Nil, a vu ses prix tirés vers le bas par la concurrence vietnamienne (passant en moyenne de 5€/kg à 3€/kg). [13] [107]

Vietnam	2,638	4,403	2.16	37
Russian Fed.	3,050	3,418	4.4	29
Netherlands	622	1,141	4.9	10
Kazakhstan	474	1,514	4.24	13
Others	1,021	1,427	4.03	11
Total	**7,805**	**11,903**	3.55	**100**

Estimated from Eurostat

Tableau n°20 : Importations de filets de poissons blancs surgelés par l'Allemagne durant la période Janvier-Août 2004/2005

(d'après Eurostat, cité par [107])

Toutefois, jusqu'à présent, la compétitivité du Pangas ne se basait que sur son faible coût, ce qui ne permet pas un développement satisfaisant sur le long terme. Cela implique des marges faibles et la nécessité de produire toujours plus (mais pas forcément mieux). De plus, une politique anti-dumping des pays importateurs est toujours un risque pour une production à bas coût. Il faut donc que cette filière se crée de nouveaux avantages afin d'affirmer sa place sur les marchés mondiaux et de continuer son développement. Cela passe par une intensification des efforts pour satisfaire au mieux les exigences de qualité, d'hygiène et de sécurité alimentaire, mais aussi par des certifications internationales, par la création d'une marque « Pangas » (à l'étude depuis 2006) ou par la création de nouveaux produits assurant une meilleure valeur ajoutée : plats cuisinés, etc... [19] [107] [108]

En 2005, les exportations ont représenté 320 millions de dollars pour une production de 376 000t (12,8% des exportations du pays). En 2006, elles s'élevaient à 740 millions de dollars (600 000t) ! L'Union Européenne (UE) reste le plus important marché de destination de cette filière (39%). La part de marché américaine se limite à 10%, suite à la tarification protectionniste américaine qui a eu lieu en 2003. A part les Etats Unis, on observe un développement significatif des marchés européens, chinois, de l'ASEAN, du Japon, et aussi, plus récemment, de la Russie [*cf. figure 10*]. [13] [39]

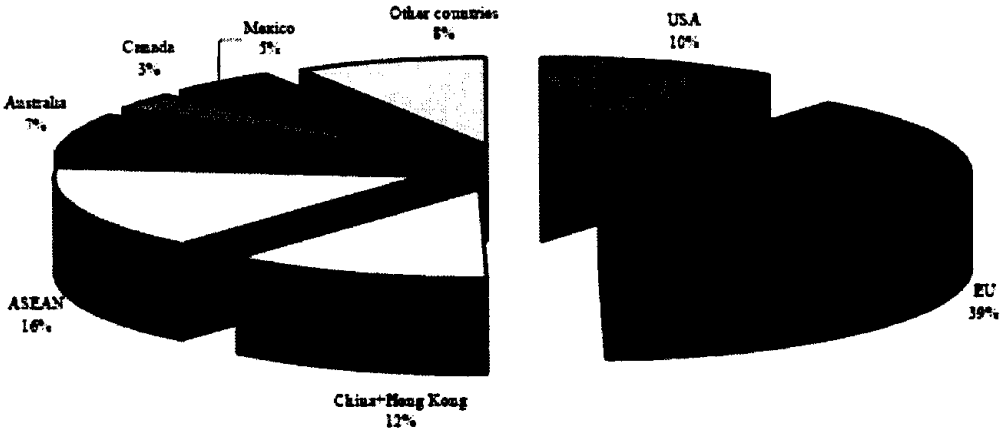


Figure n°10 : Parts de marché du Pangas à l'export en 2005
(d'après Vietnamese Association of Seafood Exporters & Producers, cité par [13])

Tout ceci met en exergue la dépendance majeure de la filière aux marchés mondiaux, et de facto sa grande fragilité face aux variations de ces derniers. La diversification des pays ciblés assure une certaine sérénité à la filière, mais si un grand marché comme celui de l'Union Européenne venait à se fermer, cela causerait une crise majeure. C'est pourquoi de gros efforts sont réalisés pour satisfaire aux exigences des pays importateurs. [13]

Paradoxalement, le poisson-chat étant principalement destiné à l'export, les exigences des marchés d'importation européens ou nord américains ont eu des répercussions positives sur le comportement des producteurs vietnamiens. Une exigence de qualité et de sécurité sanitaire des produits impose des règles aux producteurs voulant accéder à ces marchés (antibiotiques, etc..). Naturellement, il reste encore des efforts à réaliser mais la volonté d'amélioration des autorités vietnamiennes est réelle. (**cf. partie III.6**). [13]

On constate une forte augmentation des demandes pour une agriculture plus durable, avec des moyens plus respectueux de l'environnement, ce qui donne une excellente motivation aux producteurs qui, par le biais de certifications internationales, peuvent vendre leur production à des prix plus élevés. [13] [93]

Malheureusement, les produits non conformes à l'export, que ce soit en termes de qualité (couleur jaune, etc..) voire de sécurité sanitaire (usines non homologuées, etc...) se retrouvent généralement sur les marchés locaux (en frais ou transformés, notamment dans le célèbre nước mắm), favorisant un peu plus la barrière Nord/Sud et traduisant un certain mépris pour les populations vietnamiennes. [13]

III.4.B/ Bilan financier d'une exploitation

III.4.B.a/ Répartition des coûts

Le diagramme ci-dessous [*cf. figure 11*] met en exergue les différentes composantes du coût de production du Pangas aujourd'hui, quelque soit le système de production. On note l'importance majeure de l'alimentation (73%) par rapport aux autres catégories. [13]

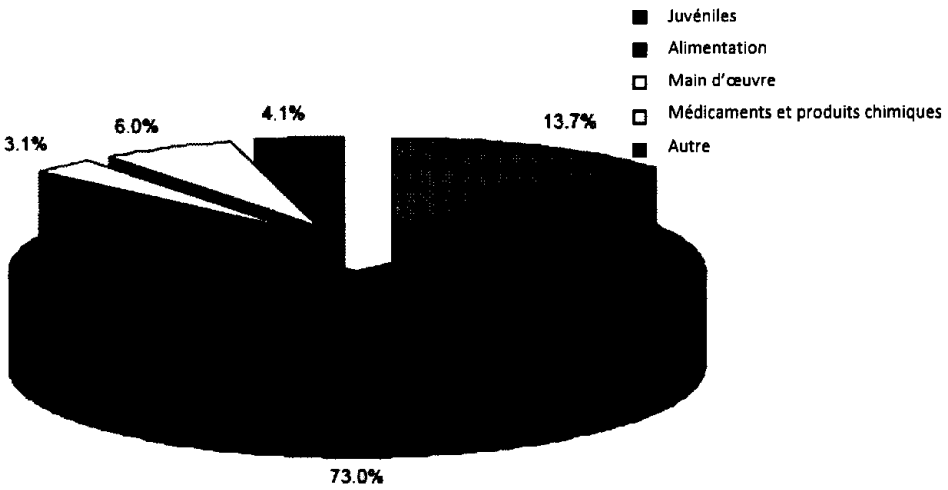


Figure n°11 : Répartition moyenne des coûts de production en élevage du Pangas tous systèmes confondus dans le delta du Mékong en 2005
(d'après Nguyen et al (2006) cités par [13])

Une étude réalisée en 1992 par Cacot mettait en évidence que, dans le compte d'exploitation d'une cage flottante de *P. bocourti* (obtenus par capture en milieu naturel), le poste principal des dépenses était occupé par l'achat d'alevins/juvéniles (« fingerlings »), dont le prix s'était envolé [*cf. figure 12*]. Cette situation était tout à fait hétérodoxe pour des élevages intensifs de ce type dans lesquels l'alimentation représente généralement beaucoup plus de 50 % des dépenses. La situation analysée en 2001, suite à la maîtrise du cycle de reproduction en captivité et au développement d'aliments industriels spécifiques du Pangas (notamment les aliments de pré-grossissement et de grossissement), montre la « normalisation » des dépenses où les achats d'alevins ne comptent plus que pour 15 %. [10] [39]

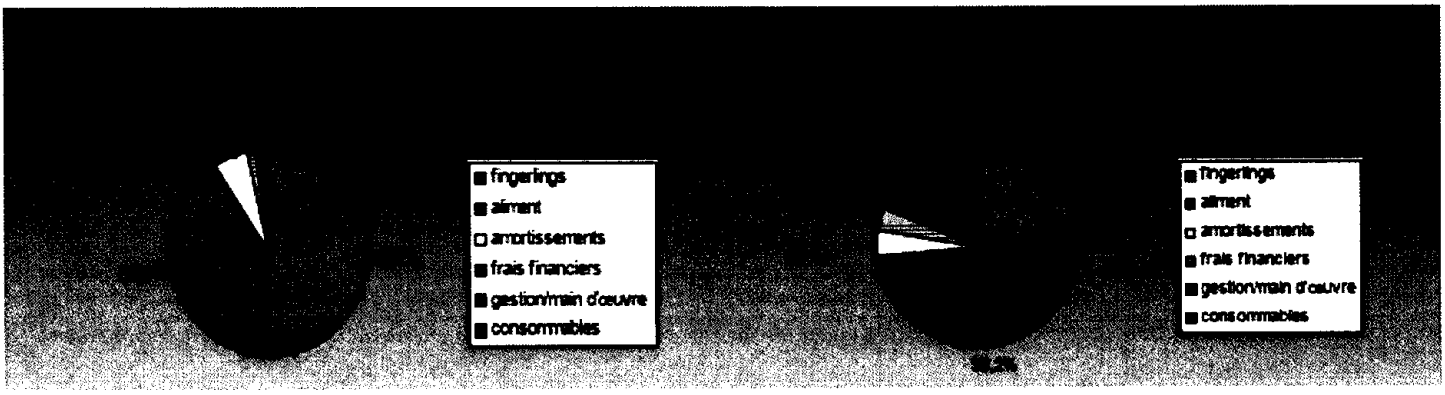


Figure n°12 : Répartition comparée des coûts de production de Pangasius bocourti et Pangasius hypophthalmus en cages flottantes en 1992 et en 2001
(d'après [39])

III.4.B.b/ Exemple d'un bilan d'exploitation en système de production en étang

Cette partie s'appuie sur une étude réalisée dans la province d'An Giang sur un panel de soixante éleveurs en système étang, et publiée en 2007. [60]

Au cours de cette étude, trois catégories différentes ont été constituées, selon le mode d'alimentation:

- Intensive : cette catégorie inclut les exploitations qui utilisent tout au long du cycle une alimentation strictement industrielle. Celle-ci se présente sous forme de boulettes flottantes, de différentes tailles et de différentes qualités, adaptées à la taille des poissons. Cette alimentation permet une densité en poissons supérieure et une production plus importante. [60]
- Traditionnelle : cette catégorie inclut les exploitations qui fabriquent elles-mêmes leurs aliments, en utilisant des ingrédients disponibles localement. Ces aliments coulent dans les bassins, à la grande différence des aliments du commerce. [60]
- Semi-intensive : cette catégorie correspond à une combinaison des aliments industriels et de fabrication ménagère au cours du cycle d'élevage. L'éleveur utilise une alimentation industrielle durant les deux ou trois premiers mois d'élevage, puis réalise seul l'alimentation des ses animaux jusqu'à leur vente. [60]

III.4.B.b.a/ Analyse des coûts

III.4.B.b.a.1/ Coûts variables

Les coûts peuvent être subdivisés en coûts variables (main d'œuvre, acquisition de juvéniles, approvisionnement en aliment, autres...) et en coûts fixes (matériel, infrastructures).

Alimentation

L'alimentation représente, on l'a vu, la première dépense de l'exploitation. Le coût d'un aliment manufacturé dépend principalement du taux protéique, avec une moyenne à 0,34 $US/kg. De fait, l'aliment traditionnel, plus pauvre en protéine, et utilisant des aliments de moindre qualité revient nettement moins cher, en moyenne autour de 0,18 $US/kg. Toutefois, on observe des fluctuations dans les prix et/ou les disponibilités des matières premières permettant une alimentation ménagère, ce qui n'est pas sans poser certaines difficultés. [32][60]

Le ***tableau 21*** nous donne les quantités relevées lors de l'étude ainsi que les coûts associés. En moyenne, le coût de l'alimentation représente 84% du total des coûts variables de l'exploitation (de 74% en élevage traditionnel à 93% en élevage intensif). Si les coûts sont moindres en alimentation ménagère, le fort développement de la filière met à mal ce système de culture : dépendance de la disponibilité en matières premières et de l'augmentation du prix de ces dernières, impact environnemental plus important qu'une alimentation commerciale (**cf. partie III.5**). [60]

Moyennes	Système intensif		Système semi-intensif		Système traditionnel	
	Quantité (kg/ha/an)	Total des coûts en aliments ($US/ha)	Quantité (kg/ha/an)	Total des coûts en aliments ($US/ha)	Quantité (kg/ha/an)	Total des coûts en aliments ($US/ha)
Aliment industriel	397 177	133 483	22 783	7 189		
Aliment ménager			507 119	89 343	270 189	49 086
Total	397 177	133 483	529 982	96 532	270 189	49 086

Tableau n°21 : Coûts de l'alimentation dans l'élevage du Pangas
(d'après [60])

Acquisition de juvéniles

L'acquisition de juvéniles représente la deuxième dépense de l'exploitation. Le prix d'achat diffère selon la méthode d'obtention : élevage ou capture (**cf. partie III.1**) et selon la taille : en étang, les juvéniles sont en moyenne de taille inférieure à ceux rencontrés en élevage en cage. [13] [60]

Au sein d'un même système d'élevage (on prend ici le modèle d'élevage en étang), les coûts dans les différentes catégories précitées diffèrent : l'emploi d'une alimentation industrielle permettant l'achat de juvénile de plus petite taille (2,35 cm) donc moins chers, alors qu'une taille d'au minimum 3 cm est recherchée en alimentation traditionnelle. Enfin, le coût par hectare dépend fortement de la densité de stockage des juvéniles et de la taille de l'exploitation. Les variations peuvent donc être importantes quant à cette valeur. [13] [60]

Main d'œuvre

La main d'œuvre nécessaire à la filière regroupe les temps pleins, les temps partiels et la main d'œuvre occasionnelle. Les filières incluant une part d'aliments ménagers dans leur alimentation globale ont de fait besoin de plus de travailleurs à temps plein, à cause du temps nécessaire à la préparation des aliments chaque jour. [60]

Coûts autres

Produits chimiques et médicaments représentent la troisième principale dépense de l'élevage, toutefois dans une moindre mesure par rapport aux deux précédentes. Une étude de 2006 (Le et al.) révèle que les produits dits vétérinaires représentent près de 5 % du total des coûts de production. De plus, leur utilisation est de plus en plus importante et répandue dans les élevages, à cause de la densité toujours plus élevée des animaux, mais aussi à cause d'une production dessaisonnée qui nécessite une qualité sanitaire de l'eau suffisante, y compris lors de la saison des pluies. [13]

Les autres coûts variables encore incluent les frais de traitement du personnel, l'électricité et le fioul. Ces frais cumulés varient de 1 303 $US/ha dans les exploitations intensives à 2 464 $US/ha en exploitations traditionnelle. Les coûts en carburants représentent 64 à 81 % de cette somme. Il est utilisé principalement pour les pompes à eau, mais également pour la préparation des aliments en système traditionnel. [60]

III.4.B.b.a.2/ Coûts fixes

Les coûts fixes incluent pour leur part les équipements majeurs nécessaires à l'exploitation, à savoir les pompes, l'équipement nécessaire à la réalisation de l'aliment traditionnel, incluant les machines de fabrication et de distribution et tous les autres équipements mineurs, ainsi que crédits, locations, amortissement, etc... [60]

III.4.B.b.a3/ Bilan des coûts

Description	Catégories			Toutes catégories confondues
	Alimentation industrielle	Alimentation semi-industrielle	Alimentation ménagère	
	$ US / ha/ cycle	*$ US/ ha/ cycle*	*$ US / ha/ cycle*	*$ US / ha/ cycle*
Total des coûts	144 338 $	111 614 $	66 658 $	107 537 $
Total des coûts fixes	178 $	380 $	452 $	337 $
Total des coûts variables	144 160 $	111 233 $	66 206 $	107 199 $
1/ Main d'œuvre	288 $	389 $	218 $	298 $
2/ Juvéniles	9 084 $	13 106 $	14 439 $	12 209 $
3/ Alimentation	133 483 $	96 532 $	49 086 $	93 034 $
4/ Autre	1 303 $	1 202 $	2 464 $	1 659 $

Tableau n°22 : Coûts de production en élevage de Pangas en système étang dans la province d'An Giang en 2006

(d'après [60])

On observe sur le ***tableau 22*** une variation importante des coûts entre les systèmes traditionnels et intensifs, de 66 658 $ à 144 338 $, soit du simple au double ! Un fonctionnement en système intensif impose donc un haut niveau

d'investissements que ne peuvent se permettre les petits éleveurs par manque de capital. [60]

L'alimentation représente ainsi plus de 92 % du total des coûts en système intensif [*cf. figure 13, figure A*] contre seulement 73% en système traditionnel [*cf. figure 13, figure C*]. Par contre, pour ce dernier, l'acquisition de juvéniles absorbe plus de 21 % du budget. Le système semi-intensif est un intermédiaire des deux autres systèmes [*cf. figure 13, figure B*]. [60]

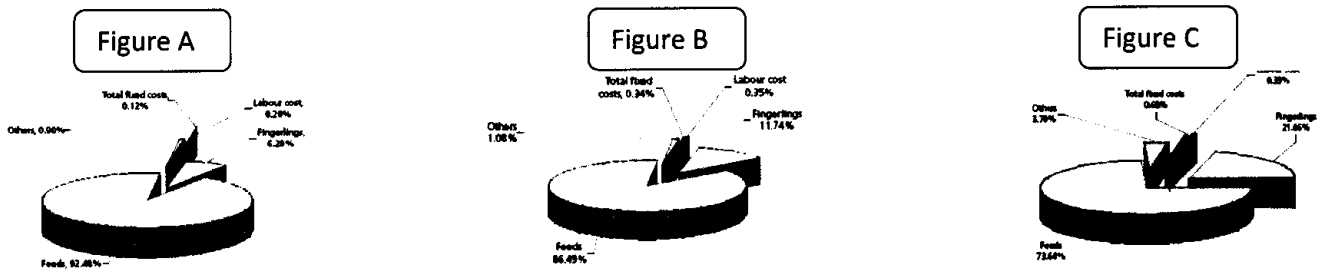


Figure A : Alimentation industrielle
Figure B : Alimentation semi-industrielle
Figure C : Alimentation ménagère

Figure n°13 : Distribution des coûts selon les différents types d'alimentation en système étang en 2007
(d'après [60])

III.4.B.b.β : Analyse des recettes

	Système intensif	Système semi-intensif	Système traditionnel
Nombre moyen de juvéniles stockés	285 213	295 157	357 992
Quantité moyenne d'aliments utilisée (kg)	564 089	529 982	270 189
Quantité moyenne de poissons produite (kg)	240 199	243 887	157 452
Indice de conversion	2,35	4,02	3,06

Tableau n°23 : Liens entre alimentation et production en pangasiculture
(d'après [60])

Les recettes sont obtenues par la vente du poisson dans la filière, soit directement aux industriels, soit à des revendeurs (**cf. partie II.3.D**). On observe des variations importantes de recettes entre les exploitations intensives et traditionnelles (***cf. tableau 24***). Cette différence est principalement due à des quantités de poissons produites différentes [***cf. tableau 23***], mais aussi aux variations de qualités du produit fini imputables à l'alimentation. En effet, les poissons nourris avec une alimentation industrielle ont une chair de meilleure qualité, ce qui permet de vendre la production à meilleur prix [***cf. tableau 24***]. Il est également à noter que le prix de vente du poisson varie selon la saison de récolte, la taille des poissons et la demande des marchés internationaux (ce qui n'apparait pas dans les tableaux). [60]

	Système intensif	Système semi-intensif	Système traditionnel	Toutes catégories confondues
Quantité de poissons produite moyenne	240 199 kg	243 887 kg	157 452 kg	213 787 kg
Prix moyen en date de l'étude	0,66 $/kg	0,54 $/kg	0,56 $/kg	0,59 $/kg
Recettes brutes totales	158 531 $	131 699 $	88 173 $	126 134 $

Tableau n°24 : Recettes annuelles moyennes par catégorie

(d'après [60])

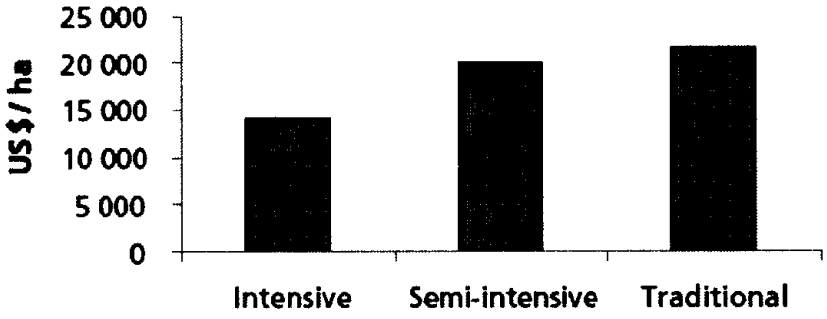
III.4.B.b.y : Bilan financier

	Système intensif	Système semi-intensif	Système traditionnel	Toutes catégories confondues
Total des coûts (= coûts fixes + coûts variables)	144 338 $/ha	111 614 $/ha	66 658 $/ha	107 537 $/ha
Recettes brutes totales	158 531 $/ha	131 699 $/ha	88 173 $/ha	126 134 $/ha
Marge brute (= Recettes brutes totales – Total des coûts variables)	14 371 $/ha	20 466 $/ha	21 967 $/ha	18 935 $/ha
Marge nette (=Recettes brutes totales – Total des coûts)	**14 193 $/ha**	**20 085 $/ha**	**21 515 $/ha**	**18 598 $/ha**
Ratio de productivité brute (= Recettes brutes totales + Total des coûts)	1,13	1,22	1,31	1,22
Facteur de productivité nette (= Marge nette + Total des coûts)	0,13	0,22	0,31	0,22
Taux de survie (= Nombre d'individus récoltés + nombre d'individus mis en production)	0.82	0.76	0.70	0.76

Tableau n°25 : Résumé du bilan financier et de quelques indicateurs économiques pour un cycle de production par catégories d'alimentation

(d'après [60])

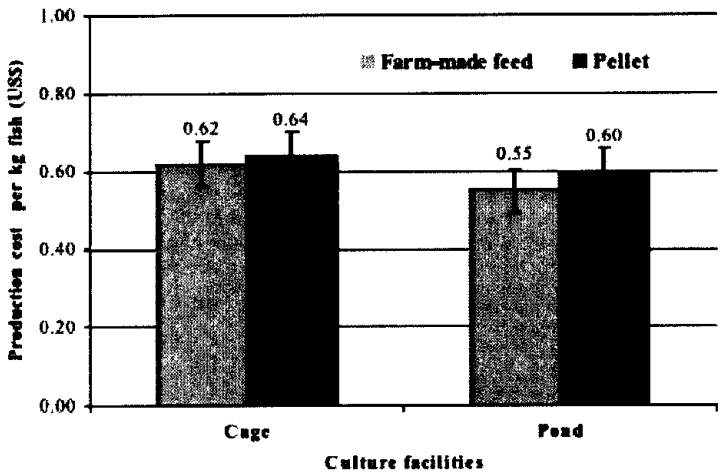
Les bénéfices nets varient selon les catégories considérées, mais sont supérieurs pour les élevages traditionnels (21 515 $US/an) par rapport aux bénéfices nets des exploitations intensives (14 193 $US/an) [*cf. tableau 25*]. Ceci est représenté sur le ***graphe 15***. Le coût de l'alimentation est la principale limite à la marge bénéficiaire de l'exercice. Son poids relatif écrasant en système intensif (> 92% des coûts de l'exploitation) plombe plus fortement le résultat final dans cette filière, par rapport à la filière traditionnelle. Cependant, selon Hung, à cause de l'importante variabilité de l'indice de conversion et des fluctuations du prix des poissons-fourrage, il n'est pas possible de conclure que des marges supérieures sont systématiquement obtenues grâce à l'alimentation ménagère. [32] [60]



Graphe n°15 : Bénéfice net par catégorie d'alimentation
(d'après [60])

Le ratio de productivité [*cf. tableau 25*] représente la valeur ajoutée à la fin de l'exercice : c'est-à-dire que pour un investissement de 1 dollar dans la filière, le retour sur investissement est de 1,13 $ (ratio de productivité brute) soit un bénéfice de 0,13 $ (facteur de productivité nette) en fonctionnement intensif. Selon cette étude, le facteur net de productivité est le plus élevé pour les élevages utilisant une alimentation traditionnelle (0,31 $). En d'autres termes, les exploitants de ce système productif obtiennent le meilleur rendement pour leur travail. [60]

III.4.B.c/ Comparatif avec le bilan d'exploitation en système de production en cage



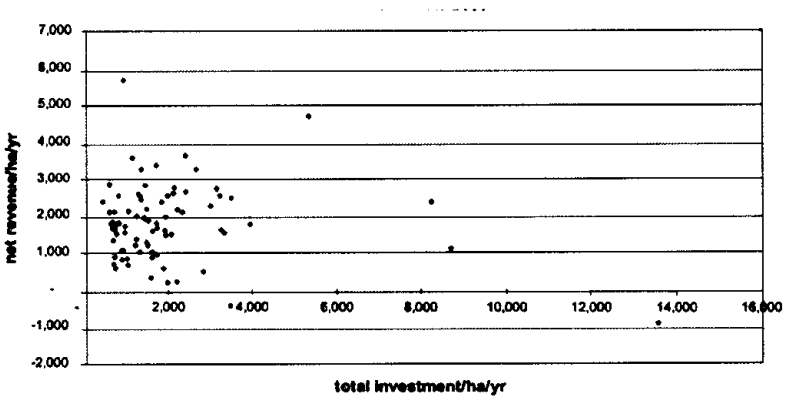
Graphe n°16 : Comparaison des coûts de production moyens en cage et en étang en alimentation traditionnelle ou industrielle
(d'après [32])

Une étude réalisée par Hung et al donne des résultats différents quant aux coûts (en dollars) de production en cage et en étang d'un kilogramme de pangas (***cf. graphe 16***). [32]

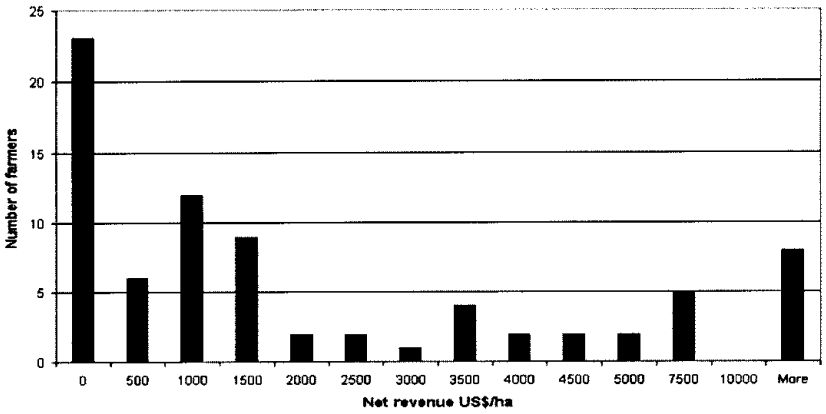
Il apparaît que les coûts de production en système cage sont supérieurs à ceux obtenus en système étang, bien que cette différence ne soit pas significative selon les conclusions de l'étude. [26] [32]

III.4.C/ Conclusions

Le ***graphe 17*** met en exergue la diversité des résultats rencontrés en élevage en étang dans la province de Tien Giang en 2000. Il apparaît qu'il n'y a que peu de relations entre les investissements en aliments ou en juvéniles de qualité et les revenus nets. Par ailleurs, une partie non négligeable des exploitations citées dans le graphique sont en déficit sur leur exercice annuel (toutes les valeurs en-dessous de la droite y = x). [26]



Graphe n°17 : Revenu net (en $/ha/an) vs Investissement total (en $/ha/an)
(d'après [26])



Graphe 18 : Revenu net dans les différentes exploitations de la province de Tien Giang
(d'après [26])

Les revenus rapportés à la superficie obtenus en système d'élevage en étang sont très variables (***cf. graphe 18***). L'investissement préalable pour la construction de l'étang n'est pas compris dans les résultats d'exploitation. Les performances des exploitations sont particulièrement variables. Il ressort de cette étude que près de 36% des exploitants perdent de l'argent. D'un autre côté, 50% réalisent un bénéfice de plus de 500$/ha/ha, ce qui correspond grosso-modo aux résultats obtenus en monoculture rizicole avec 2 récoltes par an. [26]

En conclusion, il apparaît que l'alimentation représente la plus importante part des coûts de fonctionnement de la ferme. La maîtrise de cette dernière assure aux exploitants des revenus importants. La plupart des études montrent que les exploitations utilisant une alimentation ménagère ont des bénéfices nets plus importants. Toutefois, la variabilité importante de la disponibilité et des coûts en poissons-fourrage ces dernières années ne garantie pas que ces résultats ne vont pas s'inverser lors des prochaines études.

La deuxième conclusion qui s'impose est la très variabilité des résultats d'exploitation. Si certains exploitants ont su construire de véritables fortunes grâce au pangas, d'autres se sont révélés moins bon gestionnaires. Il apparaît de même que ce n'est pas la capacité d'investissement qui garantie les meilleures résultats. Les petites exploitations en système traditionnel ont donc un rôle important à jouer dans la production de la filière par leur besoin en investissements limité.

Les certifications, le développement d'une agriculture plus durable ou la mise en place d'un fonctionnement type agriculture biologique sont des solutions pour le développement futur de la production, afin de trouver de nouveaux marchés et de vendre sa production à un meilleur prix. [19] [93]

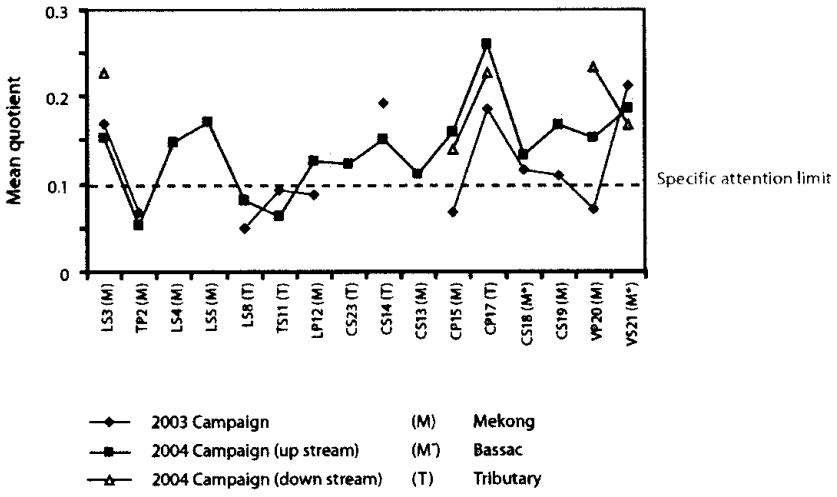
III.5/ Impact environnemental et qualité de l'eau

III.5.A/ Qualité des eaux du Mékong

Une étude de la qualité des eaux a été établie par la commission régionale du fleuve Mékong (MRC). Ces eaux sont sous surveillance permanente par une centaine de stations d'études réparties dans toute la zone dite du bas bassin du Mékong (***cf. Annexe 10***). En moyenne, les concentrations en métaux lourds dans les eaux et les sédiments sont en-dessous des normes internationales. Il en est de même pour les contaminants industriels ou les pesticides qui sont pour la plupart à des taux inférieurs au seuil de détection. [53]

Quelques sites sur le Mékong présentent des concentrations en certains contaminants supérieures à la moyenne du fleuve, mais inférieures au seuil de risque biologique. C'est notamment le cas du delta du Mékong. [53]

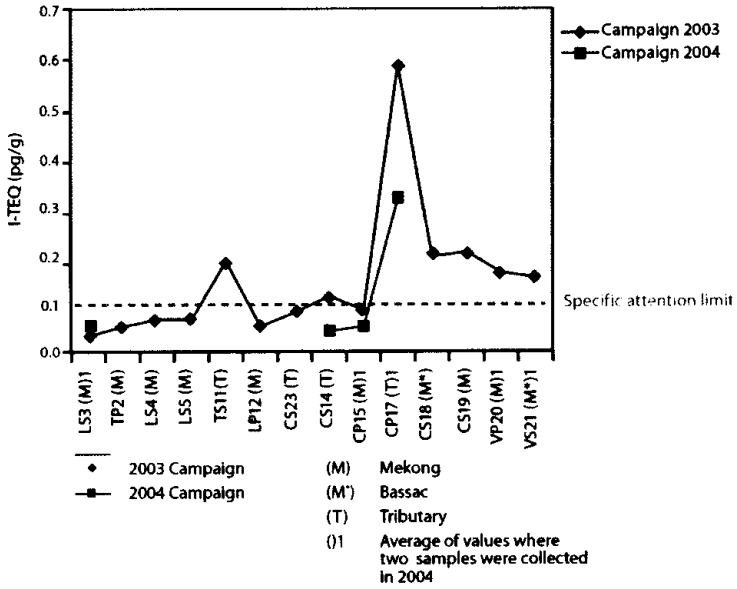
MacDonald et al. ont déterminé en 2000 deux seuils : le TEC (« threshold effect concentration »), concentration en dessous de laquelle un effet toxique sur les êtres vivants est peu probable ; le PEC (« probable effect concentration »), concentration au-dessus de laquelle un effet toxique est très probable. Dans le delta du Mékong, le seuil TEC est légèrement dépassé pour certains métaux lourds, notamment l'arsenic, bien que pour des concentrations très inférieures au PEC (***cf. Annexe 10***). La concentration totale en métaux lourds est considérée comme basse à modérée, dépassant la limite au dessus de laquelle cette contamination peut avoir des répercussions : elle est due principalement au cuivre, au nickel et à l'arsenic (***cf. graphe 19***, VP20 (Tan Chau, à l'entrée du delta du Mékong)) et VS21 (Chau Doc, sur le Bassac)). [53]



Graphe 19 : Contamination en métaux lourds du Mékong
(d'après [53])

On observe aussi des valeurs hautes concernant dioxines et furanes présents dans les sédiments, mais inférieures aux seuils de tolérance (par exemple, au Canada : 0,85pg/g) : ***cf. graphe 20***. [53]

Concernant les autres polluants, le delta du Mékong s'inscrit dans les moyennes observées par le fleuve, en-dessous des seuils internationalement admis. Par contre, cette étude ne prend pas en compte le lessivage des sols causé par la mousson. De même, les concentrations en pesticides peuvent être localement augmentées lors du traitement des rizières. [53]



Graphe 20 : Index de toxicité équivalente (I-TEQ) pour la dioxine et les furanes enregistrées durant les campagnes 2003 – 2004
(d'après [53])

Une évaluation de l'activité biologique de différents sédiments rencontrés le long du delta du Mékong a été réalisée grâce à un amphipode d'eau douce, *Hyalella azteca* (***cf. tableau 26***). Il apparaît qu'un taux significativement supérieur de mortalité a été observé, notamment dans le delta du Mékong (VS21, VP20), par rapport à la moyenne du fleuve et ce aussi bien en 2003 qu'en 2004. [53]

Test series	Code	2003 Mean Survival (%)	2003 Standard deviation	2004 Mean Survival (%)	2004 Standard deviation
	Si1 (control)	96.0	5.5		
	Si1 (control)			90.0	7.1
	LS3 (1) (Lao/China border)	30.0*	41.2		
	LS3 (upstream)			80.0	7.1
I	LS3 (downstream)			64.0†	26.1
	TP2 (Chiang Sean)	90.0	14.1	90.0	12.2
	LS4 (Luang Prabang)			54.0†	11.4
	TS11 (Khong Chiam)	98.0	4.5	72.0	16.4
	LP 12 (Pakse)	98.0	4.5	95.0	5.8
	Si2 (control)	96.0	8.9		
	Si3 (control)			78.0	8.4
	LS3 (2) (Lao/China border)	0.0*			
	CP15 (Kratie)	82.0*	16.4		
II	CP17 (Prek Kdam)			77.5	15.0
	CS18 (Koh Khel)			55.0†	5.8
	CS19 (Neak Leang)			45.0†	12.9
	VS21 (Chau Doc)	96.0	5.5	55.0†	12.9
	VP20 (Tan Chau)	78.0*	1.1	52.5†	12.6

Note: * = Significant difference from the control (Dunnett's test, $p < 0.05$) in 2003.
† = Significant difference from the control (Bonferroni t-test, $p < 0.05$) in 2004.

Tableau 26 : Taux de survie (moyenne et écart-type) d'Hyalella azteca après 14 jours d'exposition aux sédiments issus des campagnes de ramassage 2003 et 2004
(d'après [53])

III.5.B/ Gestion de l'eau dans l'exploitation

III.5.B.a/ Gestion des intrants

La qualité de l'eau est primordiale en aquaculture, mais pas uniquement, toute la population du delta étant dépendante de la bonne santé du fleuve pour sa survie. La prise de conscience de l'impact environnemental de l'homme et de son activité sur le fleuve Mékong est très récente, et encore trop peu de solutions ont été mises en œuvre aujourd'hui. [13]

Dans le delta du Mékong, l'eau est polluée par les nombreuses activités humaines. Bien que le débit d'eau de ce fleuve soit assez élevé, les effluents rejetés dans la rivière par les usines, par les villes ou par les activités agricoles contribuent significativement à la dégradation de la qualité de l'eau. Des pics de mortalité sont ainsi régulièrement observés durant la saison des pluies, probablement à cause du lessivage des sols agricoles et urbains. [13]

III.5.B.a.a/ Système de production en cage ou en enclos

Les élevages en cage ou en enclos sont particulièrement exposés aux variations brutales de la qualité des eaux du fleuve (courantes notamment durant la saison des pluies). Aucun suivi de cette dernière n'est effectué pour la culture du Pangas : les éleveurs utilisent simplement l'eau du fleuve telle qu'elle est (ce type de production ne permettant de toute façon aucune action correctrice ou protectrice). Les poissons sont donc fortement exposés aux pollutions causées par les autres productions le long des fleuves : pesticides et insecticides utilisés dans la culture du riz, fuites de mazout ou d'huile (fréquentes) des différents bateaux circulant le long des fleuves et canaux ou plus simplement les diverses pollutions causées par les populations en amont de la zone d'aquaculture. Pour éviter ces difficultés, ces systèmes d'aquaculture devraient être situés loin des centres urbains, des usines et des zones d'agriculture intensive mais le développement de la filière a été très rapide et a souffert d'un manque de planification coordonnée par les autorités : ces règles ne sont donc pas toujours observées. De plus, et particulièrement pour le système de culture en cage, il y a conflit d'intérêt avec la navigation sur le fleuve, responsable d'une importante pollution. [13] [86]

III.5.B.a.β/ Système de production en étang

Dans ce système, l'eau est pompée dans le Mékong, ce qui permet théoriquement un certain contrôle de sa qualité. C'est une des raisons du boum de cette forme d'élevage. En effet, des structures de plus en plus grosses ont des moyens (mais aussi des enjeux) financiers plus importants, ce qui les rend particulièrement attentives à ces notions. Toutefois un grand nombre d'éleveurs, plutôt parmi les « petits producteurs », se limitent encore trop souvent aux mesures de pH, d'oxygène et de température. [13] [39]

La distance séparant les étangs des cours d'eau est de 30 à 50 m en moyenne, mais il existe des cas où cette distance est beaucoup plus importante, ce qui cause des difficultés pour les échanges d'eau. De plus, le canal permettant l'approvisionnement en eau et le canal de rejet des eaux usées est souvent le même ! [13]

La localisation des fermes est également importante, surtout avec la raréfaction des terres (et leur prix à la hausse) causée par le boum de la filière. Ainsi, certaines fermes sont situées à proximité des décharges de marché, près des zones de rejets des villes ou près de zones cultivées ce qui a nécessairement un impact sur la qualité des eaux que l'on retrouve dans les étangs. [13]

Aujourd'hui, la prise de conscience est réelle, même si les mesures tardent à apparaître. De plus en plus d'éleveurs veulent mieux contrôler la qualité des eaux utilisée pour l'élevage des Pangas, et par conséquent modifier leur système d'élevage pour un élevage en étang (les principaux freins sont le manque de terres disponibles et le lourd investissement initial nécessaire). [13]

Enfin, le développement rapide de l'aquaculture, et particulièrement de l'aquaculture en étang, a créé une compétition pour l'accès à l'eau, dont elle est très grosse consommatrice. L'absence de planification a encore amplifié le problème. On assiste aujourd'hui à des conflits pour les besoins en eaux de la population, de l'agriculture et de l'aquaculture. [13]

III.5.B.b/ Sources de pollution interne

Les sources de pollution accidentelle par l'exploitation elle-même sont nombreuses : sacs d'aliments vides, papiers, cartons, plastiques, déchets de table, huile de moteur, carburant, eaux usées provenant des machines de lavage et de désinfection, etc... L'accumulation des déchets, et en particulier des flacons vides de désinfectants ou d'antibiotiques, reflète les nombreuses lacunes rencontrées dans un grand nombre d'exploitations. La prise de conscience des exploitants ou des ouvriers travaillant sur l'exploitation est largement insuffisante. [13]

De plus, les machines sont mal entretenues, et les fuites d'huile sont devenues la règle dans les exploitations ! Or celles-ci sont souvent stockées au dessus des poissons (système cage) ou alors sont utilisées pour aérer le milieu ou pour nettoyer les étangs en fin de cycle (système étang) [*cf. photo 34*]. A cet égard, le système cage est le plus sensible, avec des habitations - lieu de travail - lieu de stockage situées juste au-dessus des cages à poissons. [13]

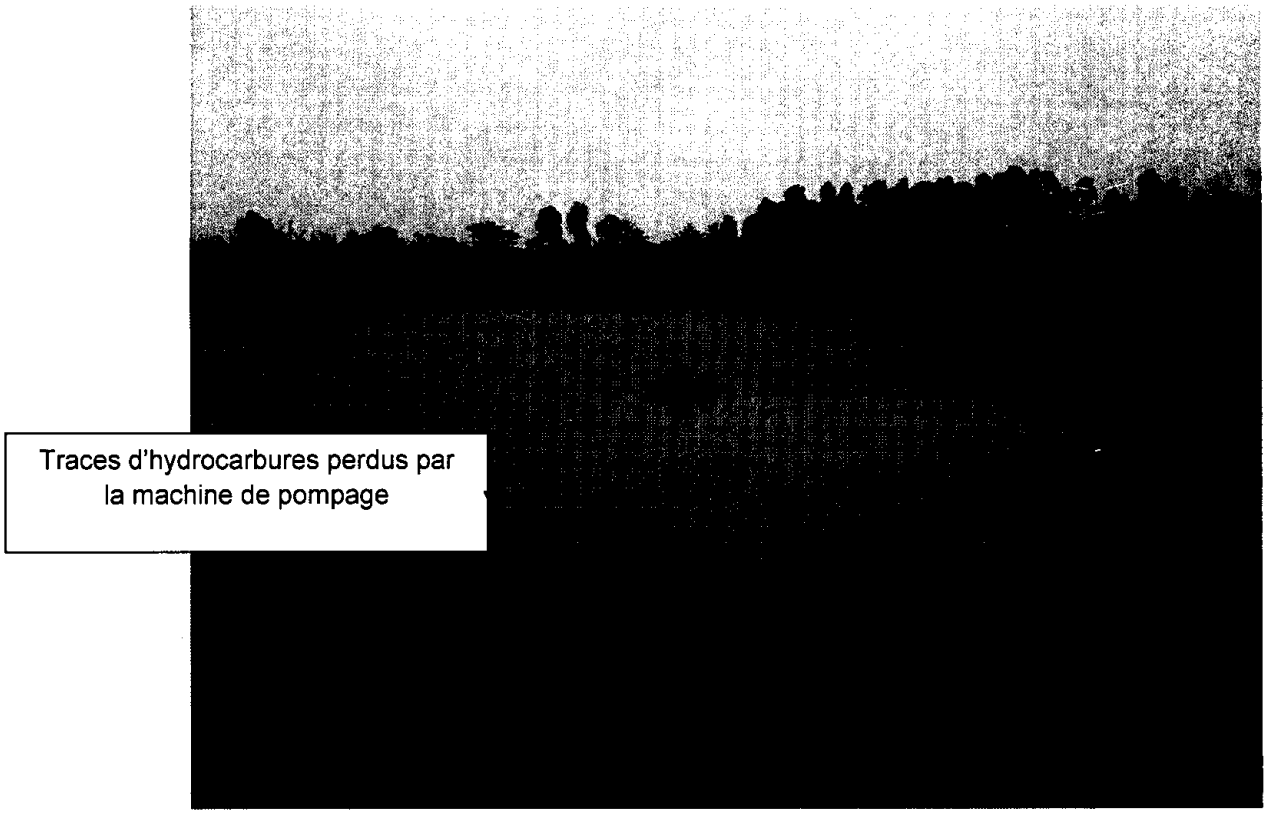


Photo n°34 : Etang d'élevage piscicole vide, en cours de nettoyage

III.5.B.c/ Effluents

Cages et enclos sont responsables de la libération de quantités d'éléments nutritifs dans les rivières qui à leur tour contribuent à la pollution. Le rapide développement de la filière aquacole a entraîné une prise de conscience de la question environnementale ; les effluents issus des fermes aquacoles sont considérés aujourd'hui comme des sources potentielles de pollution de l'environnement bien que très peu d'études sur les impacts réels de ces fermes sur le milieu naturel n'aient encore été menées. Une réorganisation des zones d'aquaculture et une meilleure planification du développement de la filière commencent toutefois à être évoquées. [13] [86]

Nguyen, en 2004, note que la mortalité des poissons-chats élevés en cage, en étang ou en enclos a nettement augmenté ces dernières années, atteignant respectivement environ 27,5%, 6% et 17,4 %, alors que la mortalité en cage en 1995 était de 3 à 5 % seulement. L'augmentation de la mortalité des animaux peut être reliée à diverses causes : augmentation de la densité en poissons, qualité des semences, maladies... mais c'est la détérioration de la qualité de l'eau qu'il considère comme le principal coupable. [13]

III.5.B.c.a/ Système de production en cage

La principale pollution causée par l'élevage de Pangas est due aux rejets alimentaires, qui se retrouvent dans le Mékong. Les rejets sont plus importants en alimentation traditionnelle, souvent préféré dans ce mode d'élevage, par rapport à l'alimentation commerciale. En système cage (ou en système enclos) où l'élevage se fait dans le lit de la rivière, les effluents sont rejetés directement dans l'environnement immédiat, c'est-à-dire dans le fleuve, et ce sans aucun contrôle possible. Cela a été favorisé par un développement peu contrôlé des infrastructures et par l'absence de gestion efficace des différents élevages (alimentation parfois inadaptée, en quantité comme en qualité). De plus, bien que ce type de culture soit aujourd'hui soumis à un développement normalement limité à certaines zones, les règles semblent assez peu respectées. [13] [86]

Les rejets alimentaires, bien que quantitativement les plus importants, ne sont pas les seules sources de pollution de ce système de production. La gestion

des produits vétérinaires et/ou chimiques et de leurs résidus est inexistante, et ces produits se retrouvent directement dans le fleuve. De même, les cages peuvent être responsables de la propagation de maladies (via leur proximité mais aussi via les populations sauvages attirées par les refus alimentaires), peuvent gêner la circulation fluviale ou dégrader les paysages. [13]

Plusieurs études ont été menées pour déterminer les rejets dans l'environnement imputables à l'élevage en cage de Pangas. Le ***tableau 27*** nous donne les résultats de l'étude de Yang et al. , réalisée en 2003. [13] [86]

Description	Azote total	Phosphore total	Matière organique totale	Matière en suspension
Apport total par l'alimentation (en t/an)	416	88	10 706	NA
Total de l'utilisation par les poissons (en t/an)	121	13	1 976	NA
Total des déchets libérés (en t/an)	295	75	8 730	10 978
% perte	70,9	85,2	81,1	NA
Aucune différence significative de la qualité de l'eau n'a pu être mesurée entre les zones de culture en cage, les zones amont et les zones aval (d'après Nguyen et al. 2006)				

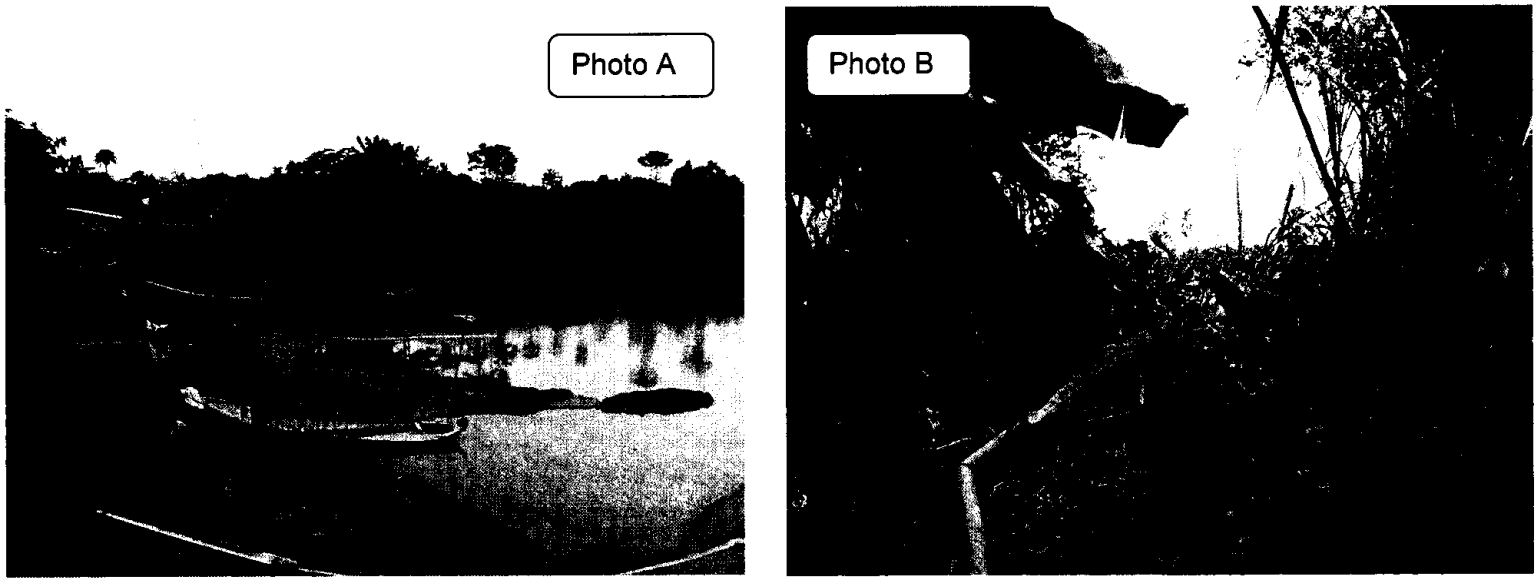
Tableau n°27 : Nutriments utilisés et gaspillés lors d'élevage de Pangas en cage, calculés sur 204 cages dans la province de Dong Thap par Yang et al. en 2003

(d'après [86])

Par extrapolation de cette étude, considérant qu'en 2004 Tran dénombrait 1 872 cages en opération, on comptabilise près de 9 fois plus de rejets sur l'ensemble du delta (1 872 ÷ 204) : environ 2 700 t d'azote, 690 t de phosphore, 80 000 t de matière organique et un peu plus de 100 000 t de matière en suspension auraient ainsi été relâchées dans le Mékong cette année là pour les seules cultures en cage ! [13]

III.5.B.c.β/ Système de production en étang

La plupart du temps, il n'existe pas de système de retraitement des eaux usées issues des étangs. Et même quand il existe (grosses sociétés), ce dernier n'est pas forcément utilisé (contrainte supplémentaire en temps et en main d'œuvre) et n'assure que la vitrine de la société [*cf. photos 35*] ... Ceci est un vrai problème car la production engendre une importante pollution des cours d'eau. [13]



Photos n°35 : Rejet sauvage (photo B) des eaux de pompage d'un étang en fin de production (photo A)

En système étang, les aliments non consommés sont en partie rejetés dans le fleuve via les échanges d'eau, mais la plupart se retrouvent sur le fond des étangs. Le nettoyage a lieu alors entre chaque cycle ce qui donne une certaine quantité de sédiments. La gestion de ces derniers est un problème récurrent en élevage de Pangas. Un grand nombre d'éleveurs utilisent ces sédiments pour renforcer digues et rives entre chaque cycle, une bonne méthode de lutte contre l'érosion et les inondations. [13]

Les eaux usées, non retraitées, se retrouvent la plupart du temps directement dans le canal. Lorsque ce dernier est long, elles peuvent être source de pollution pour les autres étangs, voire même vecteur de maladies d'un étang à l'autre. [13]

Les étangs creusés (non naturels) ont un impact environnemental plus important mais ces zones étant déjà largement dégradées par les activités humaines autres et par la surpopulation, l'impact reste limité. [13]

Le, en 2005, estimait que les nutriments relâchés dans l'environnement par le système de production intensive en étangs s'élevait à 23,2 g d'azote et 8,66 g de phosphore par kilogramme de Pangas produit ! Ceci est à relier avec la très importante production actuelle de Pangas par ce mode de culture. [13]

III.5.B.c.γ/ Système de production en enclos

Ce type de système se retrouve le long des rivières, lorsque les eaux sont considérées comme convenables pour ce type de culture. Les pollutions environnementales sont causées principalement par les résidus alimentaires, particulièrement lors d'alimentation ménagère, et par les différents médicaments ou produits chimiques employés. Cependant, aucune étude sur l'impact environnemental de ce nouveau type d'élevage n'a encore été menée. [13]

III.5.C/ Bilan de l'impact environnemental

L'impact environnemental de la production aquacole est loin d'être négligeable. La bonne santé du fleuve est vitale pour la filière comme pour l'intégralité de la population du delta.

III.5.C.a/ Rejets organiques

La pollution en aquaculture est principalement liée à la gestion des effluents. Actuellement, les effluents sont rarement retraités avant d'être rejetés dans les rivières. De plus, un retraitement n'est possible que dans le

cadre des systèmes de culture en étang, mais reste totalement exclu pour les autres modes de fonctionnement qui sont des systèmes ouverts sur le fleuve. Pourtant, ces systèmes ouverts peuvent accueillir une densité de poissons jusqu'à dix fois plus importante ! De fait, ils produisent beaucoup plus de déchets tant en terme de perte de nourriture que d'excréments. Il convient par ailleurs de noter qu'une alimentation ménagère est moins stable ce qui la rend plus polluante par rapport à l'alimentation industrielle. [13]

Suite à l'utilisation croissante d'engrais pour la riziculture (phosphates et nitrates) et au rejet d'eaux usées chargées en matières organiques (aquaculture), l'écosystème côtier est fortement perturbé : on parle de phénomène d'eutrophisation : l'hypoxie des fonds marins qui en résulte entraîne l'asphyxie du benthos, détruisant la base de la chaîne trophique de l'écosystème. [16]

L'ammoniac, les nitrates et les matières organiques libérés peuvent toutefois être absorbés à des niveaux assez élevés en raison de la forte température de l'eau, et donc de la croissance rapide des consommateurs primaires. Le delta du fleuve Mékong est donc moins à risque que certains réservoirs ou certaines zones côtières. Une étude réalisée par l'université de Can Tho a ainsi montré l'absence de changement significatif dans la composition de l'eau entre l'amont de Chau Doc et l'aval de Can Tho, malgré la présence de pas moins de 5 000 cages entre ces deux points. Une autre étude menée à Dong Thap sur un panel de 204 cages aboutit aux mêmes conclusions (***cf. Annexe 11***). Les déchets sont dilués dans le fleuve. Toutefois, l'impact pourrait se faire sentir si l'intensification non maîtrisée de l'élevage du Pangas continue. [13] [86]

Les boues d'épuration (issues du nettoyage des étangs en fin de cycle) présentent un intérêt réel pour les cultures ou les vergers lorsqu'elles sont utilisées en tant qu'engrais, intérêt principalement dû aux nutriments qu'elles contiennent. [13]

III.5.C.b/ Produits chimiques et pharmaceutiques

Il n'existe pas d'étude sur l'impact environnemental réel de cette forme de pollution. Les produits pharmaceutiques se retrouvent dans l'environnement via les refus, via les rejets de résidus par les poissons traités ou via les eaux traités (écloseries). Les produits chimiques sont rejetés au fleuve directement après

utilisation (produits de nettoyage) principalement par rinçage. Les marchés vietnamiens ne permettent aucune traçabilité révélant la quantité réelle de produits utilisés. [13] [15]

L'impact sur le développement de résistances bactériennes suite à l'utilisation abusive d'antibiotiques a été abordé dans la **partie III.3**. De plus, ces produits entraînent une bioaccumulation. L'homme se situant à l'extrémité de la chaîne trophique, l'accumulation des ces déchets dans les réseaux trophiques met en jeu la santé des consommateurs de produits d'origine aquatique.

III.5.C.c/ Fuites de poissons d'élevage

On assiste à un certains nombre de « fuites » de poissons, lorsque la hauteur d'eau des bassins atteint un niveau trop élevé par rapport aux digues. Pour l'instant, l'impact de ce phénomène est limité, le poisson étant originaire de cette région. De plus, les poissons obtenus en écloseries sont écologiquement et génétiquement proches des souches sauvages, la sélection étant encore balbutiante. Mais les techniques s'améliorant, la sélection de caractéristiques favorables à l'aquaculture pourrait poser des difficultés en cas de fuite. [13] [16]

III.5.C.d/ Contrôles

Dans les faits, la gestion des effluents n'a pas été mise en place et encore moins surveillée. Mais pour envisager un développement de cette filière sur le long terme dans le delta, la question de la qualité de l'eau et de l'environnement est majeure. [13]

Plusieurs mesures ont été proposées par l'EASRD suite à son rapport sur la gestion environnementale :

- toutes les fermes, quel que soit leur système de culture, devraient être enregistrées avec délivrance d'un numéro d'enregistrement. Cela permettrait aux organismes de contrôle et de régulation d'avoir une vue d'ensemble sur le nombre

de fermes aquacoles et sur leur production. Ainsi, en cas de sévère dégradation de l'environnement, un lien pourrait éventuellement être établi entre le nombre de fermes et leur production en un lieu donné, et les dégradations constatées, ceci dans le but de trouver des solutions efficaces pour lutter contre de telles difficultés. [13]

- Une planification rigoureuse du développement des structures aquacoles par les autorités doit être mise en place afin de prévenir toute dégradation future. Il est en effet nécessaire de veiller à ce que les zones d'implantation des fermes aquacoles soient capables d'absorber et diluer les déchets imputables à la production. De même, il est important que ces zones soient situées loin des sources de pollution industrielle ou agricole. [13]

- De plus, des études doivent être menées afin de recycler les déchets comme engrais agricoles. [13]

Une approche plus environnementale de la gestion de l'aquaculture se met petit à petit en place. En effet, aujourd'hui, le consommateur occidental exige une véritable traçabilité de ses aliments, mais aussi une production respectueuse du milieu environnemental, dans une optique de développement durable. L'offre aujourd'hui commençant à dépasser la demande, atteindre de nouvelles niches commerciales permettrait au pays de continuer à développer cette filière. Dans cette optique, de gros efforts sont faits pour atteindre une production dite durable (image de marque) et une bonne traçabilité (image de qualité) : un projet national sur le développement d'une marque « Pangas » a été décidé en 2006 afin d'accroitre la notoriété de ce poisson sur les marchés internationaux. [13]

III.6/ Sécurité sanitaire

En pangasiculture, on distingue trois points critiques pour la sécurité sanitaire du produit fini :

- la qualité du poisson fourni par l'exploitant qui sert de matière première à la réalisation de filets congelés : présence de toxiques, d'antibiotiques, de parasites ou d'agents infectieux

- la qualité sanitaire dans les usines de transformation en filets congelés : contaminations bactériennes, fongiques voire chimiques

- le transport et le stockage avant vente au consommateur final : maîtrise de la chaîne du froid.

Nous étudierons dans cette partie la sécurité sanitaire du consommateur occidental.

III.6.A/ Qualité sanitaire des poissons d'élevage

Antibiotiques et résidus :

En 2001-2002, 72 containers de produits d'origine aquatique ont été refusés à l'entrée dans les pays importateurs à cause de la présence de résidus d'antibiotiques. Le gouvernement vietnamien a alors pris des mesures pour assurer la pérennité de la filière : interdiction de certains antibiotiques, mise en place de contrôles, etc... [83]

La production de Pangas, dont le principal objectif est l'export, est de ce fait contrôlée pour accéder à certains marchés des pays du nord. En 2005, les principaux refus d'importations sur le marché européen ont été causés par la présence de résidus de vert malachite (MG) et de vert leucomalachite (LMG), utilisés notamment comme antifongiques (et notamment contre les saprolégnioses) et comme anti-protozoaires. Depuis, le gouvernement vietnamien a pris des mesures et MG et LMG ont été bannis des élevages exportateurs. Les efforts consentis par les instances gouvernementales et les producteurs depuis

plusieurs années semblent aujourd'hui donner leurs fruits puisque les refus d'importation se font de moins en moins nombreux (***cf. Annexe 12***). Toutefois, tout n'est pas encore parfait ! [51]

En effet, près de 83 % des éleveurs de Pangas utilisent des produits chimiques - médicaments, sans réelle maîtrise. Cependant, ce phénomène est en diminution ces dernières années (Tuan 2004). [13] [83]

La question de l'utilisation d'antibiotiques dans la pangasiculture vietnamienne constitue aujourd'hui un véritable enjeu en termes de qualité et de sécurité alimentaire. Il est de plus très difficile de connaître les substances actives des antibiotiques utilisés dans les élevages. Dans le but de garantir la qualité et la sécurité de la production, le Ministère des pêches vietnamien a émis une liste de produits chimiques et de médicaments qui sont autorisés, à usage limité ou interdits en aquaculture. En 2002, dix antibiotiques étaient interdits d'usage ; le vert de malachite est ajouté à la liste en 2003. En 2005, dix-sept antibiotiques sont interdits et trente-quatre ont une autorisation d'utilisation limitée. [13] [40]

Malgré les interdictions d'utilisation, Chinh (2005) a montré qu'en 2005, 30% de l'intégralité des poissons produits et 15,6 % des échantillons de poissons récoltés contenaient des résidus de vert malachite. En 2004, 13,3% de la production totale de poissons et 4,67% des échantillons de poissons récoltés dans les provinces de Can Tho et d'An Giang contenaient des résidus de quinolones. Des résultats récents mettent en évidence des antibiorésistances nouvelles de la flore bactérienne isolée à partir de poissons d'élevage (et même de poissons sauvages), ce qui laisse supposer une mauvaise maîtrise de la gestion sanitaire des élevages (Hatha et Vivekanandan 2005, Phuong et al. 2005, Starter et al. 2006). L'achat de produits médicamenteux pour poisson constitue ainsi le troisième poste des coûts de production (**cf. partie III.4**) ! Qui plus est, la notion de temps d'attente en antibiothérapie n'est pas toujours maîtrisée par les éleveurs. [13] [28] [59]

Ceci reste donc un problème d'actualité pour les pouvoirs publics, afin d'assurer la sécurité sanitaire des produits et de rassurer les importateurs des pays du nord. Des contrôles renforcés, par les instances compétentes, sont donc peu à peu mis en place. [13]

Ajoutons qu'une partie des produits utilisés se retrouve dans les eaux du fleuve, ce qui a un effet aussi bien pour la qualité des eaux et la santé de l'environnement (incluant les poissons sauvages) que pour la santé des habitants de la région. [13]

Parasites :

La présence de parasites transmissibles à l'homme dans les filets de pangas représente un danger sanitaire pour le consommateur. Quelques exemples (non exhaustifs) illustrent ce principe :

- la clonorchiase (ou petite douve de Chine) est présente au Vietnam : c'est une maladie humaine (hôte définitif) imputable à une infestation par des trématodes de la famille des opsitorchidae suite à la consommation de poisson insuffisamment cuit. La prévalence des parasites chez le poisson était majorée lors de l'élevage de poissons en étang à latrine. Toutefois, on retrouve encore des métacercaires zoonotiques avec une prévalence de 10,3% chez les espèces sauvages. Chez *P. hypophthalmus*, une étude de Thu et al. a démontré la présence de métacercaires chez 2,6% des poissons testés, dont 0,7% pour la principale espèce zoonotique, *Haplorchis pumilio*. [80]

- l'anisakiose causée par des nématodes capables de s'enkyster dans le filet de pangas, comme *Hysterothylacion fuvatile*. [89] [92]

Fort heureusement, la plupart des parasites sont éliminés par une cuisson correcte du filet de poisson.

Toxiques :

Les toxiques retrouvés chez les poissons peuvent avoir diverses origines. Toutefois, la principale source de contaminants reste l'eau. Afin de parer à ces difficultés, le MRC a mis en place des structures de surveillance de la qualité des eaux tout le long du fleuve (***cf. Annexe 10***). En cas de problème, cette dernière prévient les instances nationales qui prennent alors les mesures appropriées. [14] [53]

Toutefois ces structures ne prennent pas en compte les pollutions très localisées (marchés, villes, usines, rizières, etc...) d'où l'importance du choix de l'emplacement des structures aquacoles. [13] [19]

L'alimentation est également une source de toxiques selon le principe de bioaccumulation. Une étude de Viet et al. montre que la contamination de l'environnement vietnamien par les organochlorés et les perturbateurs endocriniens se révèle similaire à ce qui existe dans les pays industrialisés ! Ces toxiques ont été retrouvés chez les poissons sauvages ou chez les oiseaux. Une étude de Minh et al. sur l'alimentation commerciale pour pangas (aussi bien

d'origine vietnamienne que hollandaise ou américaine) a mis en évidence la présence de divers contaminants qui se retrouvent chez le pangas : DDTs (dichloro-diphényl-trichloro-éthane et assimilés) et PCBs (polychloro-biphényl et assimilés) principalement. Dans une bien moindre mesure : CHLs (chlordanes et assimilés), PBDEs (polybromo-diphényl-éther et assimilés), HCHs (hexachloro-cyclohexane et assimilés) et HCB (hexachloro-benzène). Cette étude met en exergue l'importance de la bioaccumulation des substances toxiques par le poisson, d'où le risque accru pour la santé du consommateur. [49] [85]

La teneur en ces toxiques est par ailleurs significativement supérieure pour les poissons élevés à proximité des décharges municipales ce qui met en évidence le transport des toxiques par les eaux de ruissèlement. Cette étude montre donc également l'importance du choix de la zone d'implantation des fermes. [49]

Il existe des pollutions au sein même de l'élevage (hydrocarbures et produits chimiques notamment) : seule une sensibilisation des éleveurs permet une lutte efficace contre ces difficultés.

De façon générale, la politique de police sanitaire est aujourd'hui bâtie sur le principe que c'est la dose qui fait le poison. Des seuils sont établis et le produit retiré du marché lorsque ces derniers sont dépassés. Mais il n'est jamais tenu compte des interactions entre les différents toxiques... [14]

III.6.B/ Usines de transformation

Le développement rapide du marché s'est accompagné d'un fort développement de l'offre et donc de l'arrivée importante de capitaux qui ont permis un développement des structures au Vietnam, dans le respect des normes internationales d'hygiène exigées pour pouvoir intégrer les marchés des pays du nord. Le gouvernement vietnamien fait de gros efforts en ce sens pour promouvoir sa production en édictant des normes et en les faisant appliquer. [13]

Aujourd'hui, pour exporter vers l'Europe, les usines de transformation doivent être agréées après une inspection minutieuse réalisée par des fonctionnaires des pays membres. L'usine doit respecter les mêmes règles sanitaires que les établissements européens et doit subir les mêmes inspections

régulières. Un plan de maîtrise des risques (HACCP) avec autocontrôles est indispensable.

III.6.C/ Conclusions

Les règles de sécurité alimentaire sont appliquées, et contrôlées par les services de l'état pour garantir aux instances mondiales (et notamment européennes) la qualité de la production de Pangas et pouvoir exporter en masse vers ces marchés juteux. C'est le rôle de « la Direction nationale de l'assurance-qualité des pêches et des services vétérinaires du ministère des Pêches du Vietnam ». Un suivi et un contrôle de la qualité des semences, des aliments, des produits chimiques et des médicaments ont été mis en place et se renforcent, selon les demandes des marchés et les choix politiques du gouvernement. Par exemple, le gouvernement canadien a exigé la mise en place de mesures spécifiques pour s'assurer de l'absence (non dépassement de seuils) de résidus de vert malachite et leucomalachite, de chloramphénicol et de nitrofurane, grâce à des échantillonnages réalisés au Vietnam par les autorités compétentes (ce qui n'exclut pas les contrôles des autorités sanitaires canadiennes). ([109]

L'Union Européenne se prémunit également par une réglementation très précise. Contrairement aux Etats Unis, l'UE ne se limite pas à des analyses des produits à l'arrivée mais elle envoie ses inspecteurs directement sur le terrain. Les inspections rigoureusement réalisées permettent la délivrance d'un agrément pour l'exportation. Une véritable traçabilité est exigée. Un suivi de tous les résidus prévus par la loi (directive 96/23 notamment) est assuré par l'autorité compétente du pays, dont le sérieux est contrôlé par les services communautaires. Les produits exportés vers l'UE sont donc aussi sûrs que ceux produits en son sein. Par exemple, **l'annexe 13** présente les teneurs maximales en dioxine et PCB autorisées dans les chairs de poissons. Les doses autorisées pour l'export sont les mêmes que celles autorisées en Europe. Il ne semble pas y avoir de problème de résidus d'agent orange, ce que l'on aurait pu craindre compte tenu de l'histoire du pays. Par ailleurs, les nouvelles dispositions de la législation (paquet hygiène) se sont appliquées de la même manière que dans les structures françaises le 1er janvier 2006. [3] [13] [34] [50] [109]

Malheureusement, cette politique protectionniste a également ses revers : elle crée une industrie à deux vitesses : d'un côté de grandes et moyennes entreprises qui sont attentives à respecter les exigences de marchés mondiaux et qui cherchent à s'améliorer en permanence, d'un autre des structures plus petites, qui font face à de nombreux problèmes et se voient refuser l'accès aux marchés les plus juteux. L'impact ambivalent du commerce international sur la sécurité sanitaire est résumé dans l'**annexe 14**. [19] [37]

Conclusions sur la pisciculture intensive via l'exemple pangasicole

La pangasiculture, modèle de la réussite de la pisciculture, présente une diversité dans ses systèmes de culture, diversité représentative de ce que l'on peut retrouver dans le delta du Mékong quelle que soit l'espèce considérée. On trouve ainsi des systèmes traditionnels intensifs (cages) ou extensif (étangs « à latrine »), des systèmes plus modernes plus ou moins intensifs (étangs, enclos, etc...). La majeure partie de la production, celle que l'on retrouve sur les marchés mondiaux, et notamment en France, est issue de productions intensives modernes (étangs, enclos) afin d'assurer un rendement maximum, et de satisfaire les exigences qualitatives des différents clients.

Pourtant, ces systèmes de production se révèlent très défavorables sur certains aspects :

→ Aspect social : ces systèmes nécessitent de forts investissements favorisant les investisseurs plus aisés au détriment des agriculteurs traditionnels qui se voient refuser les marchés les plus juteux par manque de moyens (alimentation industrielle, étangs artificiels, etc...)

→ Aspect environnemental : autant le système traditionnel d'élevage en étang « à latrine » s'avère présenter un excellent bilan écologique, autant le système intensif se révèle très nuisible pour l'environnement. Il en est de même pour le système d'élevage en cage où l'intensification de la production et l'augmentation du nombre de cages crée un risque fortement accru pour l'environnement. De plus, la monoculture intensive nécessite toujours plus de produits vétérinaires dont les résidus se retrouvent dans le milieu naturel.

→ Aspect pathologique : la grande concentration en Pangas, la proximité des différents élevages, le non traitement des effluents crée un risque majeur d'épizootie pouvant anéantir toute la filière. Cette crise est attendue par les professionnels bien que non encore identifiée.

→ Aspect énergétique : les besoins importants en « poissons-déchets » induisent un bilan énergétique lourd.

Il existe pourtant dans le delta du Mékong un autre système d'élevage assez répandu qui ne présente pas tous ces inconvénients. C'est un système de production piscicole tout à fait particulier, issu d'une longue tradition agricole améliorée par des techniques agronomiques et zootechniques modernes, exemple de développement durable, particularité du delta du Mékong vietnamien par rapport au « Bas Bassin du Mékong » (LMB) (**cf. carte annexe 2**) : la rizipisciculture.

IV/ Exemple d'un système de production traditionnel intégré à son milieu : la rizipisciculture

La combinaison riziculture et pisciculture est très ancienne en Asie du Sud-est, puisqu'on la trouvait déjà il y a plus de 2000 ans dans certaines régions. On peut donc la considérer comme la première forme de pisciculture développée dans le delta du Mékong. La FAO définit ainsi la rizipisciculture : « La rizipisciculture est l'élevage de poissons dans une rizière en même temps que la culture du riz ». C'est une formidable adaptation de l'agroforesterie aux écosystèmes agricoles d'Asie du Sud-est. Basée en effet sur l'intégration des produits et des déchets agricoles, elle est un exemple de réussite agronomique. Elle permet ainsi une valorisation de l'eau que contient la rizière. De plus, cette association offre de nombreux avantages pour le maintien d'une haute production rizicole tout en permettant l'élevage des poissons, bien qu'elle nécessite une diminution en surface de riz cultivé à cause des aménagements spécifiques indispensables. Cette forme d'élevage assure ainsi à l'agriculteur une diversification de sa production et une source de protéines dans une alimentation basée sur le riz. [18] [25] [64]

La pression démographique croissante, la diminution des stocks de poissons à l'état sauvage et l'industrialisation de la production qui a favorisé une monoculture basée sur des variétés de riz à haut rendement associée à l'utilisation de pesticides et d'herbicides (toxiques pour le poisson) ont fait reculer cette association culturale. C'est seulement au cours des années 1980 à 1990 que la rizipisciculture a connu un renouveau, face aux problèmes liés à l'utilisation massive de produits phytosanitaires. Elle permet de plus de favoriser des espèces de poissons autochtones au lieu des espèces élevées industriellement. [25] [64]

La rizipisciculture présente en outre l'avantage d'accroître les rendements rizicoles (en moyenne de 10%) tout en fournissant à l'éleveur un revenu complémentaire pour une mise en œuvre relativement peu coûteuse. En effet, la récolte de riz, malgré la diminution de la surface repiquée, reste la même ou augmente par rapport aux systèmes culturaux non intensifs (2 à 3t/ha). Cela est permis par les actions bénéfiques des poissons qui assurent une diminution des mauvaises herbes, une bonne fertilisation, une meilleure oxygénation du sol et une action équivalente au binage qui favorise le tallage de la plante. Toutefois, les cultures intensives (avec trois récoltes par an), très gourmandes en engrais et produits phytosanitaires, conservent un meilleur rendement (respectivement

pour les trois récoltes : 6, 4 et 3t/ha). C'est pourquoi on retrouve préférentiellement le système rizipiscicole dans les zones périphériques du delta, où les variations de salinités (cf. partie I.2.B) interdisent les productions intensives. [25] [64]

Enfin, ce système s'intègre parfaitement dans le besoin actuel de trouver de nouvelles techniques d'exploitation agricole dites durables. Beaucoup d'instituts de recherche et d'organismes d'aide reconnaissent aujourd'hui l'importance de ce besoin et nombre de grands travaux de recherche sont en cours dans les rizières des paysans et dans les stations de recherche (FAO, AIT, GTZ, OXFAM, UNDP, IDRC, IRD, CIRAD, etc...). [25] [64]

IV.1/ Système riz-poisson

Paramètres	Fourchette normale	
	Riz	Poisson
Profondeur de l'eau	Au minimum : saturation du sol sans inondation. A l'idéal : Inondation contrôlée, débutant à 3 cm de hauteur d'eau et jusqu'à 15 cm autour du 60ème jour. Vidange totale de la rizière 1 à 2 semaines avant la récolte *(Singh et al. 1980)*	0,4m à 1,5m pour les juvéniles 0,8m à 3m pour l'engraissement *(Pillay 1990)*
Température	Des températures (de la terre ou de l'eau) jusqu'à 40°C, ainsi que des fluctuations allant jusqu'à 10°C en 24h n'ont apparemment aucun effet nocif.	25 – 35 °C pour les espèces d'eau tempérée. La stabilité des températures est préférable. En dehors des valeurs normales de température, l'alimentation des poissons diminue. Les besoins métaboliques des poissons doublent lorsque la température augmente de 10°C.
pH de l'eau	Neutre à alcalin	6,5 à 9,0 *(Boyd 1979)*
Oxygène de l'eau	Important lors du stade de développement des radicelles.	De préférence proche de la saturation (5,0 – 7,5 ppm selon la température).
Ammoniac	Généralement on trouve des concentrations importantes en ammoniac juste après la fertilisation.	L'ammoniac non ionisé est hautement toxique. La forme ionisée ne présente pas de danger.
Transparence et turbidité	Aucune importance	Importance pour la croissance de l'alimentation naturelle. Un niveau trop élevé de particules en suspension peut entraîner une atteinte respiratoire.
Période de culture	De 90 à 160j selon les variétés	De 120 à 240j selon les espèces et selon les besoins du marché.

Tableau n°28 : comparatif des besoins en riziculture et en pisciculture concernant les principaux paramètres physico-chimiques du milieu
(d'après [25])

Une rizière est d'abord conçue pour la production de riz. Par conséquent, ces conditions ne sont pas optimales pour les poissons [*cf. Tableau n°28*]. Par exemple, une inondation permanente n'est pas nécessaire à la bonne santé du riz, un sol saturé en eau peut s'avérer suffisant. Les périodes de culture sont également différentes (assèchement des rizières avant récolte). [25]

Le rapport entre les formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de l'ammoniac est fortement dépendant du pH du milieu. La forme NH_3 est particulièrement toxique pour le poisson, alors que la forme ionisée ne l'est pas. Ainsi la concentration en NH_3 augmente d'un facteur de 10 lorsque le pH augmente d'une unité, entre les valeurs 7 et 9. La concentration en ammoniac sous sa forme non ionisée peut donc être responsable de la mort des poissons lorsque le pH du milieu augmente vers de fortes valeurs, ce qui est notamment le cas lors de l'utilisation d'engrais riches en azotes. [25]

Pourtant, on observe une certaine corrélation des milieux de vie. Certains aménagements spécifiques associés à des pratiques culturales « écologiques » (utilisation limitée d'engrais et de produits phytosanitaires) permettent de faire cohabiter poissons et riz. On perçoit ainsi toute la fragilité de cet écosystème dépendant de l'action de l'homme. Cet environnement a ainsi été décrit comme un « environnement aquatique temporaire » (Roger 1996). [25]

IV.1.A/ Une pisciculture adaptée aux cultures rizicoles

IV.1.A.a/Approche simplifiée de l'écosystème

La riziculture, de par son biotope particulier (« les pieds dans l'eau et la tête au soleil ») donne naissance à un écosystème caractéristique, à l'origine d'une grande biodiversité dans l'eau comme dans le sol (589 espèces différentes ont été recensées en 1979 dans un champ de riz par Heckman). [25]

Les engrais utilisés pour la culture apportent des éléments nutritifs inorganiques, de l'azote et des sels minéraux, indispensables au développement des végétaux. La flore (dont le riz) s'accommodera de ces éléments en s'appuyant sur la photosynthèse (et donc l'énergie solaire) pour produire sa matière organique. Mais cela est aussi le cas pour le phytoplancton et les algues qui se développent conjointement à la culture rizicole. Le zooplancton, quant à lui,

assoit son développement sur le phytoplancton et sur les algues microscopiques. La chaîne alimentaire se met alors en place jusqu'aux plus gros poissons qui se nourriront soit de plantes, soit d'algues, soit de phytoplancton ou de zooplancton, soit d'invertébrés ou de plus petits vertébrés [*cf. figure 14*]. [1] [29] [72]

Les bactéries, pour leur part, permettent un recyclage des matières organiques issues de diverses décompositions ou de déjections, les transformant en éléments nutritifs simples, disponibles pour le reste de l'écosystème. [1] [29]

L'apport de matières organiques dans l'écosystème peut être majoré par l'action de l'homme, grâce à la présence d'une compostière (**cf. IV.1.B**). [36]

On perçoit ainsi les interconnexions nombreuses de cet écosystème et son réseau trophique complexe. Cet environnement est tout à fait approprié pour le poisson à condition de respecter certaines règles (**cf. IV.1.B**). Par leur action synergique, les poissons vont même optimiser les rendements de la culture. [25] [29]

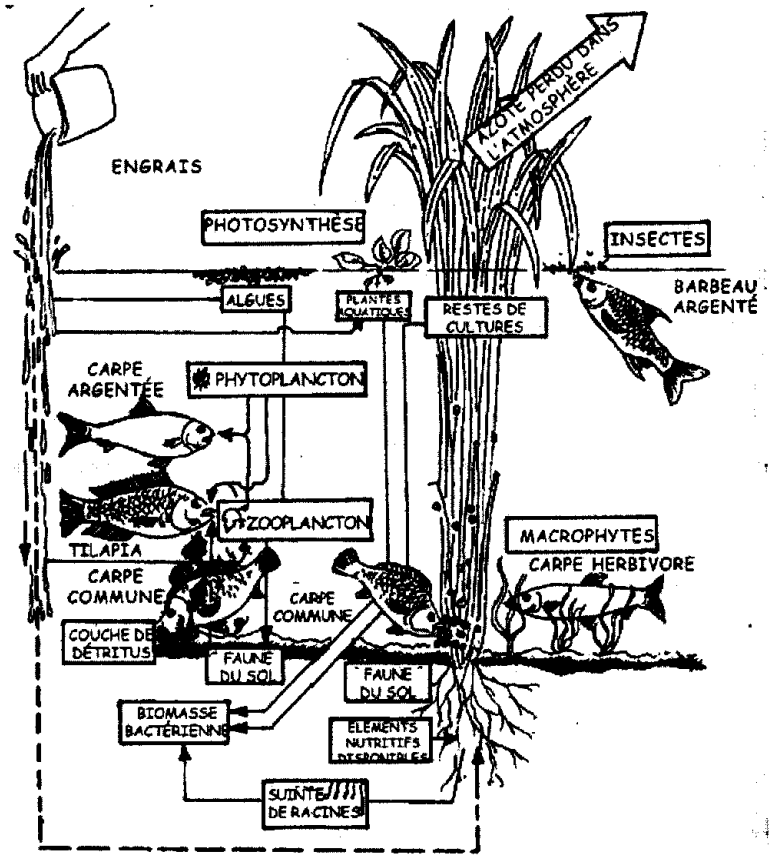


Figure n°14 : Composantes de l'écosystème rizipiscicole
(d'après [1])

On distingue ainsi 4 voies par lesquelles les poissons ont une action favorable directe sur le milieu. On assiste premièrement à une fertilisation du sol via les fèces des poissons (ou via la décomposition des individus morts) d'où une réduction des besoins en engrais. Deuxièmement l'activité mécanique des poissons (par leur nage, leur recherche de nourriture dans le sol) induit la libération d'éléments nutritifs qui y sont fixés. Troisièmement par l'aération de la couche superficielle de la couche vaseuse aussi bien que de l'interface air/eau grâce aux mouvements effectués lorsqu'ils sont en quête de nourriture, ils favorisent le processus de décomposition aérobie, assurant ainsi la remise en circulation rapide d'éléments nutritifs. Enfin les poissons permettent un recyclage des éléments nutritifs en absorbant la biomasse photosynthétique ou les autres composantes de l'écosystème. [25] [29] [40] [64]

Toutes les variétés de riz peuvent théoriquement être employées en rizipisciculture. Toutefois, certaines se prêtent mieux que d'autres à cette production, et notamment des variétés qui endurent bien les eaux profondes (par opposition à celles préférant les eaux basses). De plus, il est nécessaire d'attendre que le riz soit bien établi avant l'empoissonnement, et d'adapter la taille des poissons avec celle des cultures : de petits alevins (environ 2,5 cm de long) peuvent être empoissonnés tout de suite après le repiquage sans risque de dommages pour les cultures, mais ce n'est pas le cas pour des poissons plus gros.

Le schéma ci-dessous [*cf. figure 15*] résume de façon simplifiée les principaux flux d'énergie dans le système rizipiscicole. [25] [29]

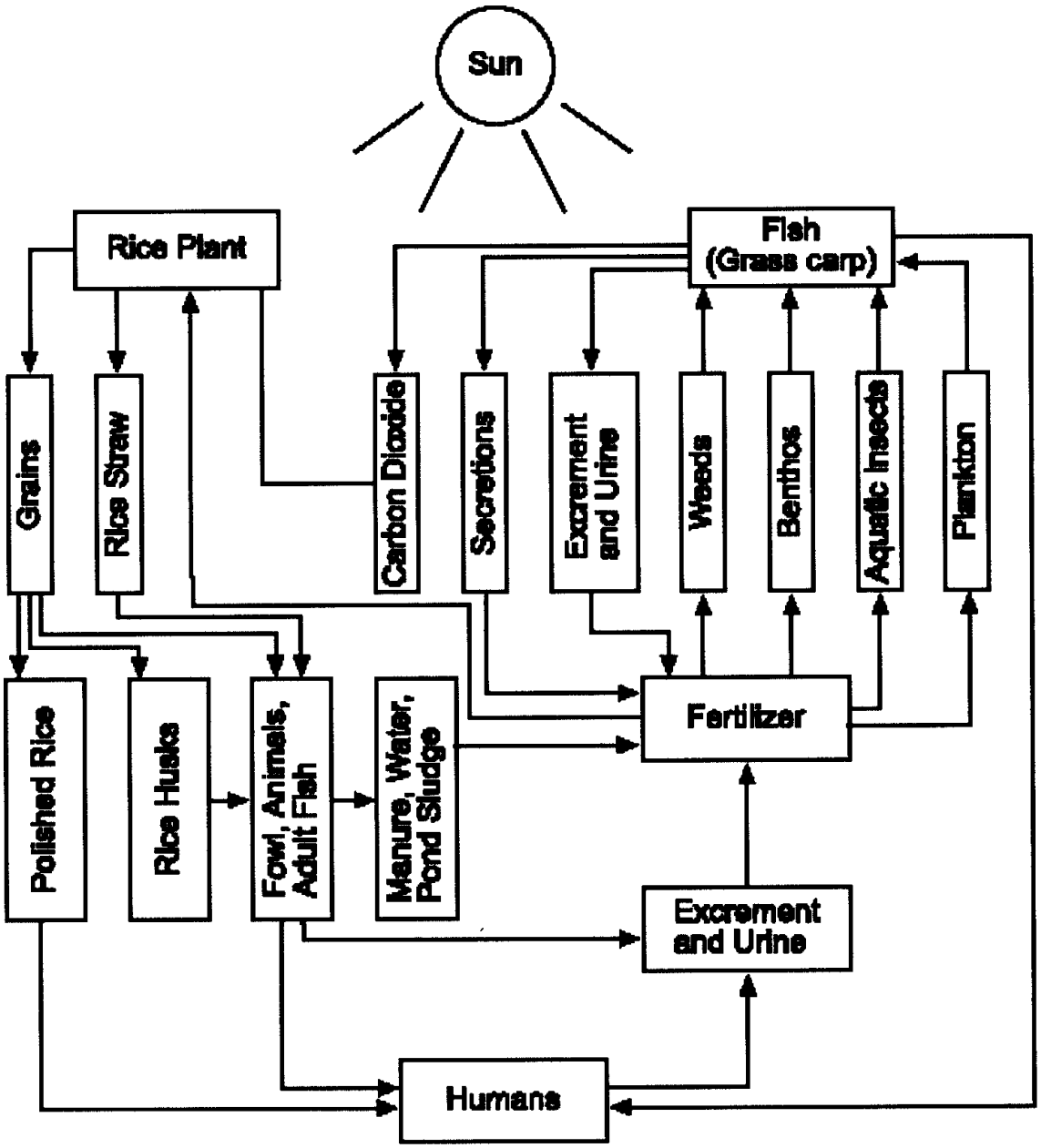


Figure n°15 : Schéma récapitulatif simplifié des principaux flux d'énergie dans l'écosystème rizipiscicole

(d'après Nhi et Wang 1995 cités par [25])

Si l'on s'intéresse plus spécifiquement à l'action bénéfique du poisson sur la culture rizicole, il apparaît que ce dernier a une action non négligeable sur le cycle de l'azote. Il a ainsi été montré qu'une rizière empoissonnée a une plus grande capacité à produire et capturer l'azote, en comparaison avec un système en monoculture. De plus, les poissons participent à la conservation de l'azote en diminuant l'activité photosynthétique (par consommation de la biomasse aquatique photosynthétique et par augmentation de la turbidité) ce qui permet de garder un pH bas et de limiter la volatilisation de l'ammoniac. (Les pertes en azotes estimées par volatilisation de l'ammoniac peuvent atteindre 60% de l'azote appliqué en rizière). [25]

Par contre, les poissons ont une action contradictoire sur le cycle du phosphore. Ce dernier est souvent une limitante en production rizicole. D'un côté, par leur action mécanique de fouille des fonds de rizières, les poissons augmentent la porosité du sol, donc la capture du phosphore par ce dernier et sa mise à disposition pour les plantes. D'un autre côté, les poissons consomment les oligochètes qui ont un rôle majeur dans l'augmentation de la porosité du sol. Leur action directe est donc très relative. Toutefois, le rejet de phosphore dans leurs excréments favorise l'enrichissement du sol (via la dégradation assurée par les oligochètes, les ostracodes et les larves de diptères). On peut donc conclure qu'ils ont une action limitée sur le phosphore. [25]

Ajoutons que les poissons se nourrissent de certains prédateurs nuisibles pour le riz, comme les ampullaires dorées (*Pomacea bridgesi*) ou certaines mauvaises herbes. Enfin, les poissons peuvent contrôler les populations d'insectes qui détruisent les plants de riz lorsque ceux-ci tombent à l'eau (via les effets mécaniques naturels (vent) ou anthropiques (submersion des plants) (**cf. partie IV.2.B.c**). [25] [29]

On estime en moyenne une augmentation des rendements rizicoles en système combiné de l'ordre de 10%, mais elle s'accompagne d'une diminution de la surface cultivée pour mettre en place les infrastructures particulières à cette production (**cf. partie IV.1.B**). Au final, les gains réels en production rizicole sont assez faibles, mais l'on dispose d'une production piscicole supplémentaire. [25] [64]

IV.1.A.b/ Riziculture et poissons

On rencontre fréquemment dans les rizières de nombreux poissons sauvages, dont le développement est favorisé par un stockage de l'eau tout au long de la période cultivée, la rizière leur servant alors d'habitat/refuge. Ils arrivent généralement dans les rizières durant la saison des pluies, à partir de la rivière, du canal ou de la rizière voisine. Lors de la baisse des niveaux d'eau des terres inondées, les poissons se retrouvent piégés dans les zones les plus déclives des rizières : il suffit alors de les pêcher. D'autres espèces aquatiques sont également pêchées et utilisées comme source de protéines par les agriculteurs : les grenouilles, crabes et autres crevettes... [25] [29] [64]

IV.1.B/ Système de production rizipiscicole

Face à la diminution des stocks de poissons à l'état naturel, face à la pollution des eaux due à l'utilisation massive de produits phytosanitaires, face à la pression démographique croissante, la rizipisciculture apparaît aujourd'hui comme une solution alternative très intéressante, afin de répondre aux besoins en protéines des populations locales, afin d'accroître le revenu des paysans mais aussi de part sa grande qualité environnementale. Elle nécessite toutefois des aménagements particuliers, que nous allons détailler ici [*cf. Figure 16*].

Figure n°16 : Schéma d'un système rizipiscicole en cours de production
(d'après [20])

La mise en place technique de ce système à partir d'une rizière est assez simple :

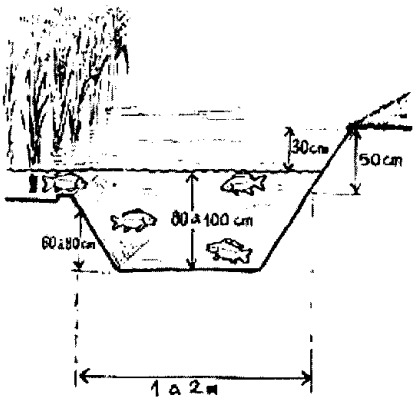


Figure n°17 : Etang refuge
(d'après [36])

1/ Mise en place d'un bassin, l'étang refuge, qui servira, comme son nom l'indique, de refuge aux poissons en période de plantation, de récolte ou quand l'eau devient rare [*cf. Fig. 17*]. Ceci permet de garder le poisson vivant même en période sèche. La superficie de l'étang refuge doit être d'environ 5 à 10% de la surface totale de la rizière (ainsi sa profondeur doit être d'au moins 60 à 80 cm et sa largeur de 1 à 2 m ; pour une petite rizière, 60 cm de profondeur et 1 m de largeur pourraient suffire, mais pour une grande rizière, les dimensions seront respectivement de 80 cm et 2m). [36] [74]

Il existe différentes dispositions des étangs refuges par rapport à la rizière [*cf. Fig. 18*]. Aucun système n'est a priori préférable, il dépend principalement de l'environnement immédiat de la rizière et du choix de l'éleveur. Cette disposition (A) permet un accès facile pour les poissons, mais moins pour l'éleveur. De plus, le retrait des déblais demande de plus gros efforts. Cette configuration (B) est recommandée pour des terrains très plats et pour des champs de grande taille. La construction est plus longue. Par ailleurs, l'accès des buffles à la rizière est plus délicat. Enfin, la figure (C) décrit la configuration recommandée soit pour des parcelles en pentes, soit pour des parcelles planes mais de taille inférieure à 0,5 ha. Toutefois, ces règles ne sont pas toujours appliquées et les résultats ne semblent pas en pâtir pour autant. [74]

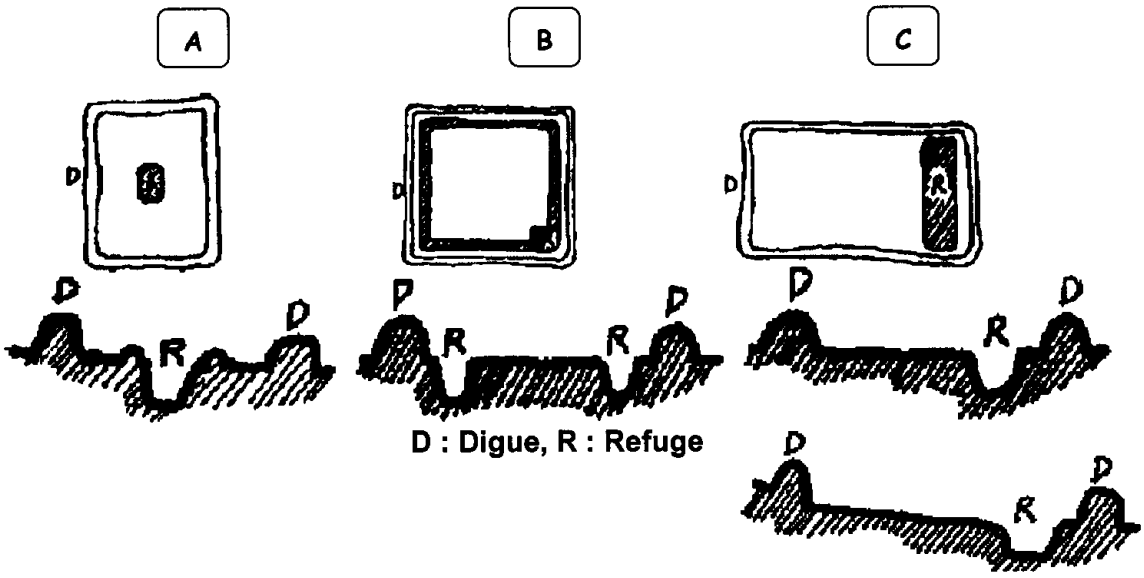


Figure n° 18 : Différents types d'aménagements rizipiscicoles
(d'après [74])

2/ Rehaussement des diguettes [*cf. Fig. 19*] sur le pourtour de la rizière, à la fois pour une meilleure gestion des eaux et pour éviter les fuites des poissons ; les matières d'excavation obtenues par la création de l'étang refuge peuvent être employées à ces fins. La plantation de légumes ou d'arbres fruitiers sur ces zones exondées permet de fertiliser la rizière. [36] [74]

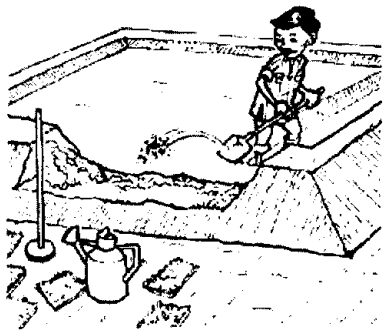


Figure n°19 : Rehaussement des diguettes
(d'après [36])

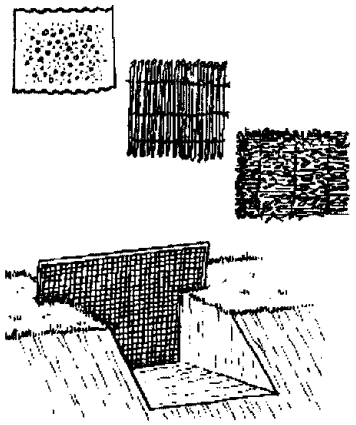


Figure n°20: Modèle de grilles pour la gestion des flux d'eau
(d'après [36])

3/ Mise en place d'un système permettant une parfaite maîtrise de la hauteur d'eau (entrée et sortie d'eau), et protégeant également la rizière de l'entrée de prédateurs (grille à l'entrée) et de la fuite des poissons (grille à la sortie) [*cf. Fig. 20*]. L'inclinaison des grilles ainsi qu'un nettoyage régulier (chaque jour) permettent d'éviter à celles-ci de se boucher. Différents systèmes coexistent [*cf. Fig. 21*]. L'emploi de tuyau en bambou, en bois ou en PVC pour l'alimentation est fréquente, mais l'entrée doit en être protégée (figure A). Très souvent, le déversement se fait par un simple trou dans la digue, protégé par un écran en bambou ou tout autre matériel (figure B). La figure (C) représente un système utilisé en Thaïlande permettant en plus d'attraper des poissons sauvages. Figure (D) : un système de sortie d'eau classique. [36] [74]

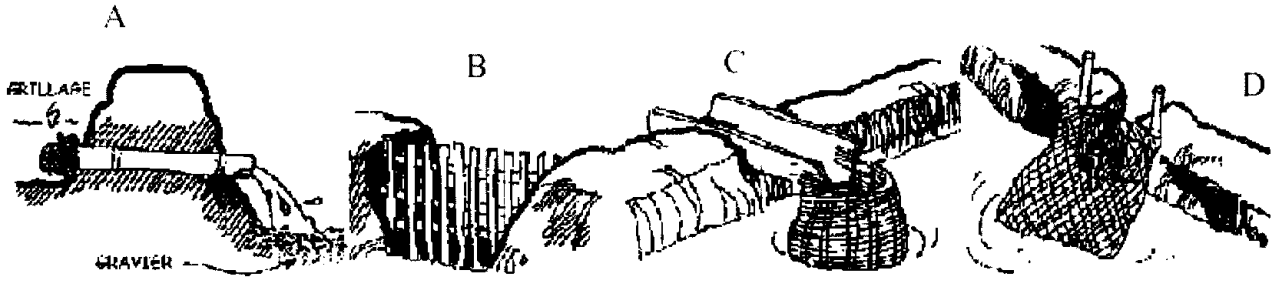


Figure n°21 : Différents modes de vidange et d'alimentation
(d'après [74])

On peut ajouter une compostière dans l'étang refuge [*cf. Fig. 22 et 23*] qui servira à augmenter les apports en matière organique, favorisant le développement de nourriture naturelle pour les poissons via les réseaux trophiques de l'écosystème. Tous les types de débris végétaux et de matières d'origine animale peuvent ainsi entrer dans sa composition. De plus, sur les talus séparant les rizières, la culture d'arbres fruitiers peut se révéler d'un grand intérêt, les déchets fertilisants naturellement la rizière. [36] [72] [74]

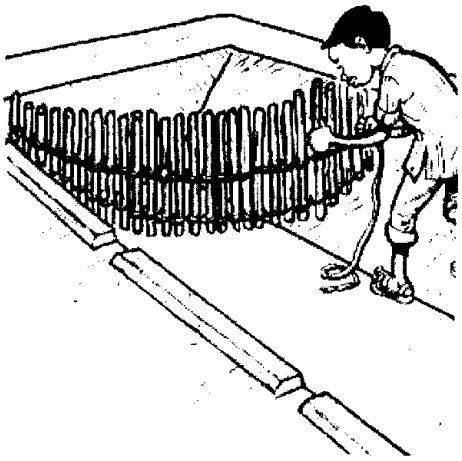


Figure n° 22 : Création d'une compostière dans l'étang-refuge
(d'après [36])

Figure n°23 : Remplissage de la compostière
(d'après [36])

Figure n°24 : Relâche de poissons
(d'après [23])

L'introduction des alevins ne se fait qu'après la plantation du riz. Le transport des alevins et l'empoissonnement doivent être réalisés avec le plus grand soin, les alevins étant particulièrement fragiles. Les méthodes de transport doivent donc être adaptées aux espèces (contenant, densité, renouvellement de l'eau selon la durée du transport, oxygénation, etc…). De même, les alevins sont très sensibles aux variations de température. Il faut donc préalablement mélanger doucement les eaux de la rizière avec celles utilisées pour le transport des alevins, jusqu'à l'équilibre des températures [*cf. Fig. 24*]. On peut alors lâcher doucement les poissons, simplement en immergeant leur récipient de transport (les laissant sortir seuls). Après trois semaines environ, une fois les plantations bien établies, on laisse les poissons pénétrer dans les rizières. [23] [36] [76]

Des compléments alimentaires peuvent être ajoutés selon les conditions locales, les moyens mis en œuvre, les espèces utilisées, les rendements espérés, etc… Les poissons seront récupérés dans l'étang refuge après assèchement de la rizière [*cf. Fig.25*]. La ***figure 26*** nous présente une rizière correctement aménagée pour la production rizipiscicole, selon les critères énumérés ci-dessus. [36]

Figure n°25 : Récolte des poissons
(d'après [36])

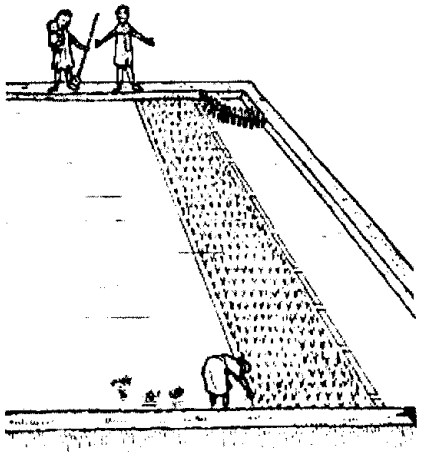


Figure n°26 :Rizière bien aménagée pour la rizipisciculture
(d'après [36])

IV.2/ Gestion du système rizipiscicole

IV.2.A/ Espèces cibles

Les espèces de poissons élevés en rizipisciculture sont choisies en fonction de la nourriture disponible dans la rizière, mais aussi de leur écologie, de la facilité à se procurer des alevins ou des besoins du marché. [29] [66]

Par exemple, le Tilapia présente un rythme de croissance particulièrement élevé et se révèle peu exigeant quant aux conditions de vie. De plus, cette espèce se reproduit très facilement. Toutefois, la reproduction peut engendrer surpeuplement et faible croissance. En outre, certains fermiers n'aiment pas son goût et se plaignent du fait qu'il entre en compétition ou éloigne d'autres espèces plus désirables. Les *Cyprinidés*, comme la Carpe commune, ont une bonne qualité éco-biologique. De même que le Tilapia, cette dernière est peu exigeante sur la qualité de l'eau. Par contre, elle se révèle très sensible à la prédation. Le Barbeau argenté présente généralement un taux de survie excellent en rizière où même de petits alevins s'adaptent parfaitement mais il tolère moins bien que les deux espèces précédentes de l'eau de mauvaise qualité. Il lui faut par ailleurs une eau suffisamment profonde et sans variations importantes pour avoir une bonne croissance. [29] [76]

Les demandes, selon les marchés locaux, influent aussi sur le choix de l'espèce par le paysan. Le ***tableau n°29*** ci-après présente les espèces fréquemment trouvées en rizipisciculture dans le delta du Mékong. ***L'annexe 15*** nous donne les différentes spécificités des ces espèces. [29] [64]

Nom Commun	Nom scientifique	Famille
Carassin **Carpe commune** **Deolali minnow** **Barbeau argenté** **Carpe argentée** **Rohu** **Mrigal** **Carpe herbivore ou carpe amour**	*Carassius carassius* *Cyprinus carpio carpio* *Parapsilorhynchus prateri* *Puntius gonionotus* Hypophthalmicthys molitrix *Labeo rohita* *Cirrhinus mrigala* *Ctenopharyngodon idella*	CYPRINIDAE
Poisson à tête de serpent	*Channa striata*	CHANNIDAE
Perche	*Anabas testudineus*	ANABANTIDAE
Poisson chat **Silure grenouille** **Poisson kèo**	*Parasilurus asotus* *Clarias batrachus* *Pseudapocryptes landceolatus*	SILURIDAE
Gourami à peau de serpent	*Trichogaster pectoralis*	OSPHRONEMIDAE
Tilapia	*Oreochromis niloticus*	CICHLIDAE

Tableau n°29 : Principales espèces utilisées en rizipisciculture au Vietnam
(d'après [29] et [66])

III.2.B/ Fonctionnement

IV.2.B.a/ Alevins

Il existe deux types de systèmes riz-poissons : le système naturel et le système cultural. Les aménagements cités dans la **partie IV.1.B** se retrouvent dans les deux systèmes. La principale différence vient de l'obtention des alevins. Dans le système dit naturel ou traditionnel, les poissons entrent dans la rizière de façon naturelle et non contrôlée via les échanges d'eau (lors de la saison des pluies ou de l'inondation des rizières). Au contraire, dans le système dit cultural, (extensif ou intensif) les poissons sont introduits artificiellement par l'homme. [29] [40]

Il faut savoir que quelque soit le système d'empoissonnement choisi, il y a toujours un empoissonnement d'origine naturel. Pour la même raison, on retrouve toujours des poissons en monoculture rizicole, mais de manière beaucoup moins importante par manque d'infrastructures adaptées (**cf. partie IV.3.A.a**) [40] [65]

L'utilisation d'espèces indigènes est surtout pratiquée en zone côtière où, à cause des pénétrations d'eau salée, un seul cycle de riz est pratiqué durant la saison des pluies. Les variétés de riz utilisées, tolérantes à la salinité, sont donc des variétés traditionnelles à cycle long nécessitant de faibles niveaux d'intrants (engrais et pesticides) et donnent des rendements relativement bas (1,8 à 2,2 t/ha). La principale espèce utilisée dans ce cadre est le Gourami à peau de serpent (*Trichogaster pectoralis*) : près de 95% des effectifs. Cette espèce est souvent élevée en association avec d'autres espèces comme le Poisson à tête de serpent (*Channa striata*), la Perche (*Anabas testudineus*), ou le Silure grenouille (*Clarias batrachus*). Celles-ci sont en effet bien adaptées aux conditions particulières de la région : faible pH, salinité de l'eau et faible concentration en oxygène dissous. Après une période de croissance de neuf mois, une production de l'ordre de 70kg/ha est obtenue, basée sur la productivité naturelle. [40]

Traditionnellement, les juvéniles sont capturés dans le milieu naturel et mis en charge au début de la saison des pluies dans les rizières aménagées. L'intensification de la production agricole et la surexploitation des ressources aquatiques dans le delta du Mékong ont eu pour conséquence une diminution des stocks naturels d'espèces autochtones. Le recours à des systèmes d'écloseries artificielles s'est donc développé (sur le même modèle que ce qui a été vu en pangasiculture - non détaillé dans ce travail). Les principales espèces utilisées

sont des poissons de la famille des cyprinidés, le Barbeau argenté (*Puntius gonionotus*) et la carpe commune (*Cyprinus carpio*). [40]

En système dit cultural, la population de poissons est (au moins partiellement) imputable à l'homme. Se pose alors la difficile question du choix des espèces et des densités de mise en charge. Différentes études ont eu lieu dans le delta du Mékong. Duong Nhut Long a ainsi réalisé une étude sur deux systèmes de polycultures en rizières aménagées : d'un côté, une association de trois espèces de poissons (Barbeau argentée [50%], Tilapia [30%] et Carpe commune [20%]), de l'autre, une association de six espèces de poissons (Barbeau argentée [40%], Tilapia [20%], Carpe commune [15%], Carpe argentée [10%], Gourami à peau de serpent [10%] et Gourami embrasseur [5%]), chacune à des concentrations différentes (1, 2, 3 ou 4 poissons au mètre carré). Il apparaît que le rendement piscicole le plus important (823,4 kg/ha), le revenu net d'exploitation le plus élevé (10 935 000₫/ha) et le meilleur ratio bénéfices/coûts (2,08) sont obtenus pour une densité de stockage de 2 poissons/m² en polyculture associant trois espèces. Il faut ajouter que ces résultats ont été obtenus en ajoutant une alimentation industrielle à la ration « naturelle ». [47]

Une autre étude montre que le Tilapia et la carpe commune occupe la même niche trophique. Il est donc recommandé de ne pas utiliser une association de ces deux espèces. Le barbeau argenté y est recommandé pour contrôler les mauvaises herbes, bien que la base de son alimentation soit les pousses de riz elles-mêmes ainsi que les grains accessibles, ce qui peut être contrôlé par une densité modérée dans les cultures. Tilapia et Barbeau argenté semblent par ailleurs avoir une action synergique sur leurs croissances respectives. [68] [69]

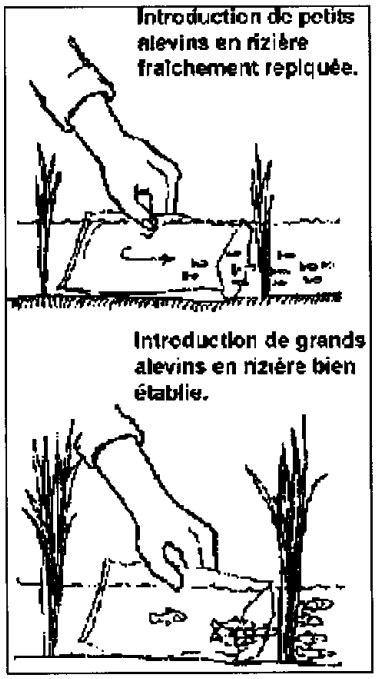


Figure n°27 : Introduction des alevins
(d'après [23])

Ces deux études montrent la difficulté de comprendre et d'exploiter au mieux cet écosystème particulier. Quoi qu'il en soit, les agriculteurs ont rarement accès à ces études et se limiteront dans leur choix aux alevins disponibles ou à leurs habitudes. Carpes communes, tilapia et Barbeau argenté restent les espèces les plus communément rencontrées. [40]

Le choix de la taille des juvénile est également important. Dans ce cadre, l'aspect financier entre très souvent en ligne de compte, d'abord dans le choix de l'espèce (ou des espèces) à implanter, mais aussi dans le choix de la taille des alevins. Les gros alevins, nécessairement plus chers, ont un taux de survie supérieur et donneront de plus gros produits à la fin mais l'empoissonnement des rizières devra se faire plus tardivement [*cf. Fig. 27*]. [29]

Les petits alevins, en dépit d'une mortalité plus importante, ont un prix plus bas et garantissent une récolte plus continue [*cf. Fig. 27*]. Le budget souvent limité des familles forcera donc l'agriculteur à choisir entre un petit nombre de gros alevins ou un grand nombre de petits. [29]

Les marchés jouent aussi un rôle dans le choix de la taille des juvéniles puisqu'une espèce comme la Carpe commune ne sera commercialisable que lorsqu'elle aura atteint une taille suffisamment importante, plus facilement atteinte à partir de gros juvéniles. Ainsi, dans une étude de Rothuis et al., le meilleur rendement en rizipisciculture a été obtenu à partir de Barbeaux argentés de petite taille. A la fin de l'étude, ces derniers n'avaient toutefois pas encore atteint leur taille de commercialisation : ceci implique pour l'éleveur des frais supplémentaires en attendant de pouvoir les vendre. [69]

Enfin, il faut ajouter que les juvéniles ne sont pas toujours disponibles au moment voulu. Le choix se portera alors sur les espèces disponibles. [64]

Beaucoup d'exploitants collectent eux-mêmes les juvéniles qu'ils élèvent ensuite dans leurs propres nurseries (souvent de petits étangs) avant d'empoissonner leurs rizières. Pour certaines espèces faciles à reproduire, comme le Tilapia, ils peuvent même choisir de conserver les plus beaux spécimens. [29] [46] [64]

Après avoir choisi les espèces à implanter et la taille des alevins, il reste à déterminer la densité de stockage des poissons afin de maximiser les interactions synergiques poissons-poissons et poissons-environnement tout en minimisant les différents antagonismes. La disponibilité en aliment est la première limite à l'augmentation de la densité en poissons. Sauf utilisation d'une alimentation ménagère ou industrielle supplémentaire (systèmes semi-intensifs et intensifs : **partie IV.2.B.d**), l'augmentation de la densité diminue de facto la quantité de nourriture disponible par poisson. D'autres facteurs jouent également un rôle sur les potentialités de stockage : qualité et renouvellement de l'eau, oxygénation, pH, etc... En système extensif ou semi-intensif (alimentation ménagère), dans les faits comme dans les recommandations, les chiffres varient : de 0,3 à 2 poissons/m^2. [25] [29] [40] [64] [76]

IV.2.B.b/ Calendrier

La fertilisation préalable du sol de la rizière permet d'augmenter aussi bien la production de riz que de poisson. Ainsi, une semaine avant de planter le riz, fumiers ou compost sont répandus au fond de la rizière. Hilbrands conseille d'ailleurs de répandre 200 à 500 kg/ha de fougères d'eau fraîche appelées Azolla, facilement cultivables ou récoltables dans la nature. De plus, un ajout de 300kg/ha de fumier frais chaque semaine, via une compostière, augmente considérablement la quantité d'aliments naturels dans l'eau (via la chaîne trophique citée précédemment). [29]

Le riz est ensuite planté lorsque la rizière est inondée, que ce soit par irrigation ou par les pluies naturelles. L'implantation des poissons dans les rizières s'effectue environ trois semaines plus tard, le temps nécessaire pour permettre un établissement solide des plants de riz. [29]

L'entretien de la rizière est primordial, chaque jour, afin de contrôler attentivement les niveaux d'eau (il ne faut pas de variations brusques). Le riz a besoin de quantités importantes d'eau pour sa croissance (soit environ 12 000m^3/ha), quantités variant selon les phases de production et la taille des plants. On estime que le niveau d'eau doit se trouver à environ 1/5ème de la hauteur de la tige du riz, ce qui permet une profondeur généralement supérieure à 15 cm, parfaitement adaptée à l'élevage des poissons. [29]

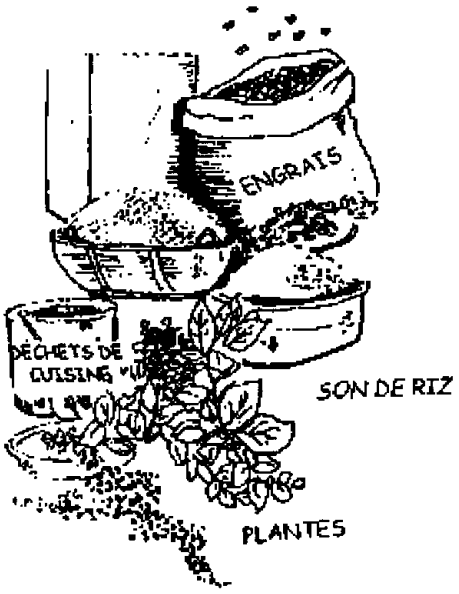


Figure n°28 : Différentes sources d'aliments
(d'après [77])

Avec moins de 0,3 individus/m^2, il n'est pas besoin d'apporter quoi que ce soit aux poissons qui trouveront leur alimentation seuls.

Pour des densités supérieures, il existe différentes méthodes d'alimentation des poissons directement ou via fertilisation du milieu. On ne peut objectivement séparer aliments et engrais, le fumier pouvant par exemple jouer les deux rôles.

On a vu notamment le principe de la compostière. Du fumier frais peut également être employé : en eau stagnante, cela ne pose aucune difficulté jusqu'à 300kg/ha/semaine. On trouve également l'emploi de sous-produits agricoles ou de déchets de cuisine. Plusieurs plantes aquatiques donnent de bons résultats: Azolla (*Azolla sp.*), Wolffia (*Wolffia sp.*), Lentilles d'eau (*Lemna sp.*) et Ipomoea (*Ipomoea aquatica*) en sont des exemples. Différentes espèces de poissons préféreront l'une ou l'autre, mais le Barbeau argenté les mange toutes [*cf. Fig. 28*]. [77]

Pour certaines opérations spécifiques, comme la fertilisation du riz pendant la phase de transformation en panicule (environ 28 à 30 jours avant l'épiaison), il est nécessaire de ne laisser qu'une fine couche d'eau stagnante dans la rizière. Cette quantité d'eau moindre associée à l'utilisation d'engrais entraîne un risque accru pour les poissons. L'eau de la rizière est donc drainée lentement afin de forcer les alevins à retourner à l'étang refuge. On peut alors appliquer efficacement l'engrais sur la parcelle, puis remettre le champ sous eau deux à trois jours plus tard. [29]

Pour beaucoup d'agriculteurs, l'utilisation d'engrais chimiques dans leurs systèmes riz-poisson ne pose pas de problèmes. Il a toutefois été signalé que dans certains cas des poissons sont morts suite à l'application de tels produits alors qu'ils étaient alimentés avec des granulés et qu'ils ont pu de ce fait ingérer également des granules d'engrais. Par contre, l'utilisation de pesticides est fortement déconseillée (**cf. partie IV.2.B.c**). [78]

La période de culture du riz s'étend sur 3 à 5 mois. Selon la taille des poissons lors de la récolte du riz, ils seront soit vendus soit élevés quelques temps supplémentaires afin de leur permettre d'atteindre leur taille de commercialisation (variable selon les espèces et les marchés). En effet, l'élevage des poissons se fait souvent sur deux ou trois récoltes de riz successives. De plus, les poissons peuvent aussi être gardés par l'éleveur pour les vendre à un meilleur prix en période creuse. Mais la conservation des poissons, sans culture de riz associée, nécessite l'emploi d'une alimentation supplémentaire. Quoi qu'il en soit, la récolte est aisée, puisqu'il suffit de drainer la rizière afin de forcer les poissons à se regrouper dans les étangs refuges. Puis, à l'aide d'épuisettes, il devient très facile de les pêcher. [29]

IV.2.B.c/ Lutte contre les prédateurs et les nuisibles

Les poissons ont un certain nombre de prédateurs tels que oiseaux, mammifères, serpents, grenouilles... qui abondent dans les rizières. De plus, les alevins les plus jeunes sont présents dans les rizières au moment où la hauteur d'eau est la plus faible, puisque les plants de riz sont très jeunes, et deviennent de fait des cibles de choix pour un grand nombre de prédateurs. Il apparaît donc indispensable de mettre en œuvre une lutte efficace contre les prédateurs, par des pièges, par une hauteur d'eau accrue, ou par un élevage des jeunes alevins dans une « nurserie » jusqu'à une taille suffisante pour leur permettre

d'échapper à la plupart de leurs prédateurs. Il existe différents types de nurseries : un petit étang d'alevinage dans ou à proximité d'un champ, un petit étang rizipiscicole ayant un bon approvisionnement en eau ou une cage d'alevinage flottante dans un étang de plus grande taille. [29] [76] [79]

La lutte contre les nuisibles du riz, principalement réalisée grâce aux pesticides ou aux herbicides en monoculture, doit être plus réfléchie dans ce type de culture associée. Réduire l'utilisation des produits phytosanitaires est un facteur important. Tout d'abord, ils représentent un danger pour les poissons (mortalité accrue) (***cf. Annexe 16***) mais aussi pour l'homme (manipulation des produits, inhalation, ingestion, etc...) et pour l'environnement. De plus, les pesticides éliminent aussi bien les déprédateurs que leurs ennemis naturels, laissant la récolte vulnérable à une invasion incontrôlable d'organismes nuisibles, ce qui nécessite toujours plus de traitements chimiques préventifs (cercle vicieux). [24] [25]

Une immersion rapide (pendant quelques heures) des plants de riz ou l'utilisation de méthodes mécaniques pour faire tomber dans l'eau les insectes nuisibles présents sur les feuilles (comme une simple corde tirée à travers champs), permettant par la même de nourrir les poissons, sont des pratiques hautement préférables aux techniques chimiques habituelles. [29]

Il existe en rizières un grand nombre d'autres espèces tant d'élevage que sauvages. Parmi celles-ci se trouvent des poissons qui se nourrissent de larves et d'autres qui se nourrissent de mollusques... Ils ont une grande importance dans la lutte contre les maladies de l'homme transmises par des vecteurs, comme la malaria et la schistosomiase. Ils ont également un rôle majeur dans la lutte contre les organismes problématiques en riziculture. Le ***tableau 30*** illustre ce principe. Il a été élaboré à partir des poissons couramment rencontrés en rizipisciculture (notamment la Carpe commune, le Tilapia et le Barbeau argentée). [24] [25]

Beaucoup de mauvaises herbes que l'on retrouve dans les rizières s'avèrent être de bons aliments pour la Carpe herbivore ou Carpe amour (*Ctenopharyngodon idella*). L'utilisation de ces alevins à raison de 2 à 3 individus/m^2 pour les plus petits (d'une longueur de 2 à 3 cm) et/ou 2 à 3 individus/$10m^2$ pour les plus gros (d'une longueur de 8 à 10 cm), un mois après le repiquage, permet une lutte efficace contre les mauvaises herbes et limite le recours à d'autre techniques. Mais par la suite, au cours de leur croissance, il peut être nécessaire de leur donner quotidiennement une alimentation complémentaire afin d'éviter qu'ils ne détériorent les jeunes plants de riz (distribution d'herbacées, de préférence dans l'étang refuge, et non dans les

rizières). Une fois ces derniers bien installés, les poissons herbivores auront à nouveau une action bénéfique, mangeant les feuilles les plus externes du riz, les plus vieilles et donc les plus susceptibles d'être infestés par des organismes pathogènes. Ceci rend les plants de riz plus sains. De plus, ils continueront à se nourrir des jeunes plants de mauvaises herbes, permettant un contrôle biologique de ces organismes. La turbidité et l'eau profonde augmentent cet effet [*cf. Fig. 29-F*]. [24] [29]

Organismes problématiques pour le riz		Prédation par les poissons	Stade de vie de la proie
Insectes			
	Mouche mineuse	?	?
	Orseolia oryzae	+	?
	Nymphula depunctalis	+	Larves
	Marasmia ruralis	?	?
	Mouche mineuse du haricot	+	Larves
	Punaise	?	?
	Fulgoride brun	+	Nymphes/adultes
	Cicadelle à dos blanc	+	Nymphes/adultes
	Cicadelle verte	?	?
Maladies			
	Pyriculariose du riz	?	?
	Chancre de la tige	+	Sclérote
	Maladie du gigantisme du riz	?	?
	Alternariose	+	?
	Bacteriose	+	?
	Striures	?	?
Mauvaises herbes			
	Herbacées	+	Jeunes plants
	Laiches	+	Jeunes plants
	Plantes à larges feuilles	+	Jeunes plants
Autre			
	Ampullaire brune	+	Fraîchement éclos

+ : Observation documentée
? : Pas d'information disponible

Tableau n°30: Organismes problématiques dans la production de riz, prédation par les poissons et stades de vie susceptibles d'être l'objet de prédation
(d'après [24])

Comme l'indique le *tableau 30*, les poissons mangent de nombreux insectes nuisibles : mouches mineuses du haricot (*Liriomyza spp*) lorsque les larves se déplacent [*cf. Fig. 29-B*], Nymphula depunctalis (larves flottantes) [*cf. Fig. 29-D*], *Cnaphalocrocis medinalis* qui se déplace dans l'eau entre les plants de riz...

La carpe commune semble être très efficace contre les ampullaires brunes, consommant ce mollusque à peine éclos [*cf. Fig. 29-A*]. Les sauterelles sont consommées lorsqu'elles tombent à l'eau [*cf. Fig. 29-C*]. Enfin les poissons mangent aussi bien les champignons pathogènes comme le chancre de la tige (sous sa forme sclérote qui flotte sur l'eau ou se trouve sur les fonds des rizières) [*cf. Fig. 29-E*], que les feuilles contaminées, améliorant les conditions de santé du riz. [24] [29]

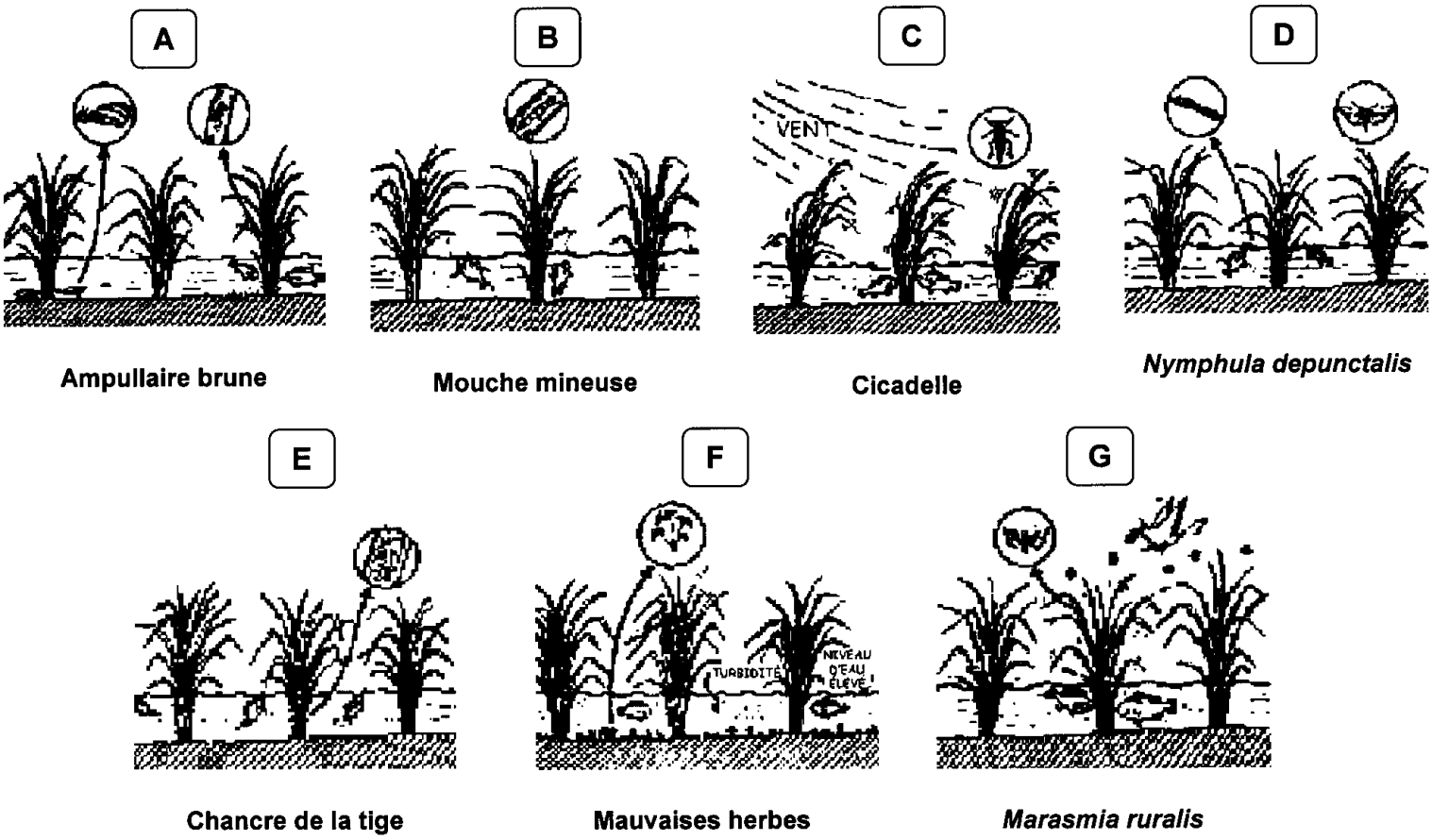
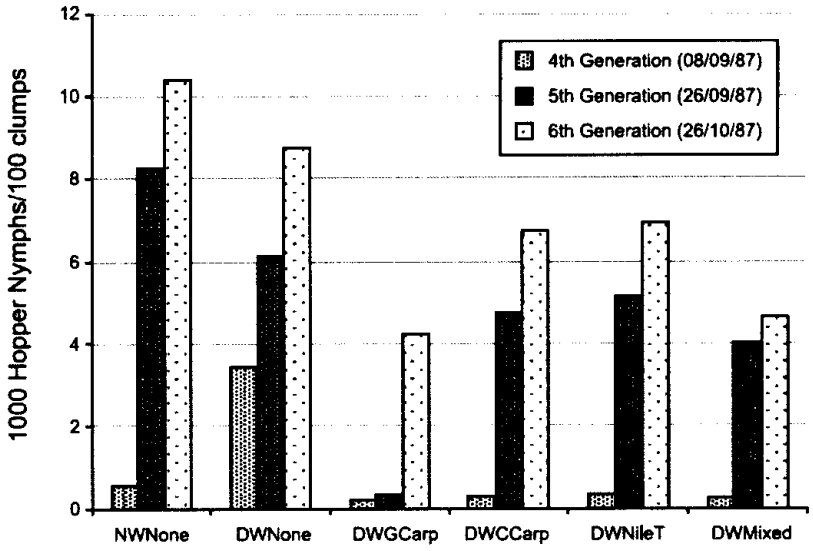


Figure n°29 : Lutte contre les déprédateurs en rizipisciculture
(d'après [24])

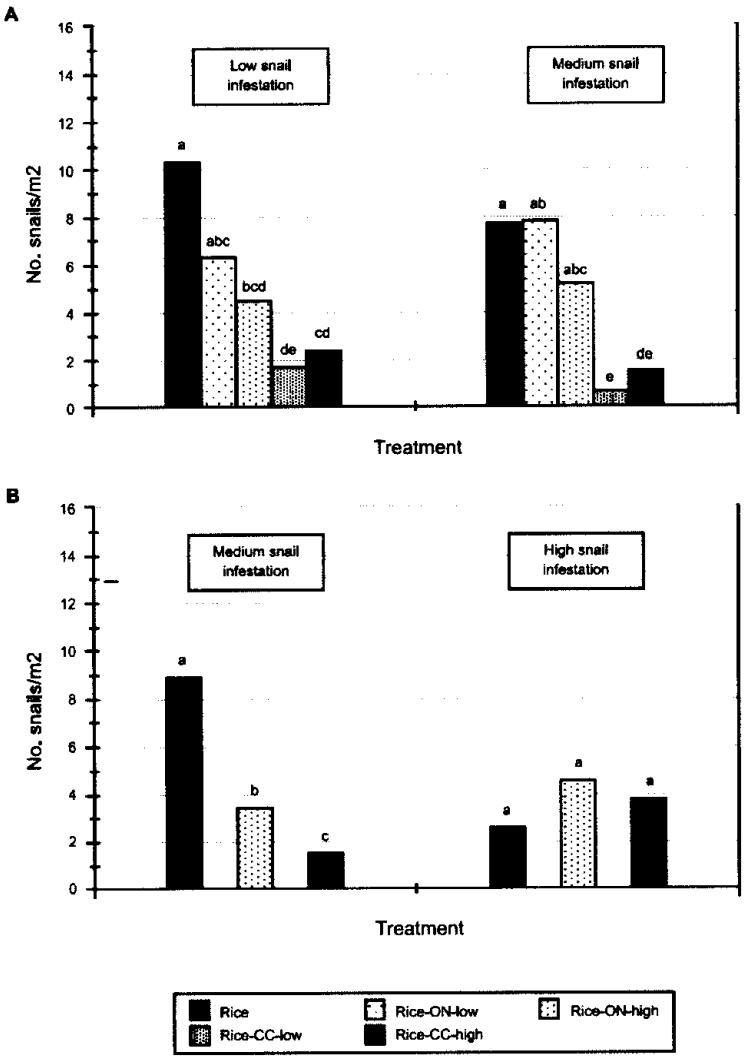
Enfin, il existe également une action indirecte des poissons dans la lutte contre les déprédateurs. L'exemple de *Marasmia ruralis* [*cf. Fig. 29-G*] l'illustre parfaitement. Les poissons ne consomment pas directement cet insecte mais en dérangeant les mites sur les pieds de riz, ils favorisent la capture par leurs prédateurs, notamment les oiseaux. [24]



NW : Hauteur d'eau normale en riziculture
DW : Hauteur d'eau maintenue à 10 cm
None : Aucun poisson
GCarp : Carpe herbivore (Ctenopharyngodon idella)
CCArp : Carpe commune (Cyprinus carpio)
NileT : Tilapia (Oreochromis niloticus)
Mixed : Les trois espèces précédentes mélangées

Graphe n°21 : Effets comparés de différentes espèces de poissons sur les nymphes de fulgoriformes dans les fermes rizipiscicoles
(d'après Yu et al. 1995 cités par [25])

Les graphes proposés illustrent les résultats obtenus sur le terrain. Par exemple, le ***graphe 21*** nous propose différentes combinaisons de poissons pour contrôler les populations de cicadelles. Le maintien d'une hauteur d'eau constante à 10 cm a déjà une action limitative sur les populations de cicadelles. La carpe herbivore semble avoir la meilleure efficacité dans la lutte contre ce nuisible, suivi par la carpe commune et le tilapia. Le ***graphe 22*** nous propose une comparaison entre la carpe commune et le tilapia quant aux résultats obtenus face aux ampullaires. Cette étude couplée à des résultats obtenus par Heidenreich et par Hendarsih indique que quatre espèces représentent un potentiel intéressant de lutte contre ces escargots : la carpe commune (*C. carpio*), le tilapia (*O. niloticus*), le barbeau de java (*B. gonionotus*) et le tilapia du Mozambique (*O. mossambicus*). De ces quatre espèces, la carpe commune est la plus efficace puisqu'elle peut consommer jusqu'à 40 juvéniles par jour. Cette étude montre également qu'une concentration supérieure en poisson ne signifie pas forcément un meilleur contrôle des populations de nuisibles. [25]



Low snail infestation : infestation initiale de 0,18 ampullaires/m²
Medium snail infestation : infestation initiale de 0,48 ampullaires/m²
High snail infestation : infestation initiale de 1,32 ampullaires/m²
Rice : riz
CC : Carpe commune (Cyprinus carpio)
ON : Tilapia (Oreochromis niloticus)
Low : 5 000 poissons/ha
High : 10 000 poissons/ha

Graphe n°22 : Abondance en Ampullaires (Pomacea canaliculata) collectés deux jours après la récolte de riz dans une parcelle rizipiscicole de 50 m² durant la saison des pluies (A) et dans une parcelle de 200 m² durant la saison sèche, à différents degrés d'infestation initiale
(d'après Halwart et al. 1998 cités par [25])

Ces deux études illustrent les potentialités de lutte contre les déprédateurs et les commensaux du riz via les poissons en rizipisciculture. Le choix des espèces implantées et les densités de stockage des poissons sont décidés en fonction des nuisibles que l'on veut combattre (en plus des spécificités précédemment décrites). De nombreuses études sont menées

aujourd'hui afin de pouvoir conseiller au mieux les agriculteurs ayant faits le choix de la riziculture, mais aussi afin de promouvoir cette forme de culture.

L'utilisation de pesticides, si elle est tout de même maintenue, doit s'accompagner de mesures spécifiques. Naturellement, l'emploi de produits peu toxiques pour les poissons est une évidence (***cf. Annexe 16***), mais il faut également s'assurer un drainage de ces derniers dans l'étang refuge un temps suffisant. De plus, une augmentation de la hauteur d'eau permet de diminuer les concentrations résultantes dans la rizière et une circulation accrue de l'eau à travers la rizière permet d'éliminer plus rapidement les toxiques. Les impacts environnementaux ne sont naturellement pas les mêmes ! [29]

IV.2.B.d/ Productions semi-intensive et intensive

Ce sont des techniques qui permettent d'intensifier les rendements piscicoles. Elles se basent sur une fertilisation optimale des terrains et l'adjonction d'une alimentation artificielle, permettant une production double voire triple. Les infrastructures doivent être naturellement bien maîtrisées, notamment avec des digues suffisamment hautes, et la gestion de l'eau doit être parfaite. [29]

L'emploi d'une alimentation industrielle ou ménagère, distribuée chaque jour et adaptée au format des poissons en croissance, permet une plus grande concentration de ces derniers dans la parcelle, et donc de meilleurs rendements. Long recommande par exemple l'emploi d'une alimentation à 25 % de protéines, industrielle ou ménagère mais de préférence sous forme de boulettes face à une association « classique » de poissons (**cf. IV.2.B.a** pour le détail de cette association). Elle permet un rendement significativement supérieur ($p < 0,05$) à une alimentation moins riche en protéines (18% dans l'étude). La ration ménagère, moins coûteuse mais souvent moins bien balancée (et parfois carencée) que la ration industrielle, associe généralement pour 7/10 d'éléments énergétiques (son de riz, de maïs ou de blé, farines, pommes de terres, etc...) et pour 3/10 d'éléments protéiques (farine de poisson, tourteaux d'arachide, de soja ou de coton). Les farines de légumineuses (haricot, pois, soja, etc...) sont à la fois riches en énergie et en protéines, donc toutes indiquées pour entrer dans la composition des aliments pour poisson. De même, les restes de cuisine peuvent fournir une alimentation bon marché mais néanmoins de qualité. Toutefois, les agriculteurs les plus modestes sont rarement bien informés pour réaliser leurs

rations ménagères qui sont souvent mal équilibrées, utilisant les ingrédients selon leurs habitudes ou leur disponibilité. Ce système de production s'approchant de la monoculture, merci de se reporter au **III.2** [29] [47]

IV.2.B.e/ Les associations piscicoles:

On trouve un grand nombre d'espèces de poissons en système rizipiscicole, et de très nombreuses associations différentes. Pour conclure sur cette partie, nous citerons une étude de 1994 réalisée dans la province de Can Tho dans le delta du Mékong sur une aire d'environ 6 000ha par Rothuis et al., qui nous présente les espèces les plus rencontrées. Elles y sont classées par fréquence [*cf. tableau 31*]. [66]

Espèces de poissons	Utilisation par les exploitants (%)
Barbeau argenté (*Puntius goniotus*)	93
Carpe commune (*Cyprinus carpio*)	91
Tilapia (*Oreochromis niloticus*)	27
Carpe argentée (*Hypophthalmicthys molitrix)*	23
Carpes indiennes (*Labeo rohita, Cirrhinus mrigala*)	19
Autres*	15

* : incluant *Oxyeleotrix marmorata*, *Trichogaster pectoralis*, et des hybrides de *Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*

Tableau n°31 : Espèces de poissons introduites en rizipisciculture à Co Do dans la province de Can Tho
(d'après [66])

IV.3/ Bilans et perspectives

IV.3.A/ Résultats

IV.3.A.a/ Rendements

IV.3.A.a.a/ Rendements rizicoles

		RP-Intro.	RP-Ind.	MR
Rendements en riz	Saison sèche	5,6 (0,9)	5,5 (0,9)	5,9 (0,7)
	Saison des pluies	3,7 (0,9)	3,8 (0,7)	4,0 (0,6)
Apports durant la saison sèche	Semences	251 (42)	263 (22)	239 (25)
	Azote total (kg/ha)	119 (26)	108 (18)	105 (16)
	Phosphate total (kg/ha)	57 (13)	48 (10)	50 (14)
	Potassium total (kg/ha)	8,9 (6,4)	6,4 (3,1)	7,4 (4,1)
	Insecticides (nombre aspersions/ferme)	1,4 (1,2)	0,8 (1,3)	1,7 (1,5)
	Fongicides (nombre aspersions/ferme)	1,2 (0,9)	1,4 (0,9)	1,1 (1,0)
	Herbicides (nombre aspersions/ferme)	1,5 (0,8)	1,7 (0,6)	1,4 (0,8)
	Total en pesticides (nombre aspersions/ferme)	4,0 (1,9)	3,9 (1,8)	4,2 (1,8)
Apports durant la saison des pluies	Semences	242 (41)	262 (23)	239 (28)
	Azote total (kg/ha)	118 (23)	103 (16)	109 (20)
	Phosphate total (kg/ha)	54 (15)	49 (18)	52 (15)
	Potassium total (kg/ha)	10 (7,3)	6,9 (2,6)	8,3 (6,1)
	Insecticides (nombre aspersions/ferme)	1,5 (1,3)	1,5 (1,2)	2,2 (1,4)
	Fongicides (nombre aspersions/ferme)	1,0 (0,8)	1,6 (1,0)	1,2 (1,0)
	Herbicides (nombre aspersions/ferme)	1,6 (0,9)	2,2 (0,8)	1,8 (0,8)
	Total en pesticides (nombre aspersions/ferme)	4,1 (2,0)	5,4 (1,4)	5,3 (1,4)

RP-Intro. : Rizipisciculture avec introduction artificielle de poissons, **RP-Ind.** : Rizipisciculture sans introduction artificielle de poissons (espèces indigènes), **MR** : monoculture de riz
Entre parenthèses : écart type

Tableau n°32 : Production rizicole et apports dans les différents systèmes de culture d'après une étude réalisée entre 1994 et 1995 à Co Do dans la province de Can Tho
(d'après [65])

Les rendements en riz, en culture traditionnelle, sont améliorés par la présence simultanée des poissons dans les rizières. La sublimation est estimée à environ 10 à 15 % (*cf. Annexe 17*). Toutefois, en tenant compte de la surface perdue pour construire les infrastructures spécifiques à l'élevage du poisson

(étang refuge, compostière, etc...), l'augmentation de la production de riz par hectare doit être ramenée à seulement 3 - 5 %. [29] [65] [69]

Toutefois, de nos jours, avec l'arrivée de techniques modernes mêlant amendements et utilisation de produits phytosanitaires en grande quantité, on observe une inversion de la tendance, avec une production rizicole plus importante en monoculture qu'en rizipisciculture (***cf. tableau 32***).

D'après le ***tableau 32***, on observe que les rendements rizicoles ne sont pas très différents dans les différents systèmes de culture, aussi bien durant la saison sèche que durant la saison des pluies. L'application des différents pesticides durant la saison sèche est sensiblement la même pour les trois systèmes de culture. En revanche, lors de la saison des pluies, ces derniers sont moins employés en système rizipiscicole cultural. Cette différence entre les deux saisons est probablement due à l'idée répandue selon laquelle les poissons de grande taille sont moins sensibles aux différents toxiques, d'où une utilisation moins raisonnée. [65]

Bien que certaines fermes rizipiscicoles « témoins » aient démontrées la capacité d'une lutte biologique efficace contre les nuisibles sans recourir aux méthodes chimiques actuelles, les agriculteurs continuent d'utiliser les produits phytosanitaires retrouvés en monoculture (avec les quelques précautions précitées (**IV.2.B.c**)) dans des proportions certes moindres mais encore trop proches de ce que l'on retrouve en monoculture. Le manque de connaissances spécifiques et la peur d'une mauvaise récolte sont les moteurs de l'utilisation abusive de produits phytosanitaires. Une meilleure gestion des exploitations rizipiscicoles, notamment dans le choix des espèces et de leurs densités, ainsi qu'une lutte aussi bien contre les habitudes que contre les commerciaux devraient permettre de réduire plus significativement l'emploi de ces produits nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement.

IV.3.A.a.β/ Rendements piscicoles

Afin de bénéficier au maximum de l'atout des poissons, il faut que ces derniers puissent pénétrer facilement dans les rizières or il arrive souvent que les semis soient réalisés à la volée, ce qui engendre une densité végétale trop importante pour une bonne infiltration des poissons. Parfois même, les

agriculteurs recherchent cette haute densité, sensée réduire la présence de mauvaises herbes aquatiques mais ils perdent une grand part des bénéfices apportés par les poissons. [65] [67]

Une étude de Li et Pan datant de 1992 estime que si les différents types d'aliments naturellement présents dans la rizière (sans alimentation directe des poissons) étaient complètement exploités par une combinaison adéquate des différentes espèces de poissons, un rendement maximum de 500kg/ha pourrait être atteint. Naturellement, ce résultat varie selon la localisation du champ ou la saison, mais il met en exergue la formidable capacité de cet écosystème. Pour une production supérieure, l'utilisation d'une alimentation spécifique directe est requise (**cf. partie IV.2.B.d**). [25]

Dans les faits, on observe des résultats très variables et qui plus est souvent difficiles à comparer puisque de nombreux paramètres varient : empoissonnement naturel ou non, choix des espèces, densités, influence de l'environnement et de la saison, prédation, système de production (extensif vs intensif). Quelques études vont donc être présentées afin d'illustrer ceci.

Le ***tableau 33*** indique les résultats obtenus par Rothuis et al. dans la province de Can Tho dans le delta du Mékong. Même en monoculture, on observe la présence de poissons dans les rizières mais de façon anecdotique, par manque d'aménagements spécifiques et par utilisation massive de produits phytosanitaires. En système rizipiscicole, on peut se contenter d'un empoissonnement naturel, mais le simple ajout artificiel de juvéniles permet d'obtenir des rendements doubles (155 kg/ha par rapport à 73 kg/ha). [65]

Systèmes de production rizipiscicole			
	Riz - Poissons introduits	Riz - Poissons sauvages	Monoculture de riz
Poissons introduits	99 kg/ha (104)	0 kg/ha	0 kg/ha
Poissons sauvages	56 kg/ha (35)	73 kg/ha (37)	11 kg/ha (17)
Total	155 kg/ha (116)	73 kg/ha (37)	11 kg/ha (17)

Entre parenthèse : écart type

Tableau n° 33 : Production piscicole en rizipisciculture irriguée dans le delta du Mékong, en kilogrammes par hectare
(d'après [65])

Le taux moyen de récupération (combinant les effets de la mortalité et des fuites) des juvéniles stockés dans les champs rizipiscicole de Thaïlande serait de 16% (selon Middendorp 1992), avec un taux par espèce 3 à 4 fois

supérieur pour le barbeau argenté par rapport au tilapia ou à la truite commune. Selon Chapman (1992), seule l'utilisation de juvéniles de grande taille assurerait un taux de survie raisonnable. Cependant, Haroon et Pittman (1997) obtiennent un taux de récupération de respectivement 90% et 66% pour le barbeau argenté et le tilapia, avec des juvéniles de petite et de grande taille. L'étude réalisée par Rothuis et al. donne des résultats similaires, avec un taux de récupération moyen de 64% aussi bien à partir de juvéniles de petite taille qu'à partir de juvéniles de grande taille. Il semblerait que les différences de résultats proviennent de la maîtrise (ou non) de la prédation sur les poissons. Dans les stations d'étude, celle-ci est bien maîtrisée, d'où des taux de survie important. Dans les exploitations, le coût élevé d'une bonne prévention entraîne une diminution de ce taux. De plus, il semble que la carpe commune soit moins tolérante par rapport à la qualité de l'eau, ce qui expliquerait son plus faible taux de survie par rapport aux deux autres espèces. Selon Rothuis et al., le principal facteur limitant pour l'élevage de la carpe commune serait la qualité de l'eau et non l'alimentation, contrairement à la plupart des espèces retrouvées dans ce système cultural. [65]

Le ***tableau 34*** nous montre la variété de résultats obtenus par différentes études en système rizipiscicole. ***L'annexe 18*** donne quelques valeurs de rendements comparés pour les principaux pays pratiquant la rizipisciculture en Asie. D'après Rothuis et al., la production piscicole en association avec la riziculture donne des résultats incertains. La variation des rendements piscicoles atteint 75% en système cultural et 50% en système traditionnel alors que concernant la production rizicole, elle n'est que de 17%. [65]

Espèce	Système d'élevage	Variété de riz	Avg.W_o (g)	Durée (jour)	Net prod. (kg/ha)	Avg. W_t (g)	Références
Barbeau argenté	RP/polyculture/station	moderne	0,9	149	250	46	Rothuis (1998)
	RP/polyculture/ferme	traditionnelle	1,5	160	37	81	Middendorp (1992)
	RP/monoculture/station	moderne	2,7	78	271	47	Haroone & Pittman (1997)
	RP/polyculture/station	Moderne	9,5	149	327	149	Rothuis (1998)
	RP/monoculture/station	moderne	11,2	78	227	47	Haroon & Pittman (1997)
Tilapia du Nil	RP/polyculture/station	moderne	1,8	149	117	56	Rothuis (1998)
	RP/monoculture/ferme	moderne	2,2	65	43	15	Torres, Macabale & Mercado (1992)
	RP/monoculture/station	moderne	3,1	78	37	13	Haroon & Pittman (1997)
	RP/polyculture/ferme	traditionnelle	5	102	?	61	Chapman & Fernando (1994)
	RP/monoculture/station	moderne	8,5	75	64	36	Mang-Umphan & Arce (1998)
	RP/polyculture/station	moderne	28,8	149	62	66	Rothuis (1998)
	RP/monoculture/station	moderne	30,7	78	?	34	Haroon & Pittman (1997)
	EE/monoculture	-	32,9	150	1 416	176	Green ? phelps & Alvarenga (1989)
Carpe commune	RP/polyculture/station	moderne	1,2	149	61	39	Rothuis (1998)
	EE/polyculture	-	6,0	120	460	246	Wahab, Ahmed, Islam, Haq & Rahmatullah (1995)
	RP/monoculture/station	moderne	6,7	69	89	58	Sevilleja, Cagauan, Lopez, Dela Cruz, Dam (1992)
	RP/polyculture/ferme	traditionnelle	14,5	102	?	81	Chapman & Fernando (1994)

RP : Rizipisciculture, **EE** : élevage en étang
Avg.W_o : Poids moyen à to (stockage), **Avg.Wt** : Poids moyen à t (récolte)
Net Prod. : production nette

Tableau n°34 : Rendements nets comparés obtenus par différentes études en rizipisciculture en en monoculture
(d'après [69])

IV.3.A.b/ Bilan financier

Au Vietnam, même les plus petits exploitants produisent d'abord pour vendre plutôt que pour leur propre consommation d'où une importance considérable de l'aspect économique en plus de l'aspect productif. Selon le point de vue des agriculteurs, une production piscicole en plus de la production rizicole n'a d'intérêt que si les poissons peuvent être vendus, ce qui implique qu'ils atteignent une taille suffisante pour leur commercialisation, de préférence en un cycle rizicole, c'est-à-dire en environ 4 mois. Malheureusement, l'élevage des poissons, surtout à partir de juvéniles de petite taille, est plus longue (en moyenne, 5 mois). [69]

Le bénéfice financier d'une exploitation rizipiscicole n'est pas forcément meilleur par rapport à une exploitation rizicole en monoculture. Middendorp et Verreth (1986) ainsi que Bimbao, Cruz et Smith (1990) rapportent une augmentation des bénéfices des fermes après introduction de poissons dans les champs mais Sollows et Tongpan (1986) ou Rothuis et al. (1998) rapportent l'inverse. Qui plus est, la production rizipiscicole nécessite des travaux préalables importants, des travaux d'entretien quotidiens, une gestion beaucoup plus fine de l'eau et une lutte contre les prédateurs. [29] [65]

Au final, il semble que la rentabilité des fermes ne soit pas franchement modifiée par l'introduction de poissons (***l'Annexe 19*** propose quelques bilans financiers au Vietnam et dans d'autres pays asiatiques). Par contre, l'exploitation bénéficie d'une diversification de sa production. Là encore, en fonction des espèces choisies, de la densité, des demandes du marché, de la réduction permise en produits phytosanitaires, de la variabilité des rendements piscicoles, certaines exploitations affichent des résultats bien meilleurs que d'autres. Selon Tagarino (1985), les poissons représentent 25 à 30 % des revenus des structures rizipiscicoles aux Philippines, alors que selon l'étude de Rothuis et al. dans la province de Can Tho, ils ne représentent que 6% (système cultural) et 3% (système naturel). [65]

Quoi qu'il en soit, le principal intérêt de cette production, malgré la production piscicole plutôt faible et le médiocre impact sur les revenus des exploitants, reste son aspect environnemental, par une diminution dans l'emploi des pesticides. De plus, la diversification de la production permet aux exploitants de se prémunir contre la variabilité des cours du riz. [65]

IV.3.B/ Promotion et limites du système

Pendant longtemps, la production piscicole en milieu céréalier ne fut considérée que comme une production complémentaire, annexe et peu valorisable. Les nouvelles études montrent aujourd'hui les véritables opportunités d'une production rizipiscicole maîtrisée, faisant de la pisciculture un catalyseur vert de la production rizicole. La synergie poisson - riz transparaît ainsi face aux contraintes rencontrées en monoculture : lutte contre les parasites (insectes, mollusques), désherbage biologique, recyclage de l'azote organique ou du phosphore via les fèces des poissons. De plus, elle s'associe à une valorisation des déchets verts via la compostière, à une limitation dans l'emploi de produits phytosanitaires et d'engrais, à un accroissement des rendements rizicoles, à une source d'aliments d'une haute valeur protéique obtenus à bas coût (d'un point de vue à la fois économique et énergétique). [40]

Pour autant, ce système présente quelques inconvénients sur lesquels nous allons maintenant nous pencher. Tout d'abord, il nécessite une main d'œuvre abondante, besoin imputable à une activité quotidienne augmentée, mais aussi aux importants travaux de terrassement préalables ainsi qu'à l'entretien régulier des infrastructures. De plus, cette activité n'est pas sans risque, comparée à la monoculture rizicole, car elle est particulièrement exposée aux inondations, aux sécheresses, aux défoncements de terrain, aux intoxications, aux maladies, ou aux prédateurs comme le serpent qui peut être responsable d'un effondrement des rendements piscicoles, etc... [100]

Une des principales difficultés du rizipisciculteur reste d'obtenir au bon moment et en quantité suffisante les alevins dont il a besoin. Ceux-ci sont très fragiles et leur stockage n'est pas aisé. En outre, selon les espèces, leur cycle n'est pas forcément maîtrisé en milieu artificiel ce qui nécessite des captures en milieu naturel (problématique pour la biodiversité), captures rendues plus incertaines par la baisse des stocks de poissons sauvages. [100]

Ajoutons que ce type de culture nécessite un accès en abondance à une eau de qualité ; les poissons (ainsi que les organismes dont ils se nourrissent) sont particulièrement sensibles aux produits phytosanitaires (pesticides, herbicides, engrais) utilisés massivement en riziculture traditionnelle ce qui limite les sites d'implantation de fermes mixtes. De plus, tous les sols ne sont pas adaptés à cette culture (sols acides, sols sablonneux). [75] [100]

Enfin, la valeur commerciale du poisson reste assez peu élevée et leur vente s'effectue la plupart du temps sur les marchés locaux (moins intéressant

financièrement que l'export). Une alternative dans le delta du Mékong existe, l'association riz-crevetticulture, dont le prix de revient est plus intéressant, ce qui la rend de plus en plus populaire. [42] [100]

Aujourd'hui, la riziculture représente douze millions d'hectares dans la région du bas bassin du Mékong (ou LMB, **cf. Partie I.1.C**). Seulement 1% de cette surface est dévolue à la rizipisciculture, principalement dans le delta du Mékong au Vietnam où l'on trouve 79 750 ha utilisés en rizipisciculture sur les 209 670 ha dédiés à la riziculture. Pourtant, le développement des connaissances scientifiques et techniques permet aujourd'hui, et encore plus dans le futur, de développer cette activité écologiquement préférable en augmentant la production et la rentabilité économique du système. [29]

La promotion d'un tel système n'est toutefois pas aisée. Les espèces cultivées souffrent encore d'une assez mauvaise image, et les populations préfèreront s'adonner à la pêche plutôt qu'à l'élevage si le milieu le leur permet. A cela s'ajoute le fait que les familles les plus pauvres ont pour habitude de consommer les organismes aquatiques trouvés dans les rizières et considérés comme ayant peu de valeur ; le développement d'une rizipisciculture maîtrisée leur ôtera cette source de protéine gratuite. [75] [100]

De plus, les exploitants des pays du sud n'accordent pas vraiment d'importance au développement durable, préférant s'intéresser aux effets bénéfiques à court terme, n'étant par ailleurs souvent que locataires des terres cultivées. L'argument écologique n'a donc que peu de poids pour favoriser l'emploi de ces techniques. [100]

Les campagnes de promotion ne tiennent pas compte des femmes, alors que ce sont bien souvent elles qui décident de l'utilisation des rizières et de la consommation du ménage. [100]

Enfin, le faible bénéfice financier apporté par la culture du poisson est un (voire le) frein majeur au développement de ce système. [64]

IV.4/ Conclusions sur la rizipisciculture

La rizipisciculture offre l'exemple unique d'une association de productions animales et végétales dans une même unité d'espace et de temps, offrant une alternative à un système occidental cloisonné, où la mono-spécificité reste la règle. Celle-ci s'accompagne toujours d'une pollution importante du milieu naturel (due aux effluents massivement déversés dans le milieu naturel, sans traitement préalable) et de frais importants (dans les pays riches) pour la contrer. Les interactions synergiques riz / poissons permettent pourtant de promouvoir un système moins consommateur d'intrants et donc moins polluant.

Malheureusement, ce système demeure encore relégué en simple vitrine marketing du développement durable des gouvernements asiatiques. Il n'est que sporadique dans le paysage de rizières intensives, les gouvernements ne voulant pas mettre en péril leur balance économique (la Thaïlande, la Chine et la Vietnam étant parmi les principaux producteurs de riz mondiaux). En effet, la rizipisciculture ne permet pas pour l'instant d'obtenir des rendements aussi importants que les monocultures intensives de riz (notamment à cause de l'espace perdu pour les installations piscicoles). Il n'est de plus pas exclu que des groupes de lobbying industriel, producteurs des différents produits phytosanitaires, ne favorisent cet état de fait.

Une portion non négligeable du delta du Mékong est utilisée en rizipisciculture, ce qui fait de cette dernière une zone très en avance par rapport aux régions avoisinantes, bien que la seule riziculture demeure largement dominante. Pourtant, à force de pesticides, les ravageurs de riz mutent et la sélection génétique les rend tous les jours plus nombreux et complexes, compliquant la tâche des exploitants et les contraignant à toujours plus de pesticides et d'engrais chimiques, menaçant l'équilibre écologique autant que financier de toute la région. De plus, ceci n'est pas anodin sur les autres productions du delta du Mékong comme la mono-pisciculture, particulièrement importante pour l'économie de la région et du pays (**cf. II et III**). Au contraire, la rizipisciculture assure des rendements minimum en riz, qui sont cependant dans la moyenne haute, pour un investissement faible et un risque très modéré (donc intéressant pour les agriculteurs les plus pauvres) dans un respect des équilibres écologiques, tout en permettant une diversification des sources de revenus de l'agriculteur (et donc l'essor de l'économie rurale et l'enrichissement des agriculteurs), avec l'élevage des poissons dans les rizières, la production d'arbres fruitiers (fréquemment réalisée sur les digues) ou le recyclage des déchets issus des élevages de porcs et de poulets.

Aujourd'hui plus que jamais, alors que l'humanité constate les dégâts irréversibles causés par les productions intensives mono-spécifiques issues de la révolution verte, et les coûts démesurés pour réparer les dégâts, le principe de lutte intégrée prend tout son sens. Prôné par la FAO, il se définit comme suit : *« conception de la protection des cultures dont l'application fait intervenir un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois écologiques, économiques et toxicologiques en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance »*. En Europe, la directive communautaire 91/414/CEE du 15 juillet 1991 la définit comme suit : *« L'application rationnelle d'une combinaison de mesures biologiques, biotechnologiques, chimiques, physiques, culturales ou intéressant la sélection des végétaux dans laquelle l'emploi de produits chimiques phytopharmaceutiques est limité au strict nécessaire pour maintenir la présence des organismes nuisibles en dessous de seuil à partir duquel apparaissent des dommages ou une perte économiquement inacceptables »*. La rizipisciculture apparaît donc plus que jamais comme une formidable méthode de lutte intégrée dont le développement doit être encouragé.

Pourtant, les poissons ainsi obtenus souffrent d'une mauvaise image sur les marchés internationaux. Le consommateur moyen (occidental car c'est encore lui qui impose sa loi sur les marchés mondiaux) encourage une production plus durable de ses vœux mais préfère consommer un produit formaté (ISO 9001) connu, considéré comme moins risqué, même si cela rentre en contradiction avec ses pieuses intentions. La production piscicole ainsi obtenue se limite donc aux marchés locaux. De fait, la promotion de ce système est limitée.

Conclusion

La pisciculture dans le delta du Mékong a subi un boum majeur au cours de ces dix dernières années. Elle s'est transfigurée, passant d'une activité traditionnelle à une activité industrielle. On retrouve trois principaux systèmes de pisciculture qui cohabitent au sein des différentes provinces composant le delta du Mékong : la production en cage, la production en étang et la rizipisciculture. De façon moins importante, on trouve également des élevages en enclos ou en cage « stylo ».

C'est dans ces différents systèmes de production (à l'exclusion de la rizipisciculture) que l'on retrouve le Pangas, poisson autochtone emblématique du delta du Mékong, choisi comme modèle pour cette étude. Le succès rencontré par cette espèce sur les marchés mondiaux grâce à son filet blanc sans arrête produit à faible coût associé à la maîtrise de son cycle de reproduction et au développement d'aliments industriels ont radicalement transformé le visage de la production piscicole.

La production en cage représente une formidable adaptation des populations les plus pauvres aux spécificités de la pisciculture, par capture des alevins en milieu naturel, par une alimentation à partir de sous-produits agricoles ou de la pêche disponibles localement, par de faibles investissements. L'incapacité à contrôler les différents paramètres de l'élevage ainsi que l'inadaptation de *Pangasius hypophthalmus* à cette forme de pisciculture ont entraîné un fort déclin de ce type de production, bien qu'encore très présent dans le delta du Mékong.

La production moderne en étang, système dominant dans le delta du Mékong, est une adaptation de la pisciculture à l'exigence des marchés internationaux aussi bien en termes de qualité (contrôle de l'eau, de l'alimentation, etc...) que d'image (rejet du poisson « latrine ») ou de productivité. Pourtant, l'étang à latrine représentait un formidable système d'épuration des effluents domestiques ou issus des diverses productions animales et végétales, permettant la production de protéines à bas coût (financier et énergétique). Malheureusement, l'occidentalisation des habitudes de vie a entraîné un rejet de ce type de production.

Cette industrialisation de la production a aussi ses revers. Elle s'est accompagnée d'une augmentation de l'utilisation d'intrants chimiques, de l'accroissement des rejets à l'origine de pollutions de l'environnement, d'une destruction des systèmes traditionnels d'élevage ainsi que d'une fragilisation d'un pan entier de l'économie du delta aujourd'hui dépendante de cette seule pangasiculture. Cette filière se révèle ainsi totalement inféodée aux fluctuations

souvent imprévisibles des marchés mondiaux. De plus, sa très grande concentration dans le delta, associée à des mesures d'épidémio-surveillance et de prophylaxie insuffisantes, la rend très sensible à une éventuelle épizootie.

Pourtant, il existe une alternative à la monoculture : la rizipisciculture. C'est un modèle unique permettant la combinaison d'une production végétale et animale en une même unité de lieu et de temps. Aujourd'hui, le développement des connaissances scientifiques et techniques permet de passer d'une simple activité de cueillette à une véritable activité piscicole. De nouvelles recherches doivent être conduites en ce sens afin de profiter pleinement de l'impact positif des poissons sur la production de riz (action de désherbage, de lutte contre les parasites, de recyclage de la matière organique) et de renforcer la production de ces derniers. Ce système s'avère moins consommateur d'intrants, notamment physico-chimiques, permettant d'obtenir une production rizicole aussi bien que piscicole respectueuse des équilibres écologiques. Encore trop souvent reléguée en vitrine du développement durable, cette combinaison de cultures devrait au contraire être fortement développée dans tous les pays asiatiques.

Le Professeur responsable de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Professeur
Th. ALOGNINOUWA

Vu : Le Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

LE DIRECTEUR

Stéphane MARTINOT

Le président de la thèse

Vu et permis d'imprimer

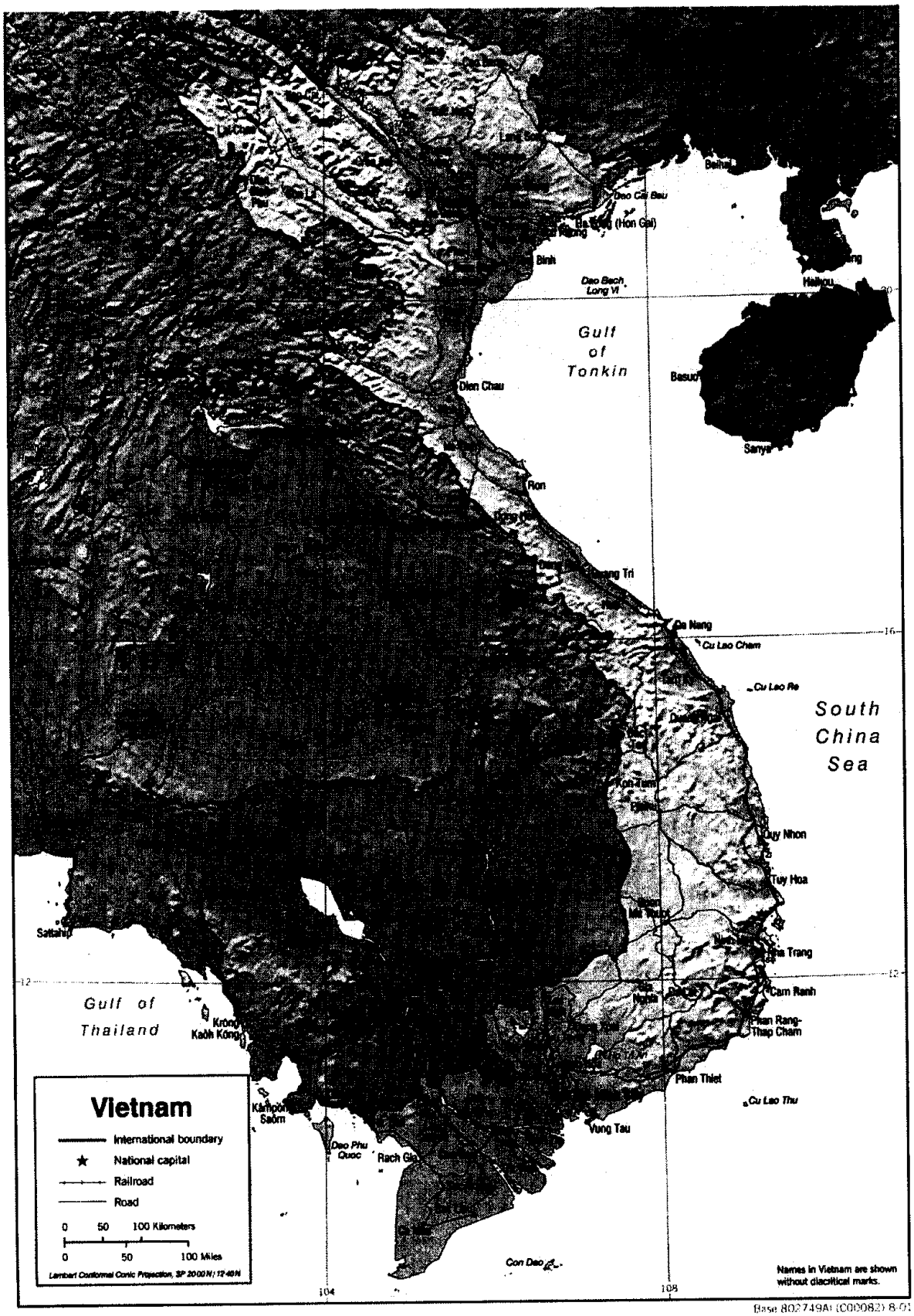
Lyon, le 24 NOV. 2008

Pour le Président de l'Université,

Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,

Professeur F.N GILLY

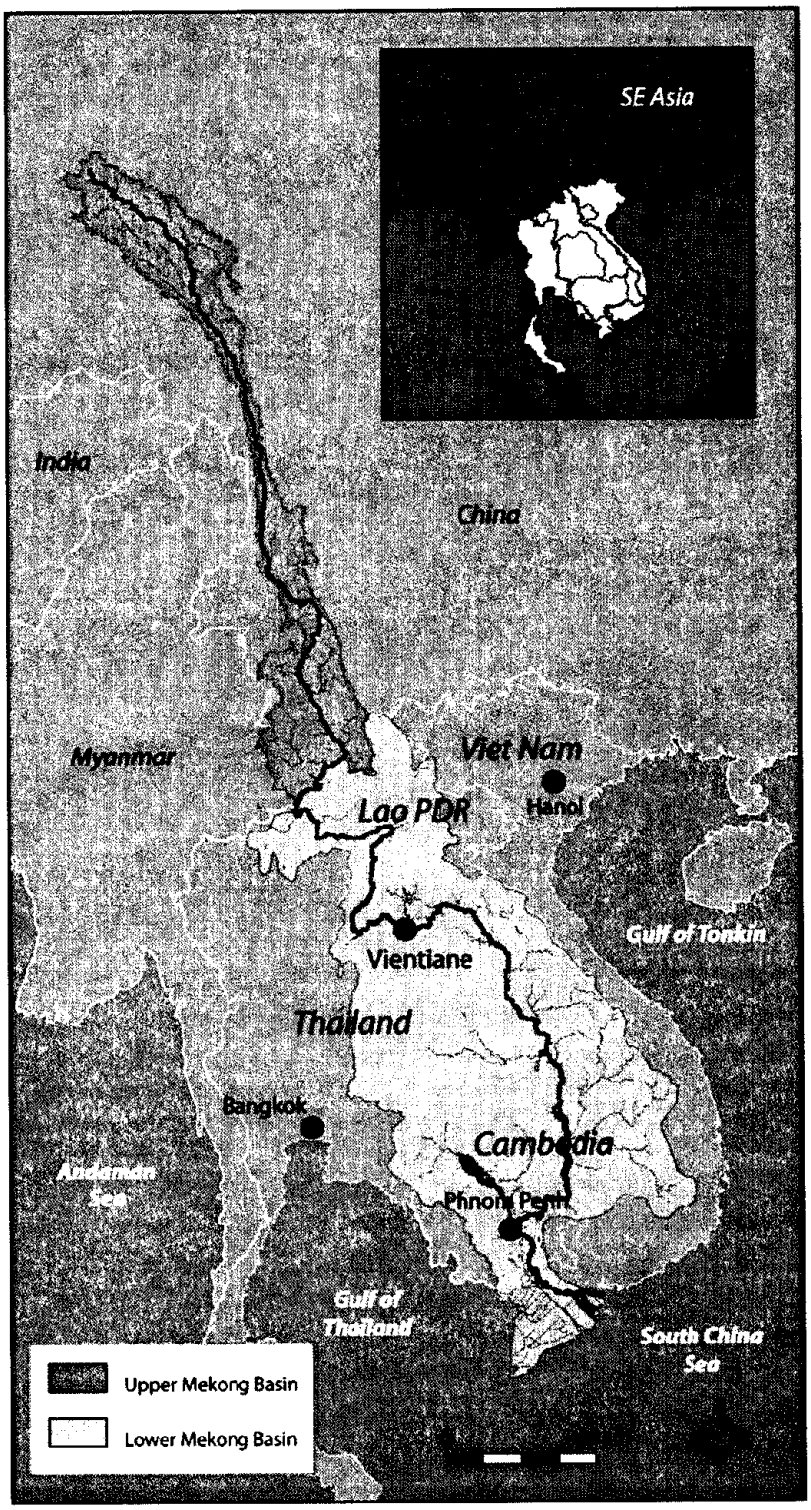
Annexe 1: Cartographie du Vietnam



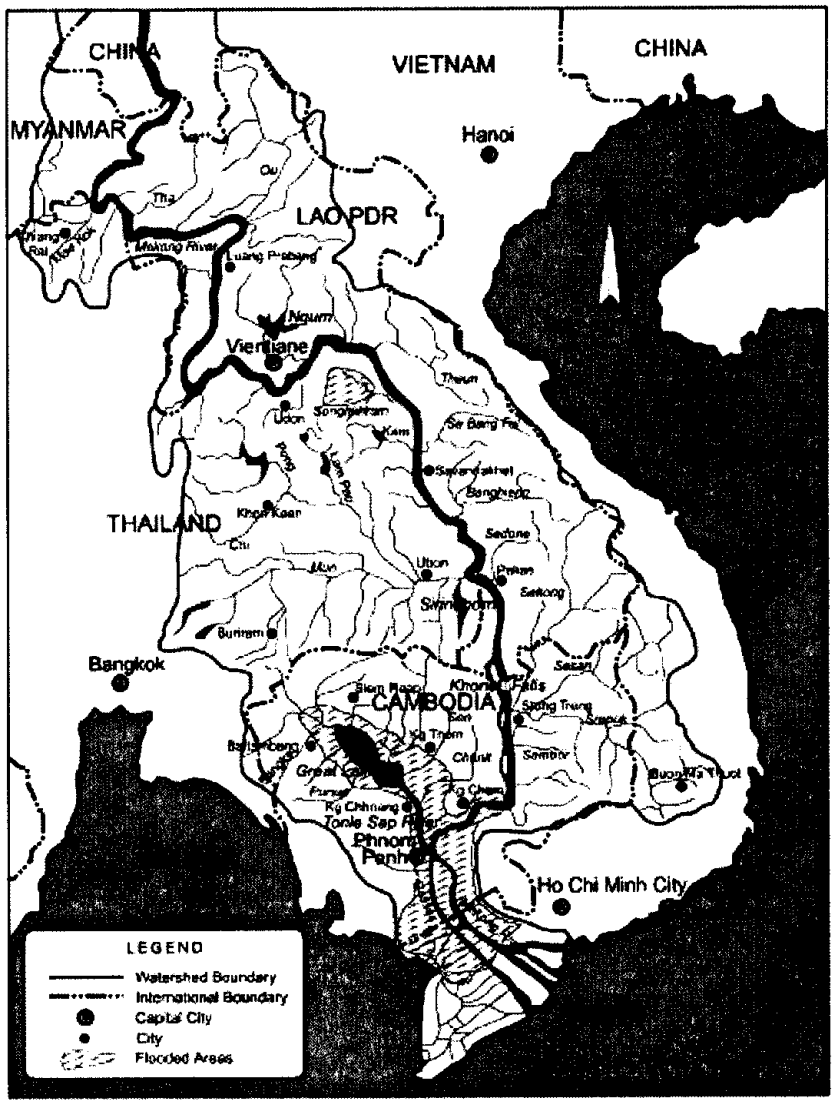
Carte n°3 : Le Vietnam

(d'après [XI28])

Annexe 2: Le fleuve Mékong



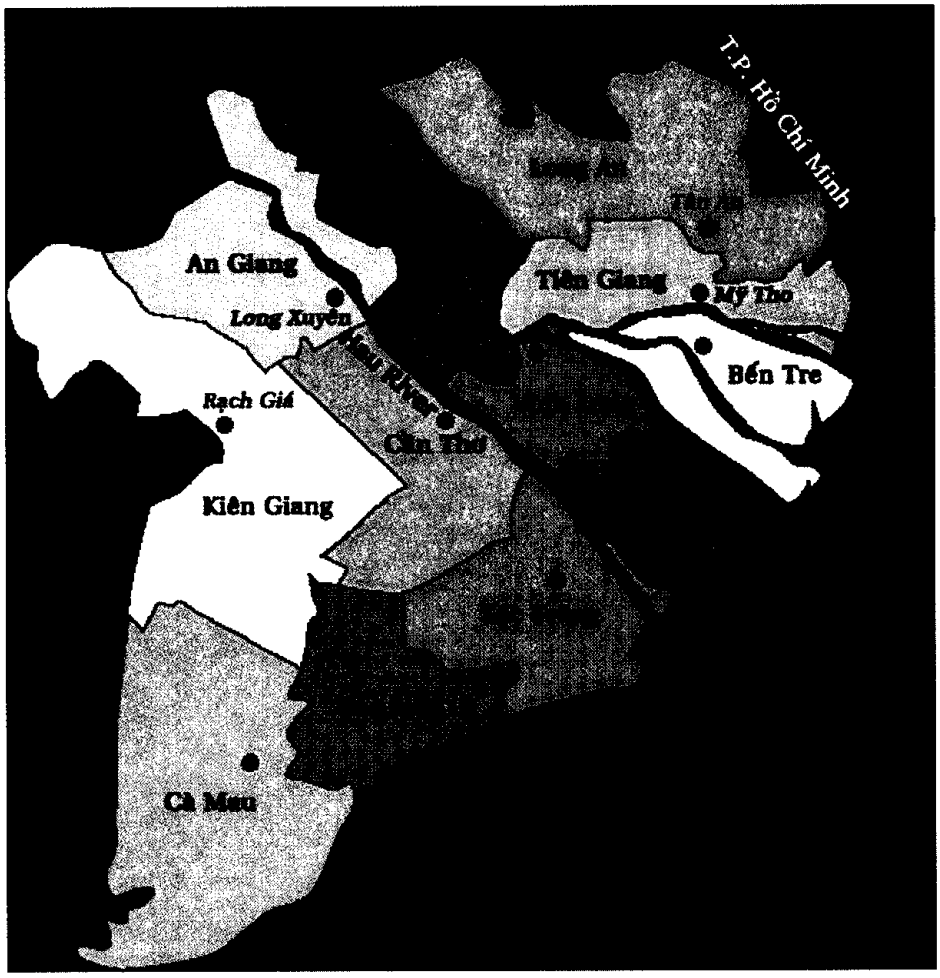
Carte n°4 : le fleuve Mékong et son bassin
(d'après [53])



Carte n°5 : Le fleuve Mékong : principaux affluents et zones inondées

(d'après [84])

Annexe 3: Subdivisions administratives du delta du Mékong



Carte n°6 : Subdivisions administratives du delta du Mékong
(d'après [4])

Annexe 4: Pêche de capture au Vietnam : stocks et quotas en 1997

	Stocks de poissons x 10^3 tonnes	Total admissible des captures x 10^3 tonnes
Golfe du Tonkin	681,2	272,5
Région du Centre	606,4	242,6
Sud-Est	2075,9	830,5
Sud-Ouest	506,7	202,3
Embouchures maritimes	10,0	2,5
Autres Zones maritimes	300,0	120,0
TOTAL	**4180,2**	**1670,4**
Petits pélagiques	1730,0	694,1
Démersaux < 50m	597,6	239,2
Démersaux > 50m	1542,6	617,1
Pélagiques de haute mer	300,0	120,0
TOTAL	**4180,2**	**1670,4**

Tableau n°35 : Total admissible des captures par région et par classe de poissons en fonction des stocks au Vietnam
(d'après FAO 1997)

Annexe 5: Les « Poissons-déchets »

Scientific name	English name	Vietnamese name	Location
Mollusca	**Mollusc**	**Nhuyen the**	
Hyriopsis cumingii	Fresh water oyster	Trai nuoc ngot	C
Sanguinolaris diphos	?	Phi	C
Ostrea sp	Oyster	Hau	C
Pteria martensii	Penguin wing oyster	So giay	C
Bilaglobosa swatson	Golden snail	Oc vang	C
Pila polita	Apple snail	Oc buou	C
Loligo spp	Squid (small size, gut)	Muc (nho, ruot)	SW
Crustacea	**Crustacean**	**Giap xac**	
Penaeidea	Penaeid shrimp (small)	Tom nho	N, C
Calappa sp	Crab (small)	Cua nho	N, C, SW
Portunus spp	Swimming crab (small)	Ghe nho	N, C, SW
Echinodermata	**Echinoderms**	**Da gai**	
Holodeima spp	Lolly fish	Hai sam	C
Holothuria vagabunda	Black sea cucumber	Hai sam den	C
Diadema setosum	Black sea urchin	Cau gai den	C
Marine fishes		**Ca bien**	
Rajiformes	**Order Rajiformes**	**Bo ca duoi**	
Dasyatis spp	Sting ray (gut)	Duoi (ruot)	SW
Clupeiformes	**Order Clupeiformes**	**Bo ca trich**	
Stolephorus spp	Anchovy	Com	C, SW
Clupea leiogaster	Sardine	Trich SW	
Thrissa mystax	Moustached thryssa	Lep	C
Clupanodon spp	Gizzard shad	Moi	SW
Scopeliformes	**Order Scopeliformes**	**Bo ca den**	
Saurida spp	Lizard fish	Moi	N, C, SE
Anguilliformes	**Order Anguilliformes**	**Bo ca chinh**	
Muraenesox cinereus	Silver conger eel	Lat	C
Beloniformes	**Order Beloniformes**	**Bo ca kim**	
Hemirhemphus far	Half break	Kim bong	N, C
Cyselurus spp	Flying fish	Chuon	C, SW
Mugiliformes	**Order Mugiliformes**	**Bo ca doi**	
Shyraena jello	Giant sea pike	Nhong	SW
Perciformes Order	**Order Perciformes**	**Bo ca vuoc**	
Otholithes argentrus	Croaker	Op	N
Johnius goma	Croaker	Uop	N, C, SW
Upeneus spp	Goat fish	Phen	N, SE
Siganus spp	Rabitfish	Dia	N
Decapterus spp	Scad	Nuc	N, C, SW
Scomber spp	Mackerel	Bac ma	SW
Rastrelliger brachisoma	Short-body mackerel	Ba thu	SW
Selaroides leptolepis	Yellow-stripe trevally	Chi	SW
Formio niger	Black pomfret	Chim den (nho)	SW
Psenes indicus	Indian pomfret	Chim An Do	C
Priacanthus macracanthus	Red bigeye	Son thoc	SE
Leiognathus spp	Pony fish	Liet	C, SW
Nemipterus hexodon	Ornate threadfin bream	Dong	SE
Pomadasys spp	Grunter	Sao	C
Platycephalus indicus	Flathead fish	Chai	N, SW
Tilapia spp	Tilapia (small size)	Ro phi nho	C
Pleuronectiformes Order	**Order Pleuronectiformes**	**Bo ca bon**	
Paralychthys olivaceus	Flatfish	Bon vi	N
Cynoglossus bilineatus	Flounder	Bon cat	C
Tetradontiformes Order	**Order Tetradontiformes**	**Bo ca noc**	
	Leather jacket	Bo da	N, SE
	Unknown fishes*	**Ca khac**	
	By-products (head, gut) from processing (for drying) of fishes:	**Phe pham (dau, ruot) tu che bien (phoi kho) cac loai ca:**	
	Trevally, bream, lizardfish, ray, anchovy	chi, dong, moi, duoi, com	SW
	Lizardfish, Red bigeye, ray, pomfret	moi, thoc, duoi, chim	SE

N — the north; C — the centre; SW — the southwest; SE — the southeast.

* Also the following species for which only the Vietnamese name could be found: dao, nhit, nham, duoi, bem bep, khoai from the north; suot, chet from the centre, and bi from the southeast of Vietnam

Tableau n°36 : Espèces incluses dans l'appellation « poissons-fourrage » couramment rencontrées en alimentation aquacole au Vietnam

(d'après Allen et al. cités par [33])

Pays	Poisson à faible valeur/taux poisson (Tonnes)	Proportion des prises totales (Pourcentage)	Principaux engins de pêche[1]	Année d'estimation
Bangladesh	71 000	17	Filets maillants (48) Engins fixes de bateaux non motorisés (42)	2001-02
Chine	5 316 000	38	Chalut	2001
Indie	271 000	10-20	Chalut	2003
Philippines	78 000	4	Chalut (41) Senne de fond (22) Senne coulissante (12)	2003
Thaïlande	765 000	31	Chalut (95)	1999
Viet Nam	933 183	36	Chalut	2001

[1] Les chiffres entre parenthèses sont des pourcentages.
Source: Études de pays de la CAPP, cité dans FAO. 2005. *Asian fisheries today: the production and use of low-value/trash fish from marine fisheries in the Asia-Pacific region*, par S. Funge-Smith, E. Lindebo et D. Staples. Publication RAP 2005/16. Bangkok

Tableau n°37 : Estimation de la production annuelle de « poissons-déchets » dans la région Asie - Pacifique
(d'après [16])

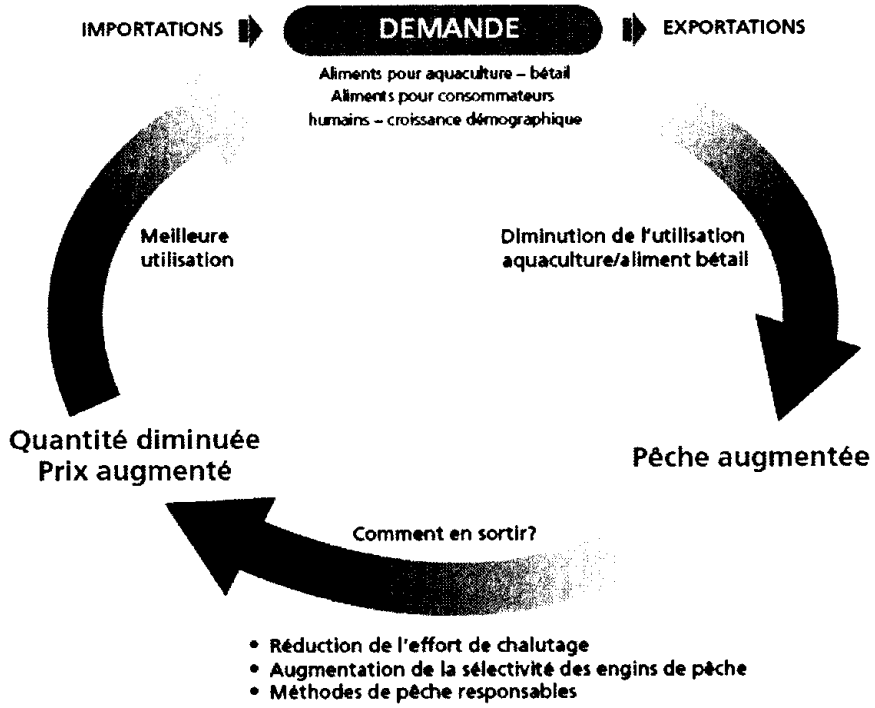


Figure n°30 : Cercle vicieux par lequel l'accroissement de la demande soutenu par l'accroissement des prix conduit à l'accroissement des captures et à la dégradation de la ressource
(d'après [16])

Annexe 6: Identification et caractéristiques des principaux pangasidae

Clef d'identification des grands pangasidés(*) du Mékong.

La clef est adaptée pour l'identification des espèces selon des critères externes.

1a. Tâche noire à la base de la nageoire pectorale ..... [redacted]

1b. Absence de tâche noire à la base de la nageoire pectorale 2

2a. **Nageoire pelvienne** à 8 rayons (rarement 9) 3

2b. Nageoire pelvienne à 6 rayons 4

3a. Présence des **plaques dentaires** vomériennes et palatines, fines, dissociées ou accolées pour former 2 arcs ..... [redacted]

3b. Absence des plaques dentaires vomériennes et palatines ; tête relativement grosse, longueur dépassant 29 % de la longueur standard (Ls) ..... [redacted]

4a. Plaques vomériennes dissociées (2 plaques) ou accolées (1 grosse plaque) flanquées de 2 petites plaques palatines 5

4b. Plaques vomériennes et palatines fusionnées formant 1 ou 2 arcs 6

5a. Mâchoire inférieure en retrait de la mâchoire supérieure, découvrant nettement la plaque dentaire externe supérieure ; museau légèrement à très pointu ; pédoncule caudal relativement mince, de hauteur inférieure à 6,5 % Ls ..... [redacted]

5b. Présence de petits points (organes sensoriels ?) alignés en stries verticales sur les flancs ; corps relativement profilé ; nageoire caudale pouvant être de couleur jaune ..... [redacted]

5c. caractéristiques différentes de 5a et 5b ; bouche de largeur inférieure à 10 % Ls ..... [redacted]

6a. Bouche très large, largeur dépassant 17 % Ls ; extensions filamenteuses aux nageoires dorsale, pectorales, pelviennes et annale ..... [redacted]

6b. caractéristiques différentes de 6a. ; corps très profilé ; nageoire caudale pouvant être de couleur jaune ..... [redacted]

(*) : Il existe quatre espèces « naines » dont la longueur standard d'excède pas 20-30 cm. *P. pleurotaenia* présente un abdomen entièrement profilé et une nageoire anale comportant 39-46 rayons. *P. micronema*, *P. polyuranodon* et *P. macronema* présentent de longs barbillons maxillaires qui se prolongent jusqu'au bord postérieur de l'œil, à l'arrière des ouïes et à la base des nageoires pectorales, respectivement.

Figure n°31 : Clé d'identification des grands pangasidae du Mékong

(d'après [39])

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
P. conchophilus	Ca ba	5	5	5	1(+)	
P. djambal (?)	Ca bong lau* Ca tra ban	3	3	1	2(+)	
P. hypophthalmus	Ca tra	5	4	1	1(+)	Not a good reputation (latrine ponds)
P. larnaudii	Ca vo dem	4	1	3	2(++)	Strong pathological problems in culture
P. macronema	Ca xac soc	1	No data	1	1	NO INTEREST FOR AQUACULTURE low growth rate, low price, no potential for processing
P. micronema	?	1	No data	?	No data	
P. polyuranodon	Ca dua	1	No data	1	1	
P. sanitwongsei	Ca vo co	5	No data	2	No data (+)	Aggressiveness in captivity
P. krempfi	Ca bong lau*	NO CULTURE IN CAGES MAINLY BECAUSE NO GOOD SURVIVAL WHEN MANIPULATIONS/HANDLING			3(+)	THE BEST FOR BRACKISHWATER CULTURE

* Commercial name (used on markets and Long Xuyen factory).

Tableau n°38 : Principales caractéristiques pour l'aquaculture des différents pangasidae du delta du Mékong

(d'après Lenormand (1996), cité par [39])

Annexe 7: Etape de filetage chez Docifish

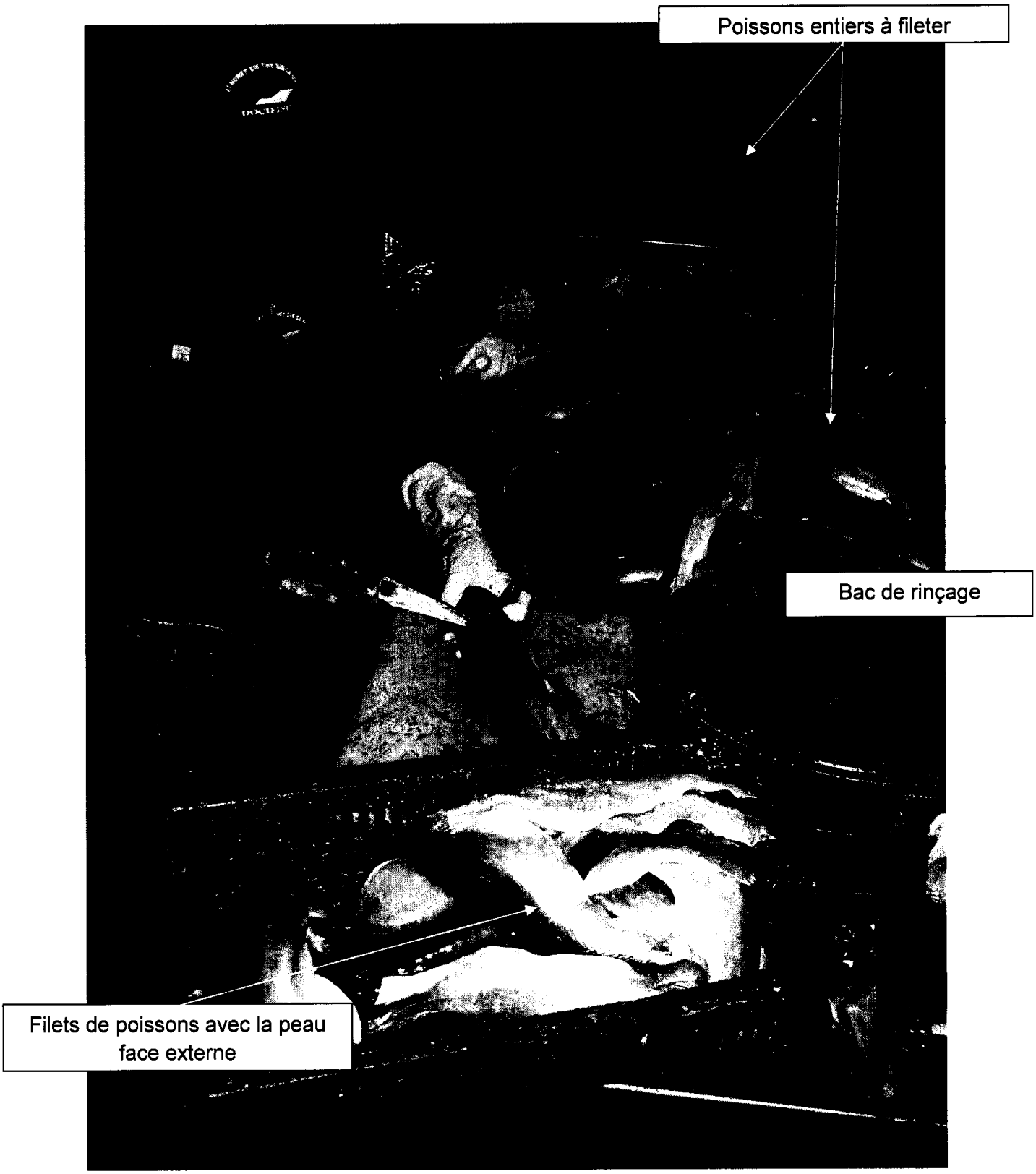
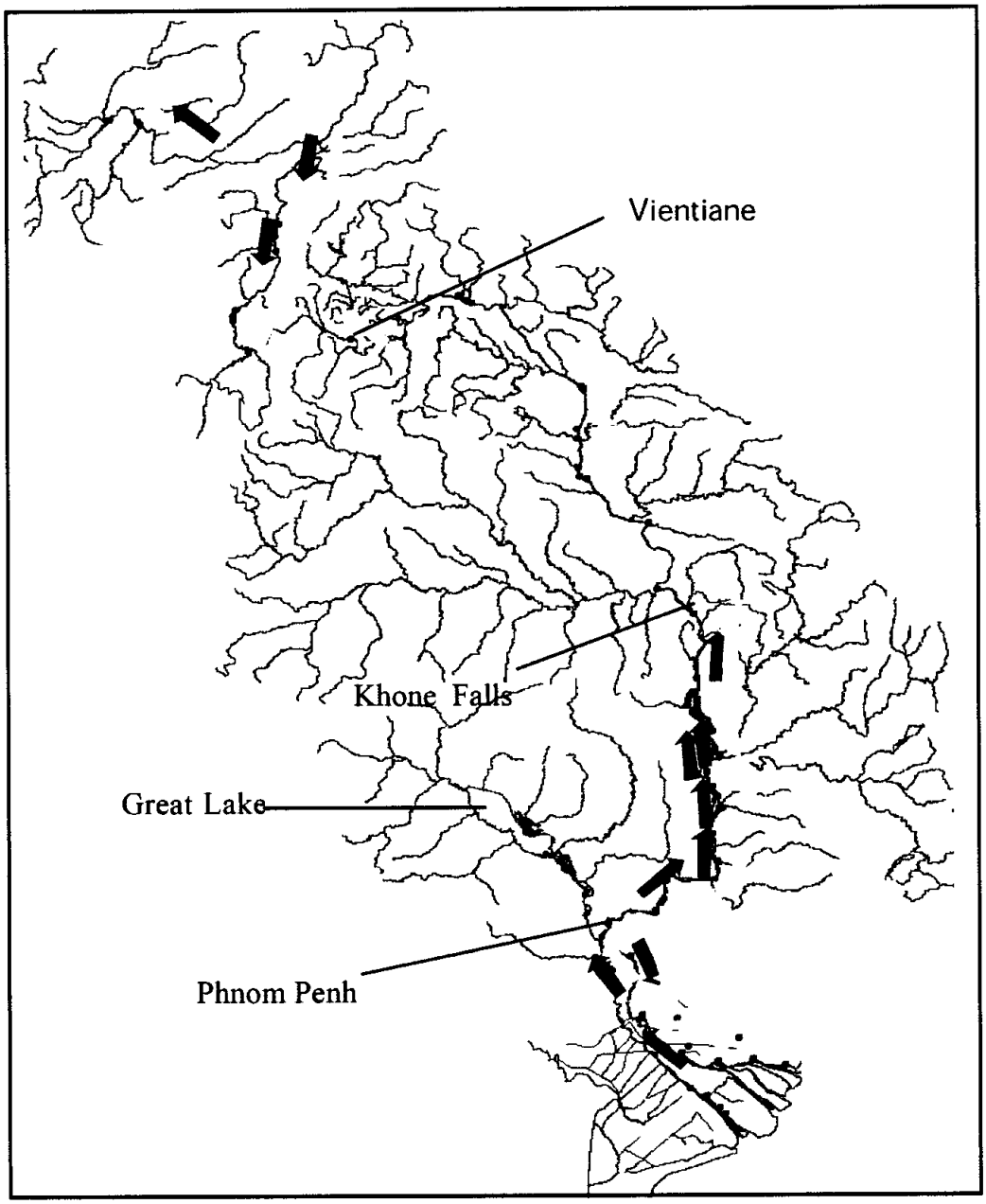


Photo n°36 : Etape de filetage chez Docifish

Annexe 8 : Migrations des adultes reproducteurs chez *P. hypophthalmus*



Légende :

Rouge : Octobre à février
Jaune : Mai à septembre
Bleu : Mars à mai

Carte n°7 : Migrations des P. hypophthalmus adultes
(d'après Poulsen et Valbo-Jorgensen 2001, cités par [84])

Annexe 9: Listes exhaustives des différents parasites rencontrés en pangasiculture dans le delta du Mékong et documentés à la fin de l'année 2003, d'après [92]

FAMILY PANGASIIDAE[124]

Pangasius bocourti Sauvage –
Status: native ca basa
Environment: freshwater
Protozoa
Balantidium sp. (MRD)
Ichthyonyctus pangasia (MRD)
Ichthyophthirius multifiliis (MRD)
Protoopalina sp. (MRD)
Trichodina nigra (MRD)
Triparticlla bulbosa (MRD)
Myxozoa
Zschokkella parasiluri (MRD)
Digenea
Prosorhynchoides gracilescens (MRD)
Monogenoidea
Monogenoidea gen. sp. (MRD)
Thaparocleidus caecus (MRD)
T. pangasi (MRD)
Thaparocleidus sp. (MRD)
Cestoda
?*Proteocephalus osculatus* (MRD)
Nematoda
Cucullanus cyprini (MRD)
?*Dichelyne* (*Cucullanellus*) *minutus* (MRD)
Philometra sp. (MRD)
Spectatus sp. (MRD)
Acanthocephala
Pseudorhadinorhynchus vietnamensis (MRD)

[123] Sichuan River basin, Vietnamese-Chinese border.

[124] The identification of some of the pangasiid catfishes of the lower Mekong River is problematic. In some of the publications of Bui Quang Te and colleagues, the catfishes known locally as "ca basa" and "ca tra" were identified as *Pangasius pangasius* and *P. micronemus*, respectively. However, in other papers by these authors "ca basa" was identified as *P. bocourti* and "ca tra" as *P. hypophthalmus*. In compiling this checklist, we have listed the host identifications for records from *Pangasius* spp. as they originally appeared in the literature, recognizing that host misidentifications may have occurred, and that in some cases the same parasite records (often repeated in the publications of Te and colleagues) have appeared under two different host species. In the case of Te (1993b) and Te and Tam (1999), where no scientific names were associated with host common names, parasite records for "ca basa" and "ca tra" are listed under *Pangasius* sp.

Pangasius hypophthalmus (Sauvage) sutchi catfish
Status: native ca tra nuoi
Environment: freshwater

Protozoa

Apiosoma minutum (MRD)
A. piscicolum cylindriformis (MRD)
Balantidium sp. (MRD)
Chilodonella sp. (MRD)
Cryptobia branchialis (MRD)
Epistylis kronwerci (MRD)
Ichthyophthirius multifiliis (MRD)
Microsporidia gen. sp. (CT)
Protozoa gen. sp. (MRD)
Trichodina acuta (MRD)
?*T. gasterostei* (MRD)
T. mutabilis (MRD)
T. nigra (MRD)
T. partidisci (MRD)
T. siluri (MRD)

Trichodina sp. (CT)
Tripartiella bulbosa (MRD)
T. copiosa (MRD)
T. lata (MRD)
T. obtusa (MRD)
Trichodinidae gen. sp. (MRD)

Myxozoa

Ceratomyxa sp. (MRD)
Henneguya sp. (MRD)
Myxobolus miyairii (MRD)
Myxobolus sp. (CT,MRD)

Digenea

Prosorhynchoides gracilescens (MRD)

Monogenoidea

Dactylogyrus sp. (CT)
Monogenoidea gen. sp. (MRD)
Thaparocleidus caecus (MRD)
Thaparocleidus sp. (MRD)

Cestoda

Lytocestus parvulus (MRD)
?*Proteocephalus osculatus* (MRD)

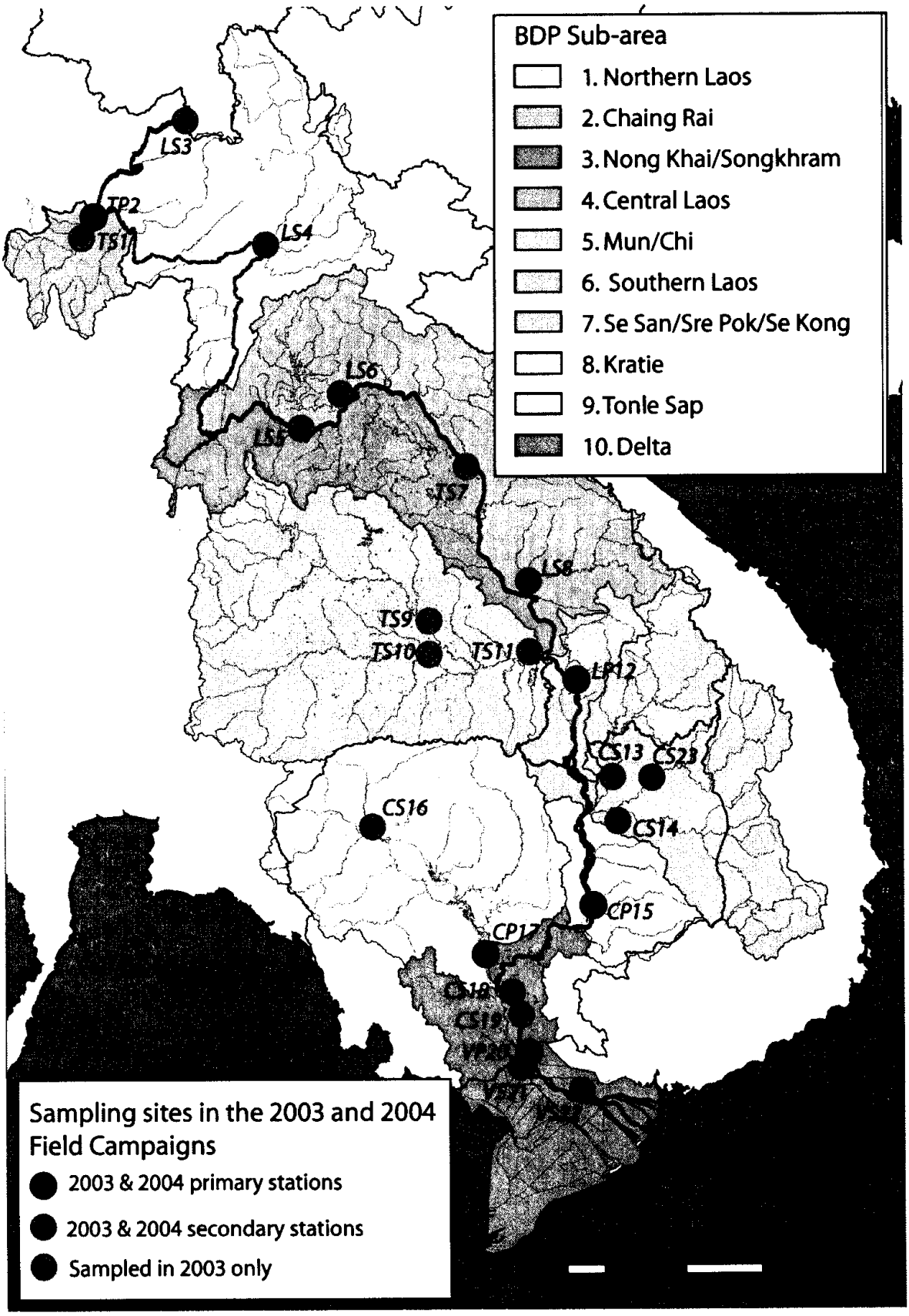
Nematoda

?*Dichelyne* (*Cucullanellus*) *minutus* (MRD)
Philometra sp. (MRD)
Spectatus sp. (MRD)

Copepoda

Ergasilus sp. (MRD)

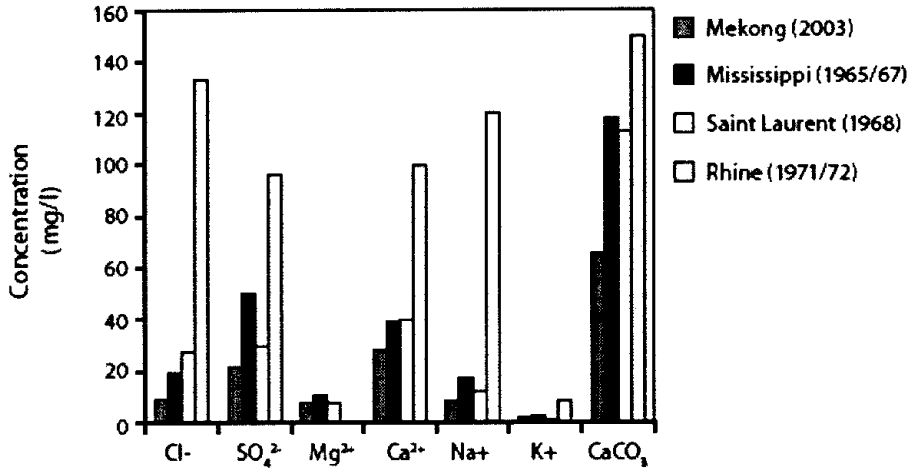
Annexe 10: Etude diagnostique de la qualité des eaux du Mékong (d'après [53])



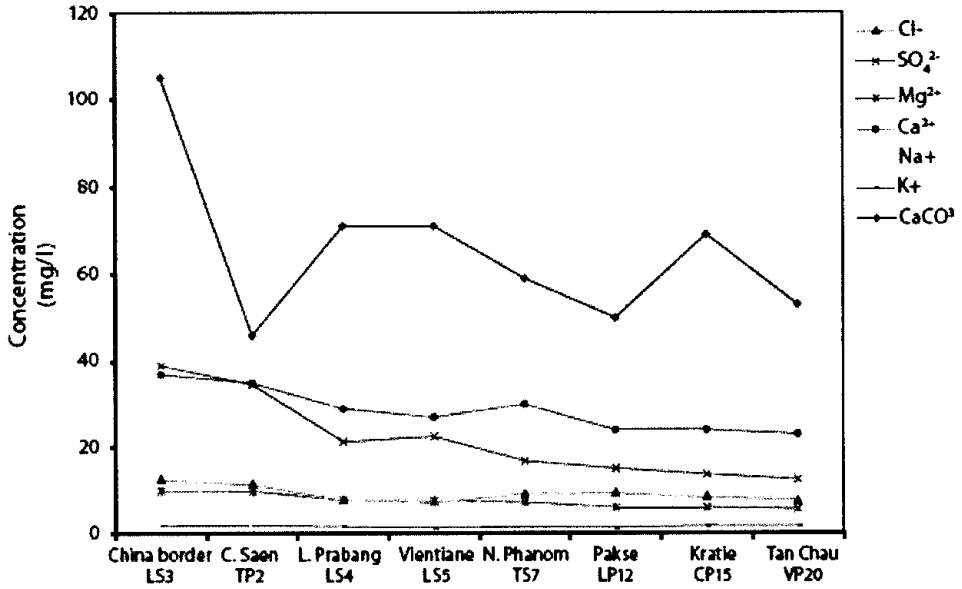
Carte n°8 : Carte du bas bassin du Mékong indiquant les différentes stations d'étude de la qualité de l'eau

(d'après [53]

Principaux ions :



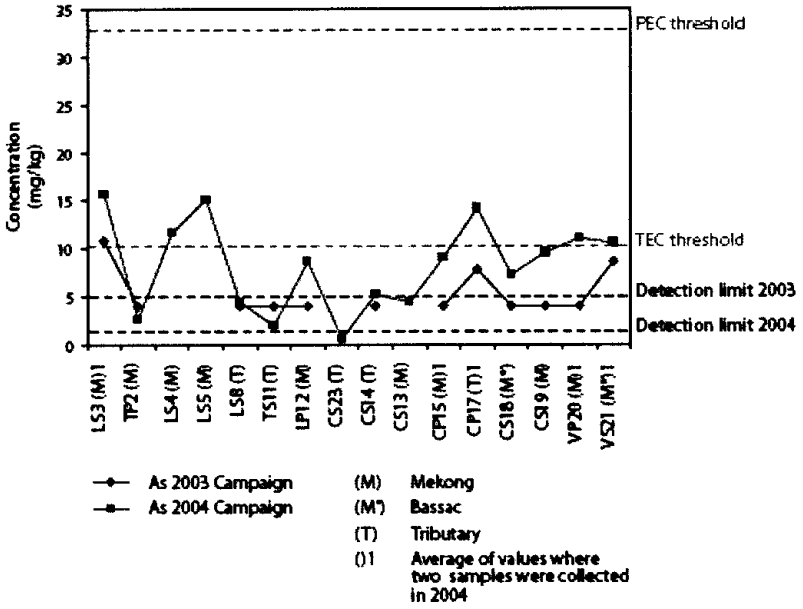
Graphe n°23 : Comparaison du profil chimique de différents fleuves
(d'après [53])



Graphe n°24 : Profil des principaux ions rencontrés dans le Mékong
(d'après [53])

Métaux lourds :

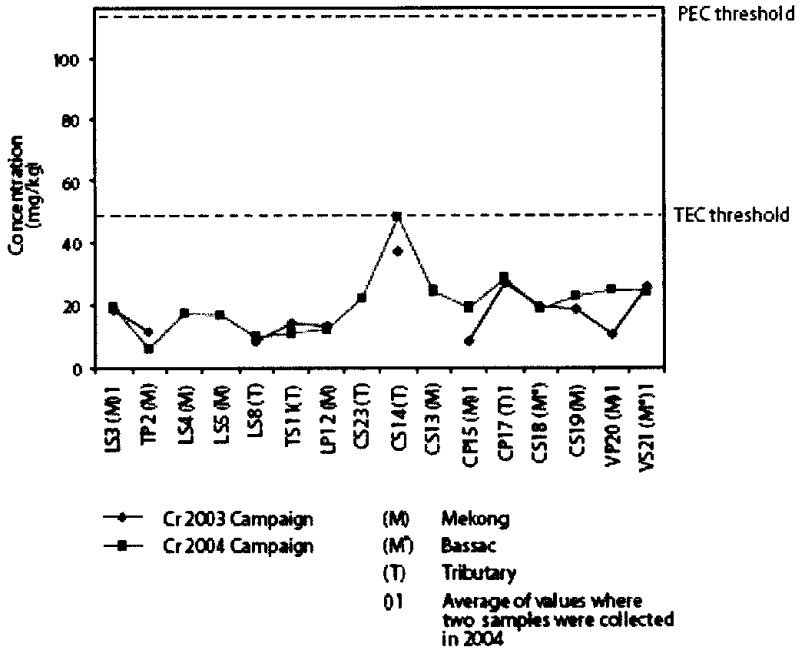
→ Arsenic



Graphe n°25 : Concentrations en arsenic enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004

(d'après [53])

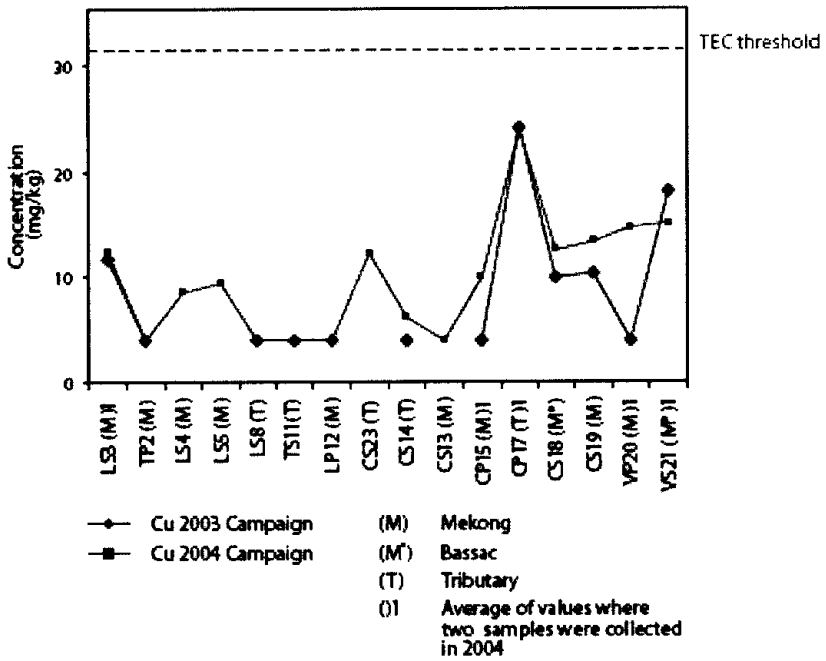
→ Chrome



Graphe n°26 : Concentrations en chrome enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004

(d'après [53])

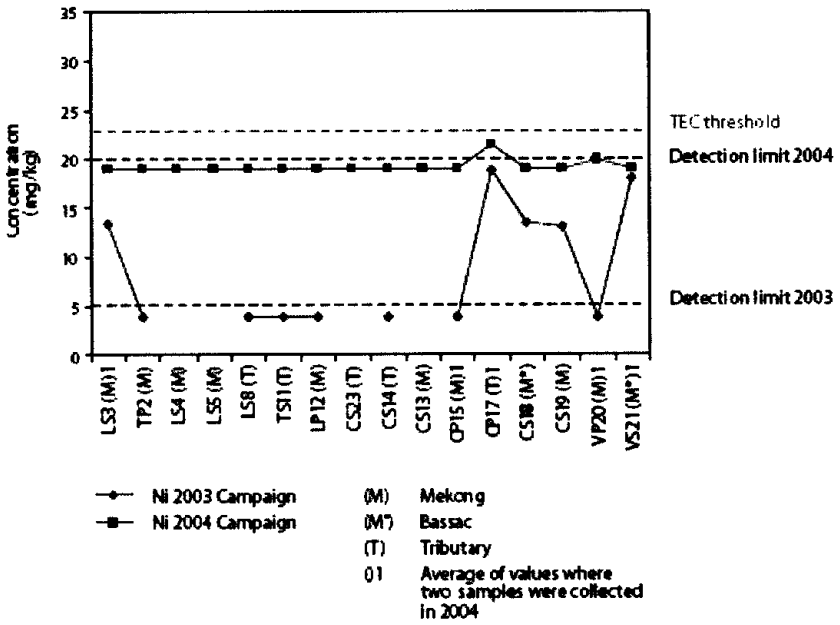
→ Cuivre



Graphe n°27 : Concentrations en cuivre enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004

(d'après [53])

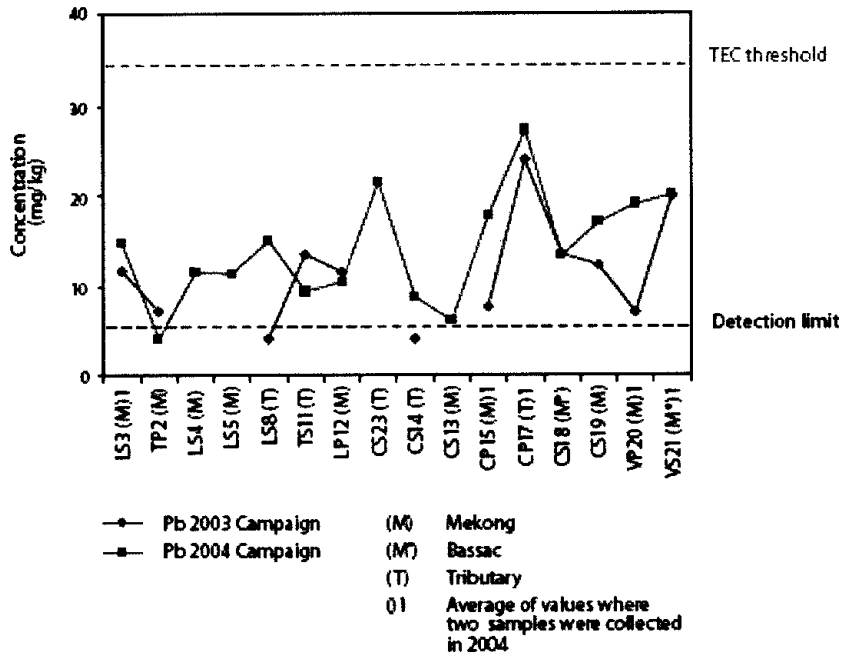
→ Nickel



Graphe n°28 : Concentrations en nickel enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004

(d'après [53])

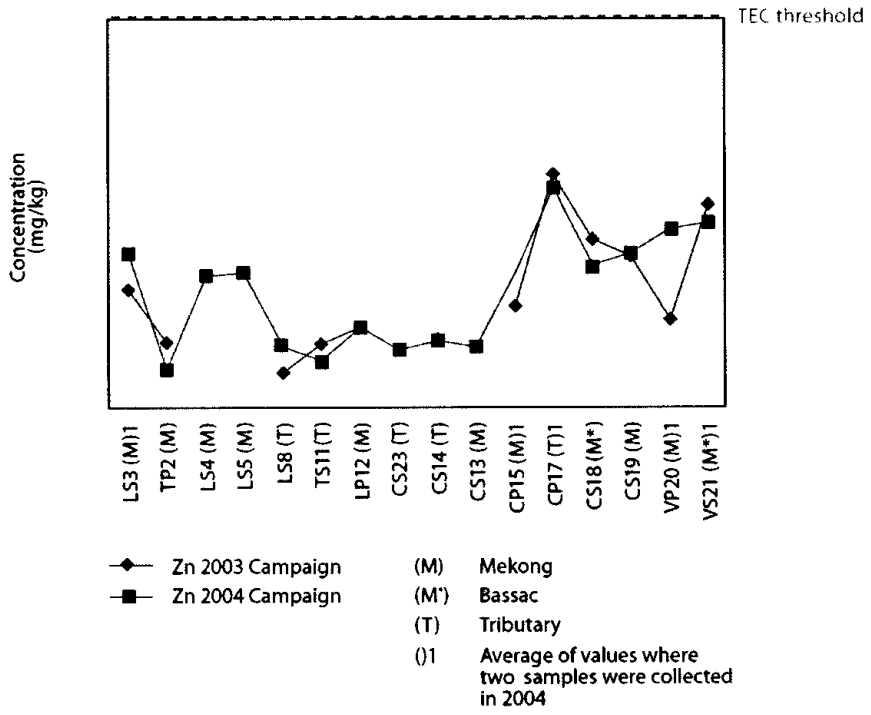
→ Plomb



Graphe n°29 : Concentrations en plomb enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004

(d'après [53])

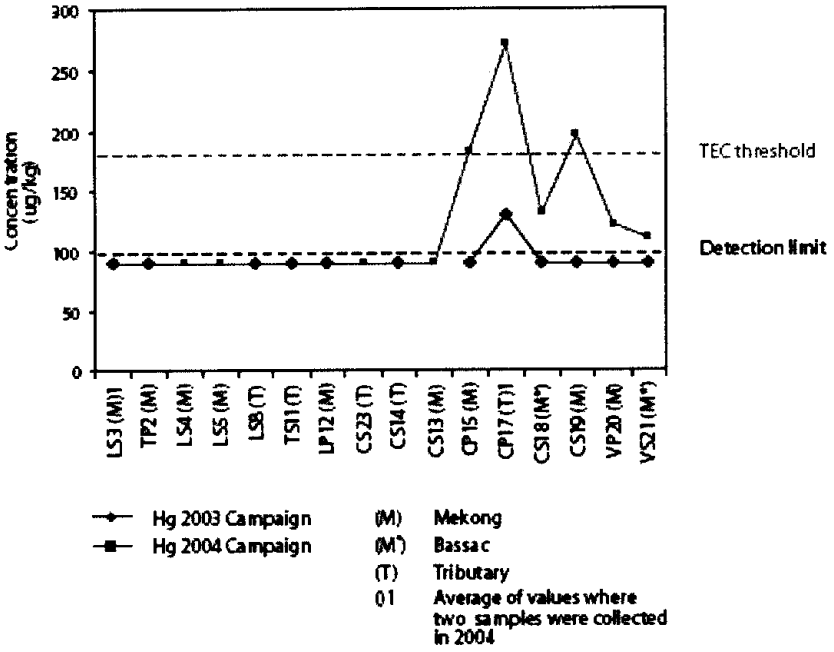
→ Zinc



Graphe n°30 : Concentrations en zinc enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004

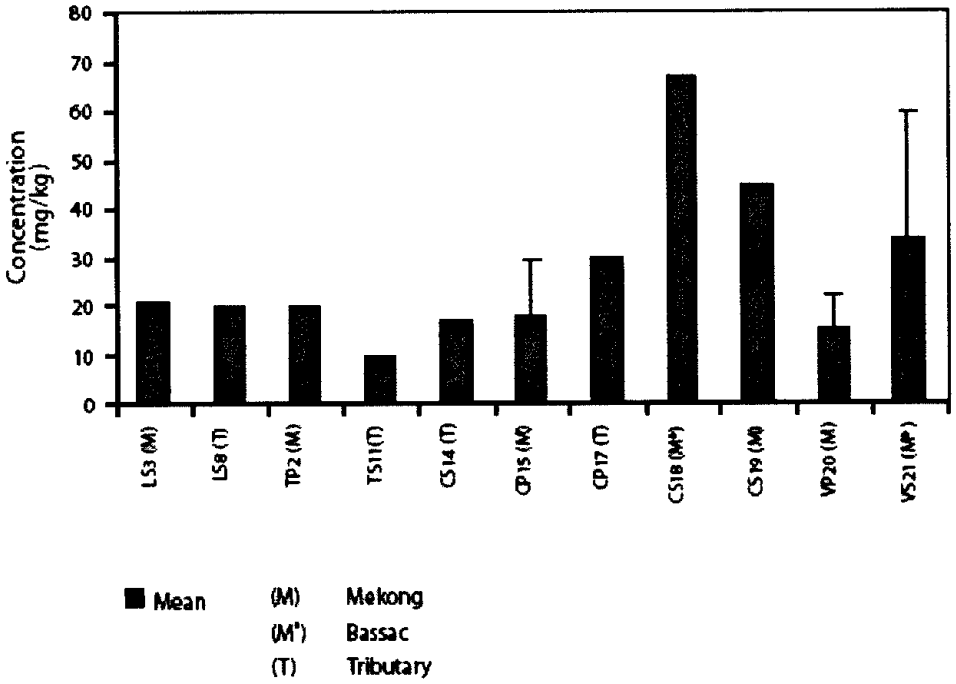
(d'après [53])

→ Mercure



Graphe n°31 : Concentrations en mercure enregistrées durant les campagnes 2003 et 2004
(d'après [53])

Hydrocarbures :



Graphe n°32 : Concentrations totales en hydrocarbures mesurées durant les campagnes 2003 et 2004
(d'après [53])

Annexe 11: Résultats de l'étude sur l'impact environnemental de la pangasiculture en cage à Hong Ngu au Vietnam

Parameters	Upstream			Middle Stream			Downstream			200 m from the Last Cage (open river)
	Incoming	*Cage*	*Outgoing*	*Incoming*	*Cage*	*Outgoing*	*Incoming*	*Cage*	*Outgoing*	
pH	6.8±0.1	6.9±0.1	6.9±0.1	6.8±0.1	6.8±0.1	6.8±0.1	6.9±0.1	6.9±0.1	6.9±0.1	6.9±0.1
Temp. at 0.5 m (C)	26.4±0.4	26.5±0.4	26.5±0.4	26.8±0.4	26.7±0.3	26.7±0.3	26.9±0.3	26.8±0.3	26.9±0.3	26.6±0.8
Temp. at 2.5 m (C)	26.4±0.4	26.5±0.4	26.5±0.4	26.8±0.3	26.5±0.4	26.8±0.3	26.9±0.3	26.9±0.3	26.9±0.3	26.7±0.6
Temp. at 5.5 m (C)	26.4±0.4	26.5±0.4	26.5±0.4	26.8±0.3	26.8±0.3	26.8±0.3	26.9±0.3	26.9±0.3	26.9±0.3	26.7±0.6
DO at 0.5m (mg/L)	6.7±0.2	6.2±0.2	6.2±0.2	6.3±0.2	6.1±0.1	6.1±0.2	6.3±0.2	6.2±0.1	6.3±0.1	6.9±0.3
DO at 2.5 m (mg/L)	6.3±0.2	5.9±0.2	6.0±0.2	6.1±0.1	5.9±0.1	5.7±0.2	6.0±0.2	5.8±0.2	5.9±0.2	6.7±0.3
DO at 5.5 m (mg/L)	6.2±0.2	5.7±0.2	5.9±0.2	5.9±0.2	5.5±0.2	5.6±0.1	5.8±0.2	5.5±0.2	5.7±0.2	6.3±0.3
Secchi Disk Depth (cm)	33.3±4.7	32.0±4.6	35.2±4.9	34.3±4.1	30.8±3.6	35.6±4.8	33.0±3.7	30.9±3.5	33.6±3.8	42.3±9.5
TSS (mg/L)	79.1±18.1	87.2±23.7	88.0±22.3	121.3±27.3	125.8±27.3	130.2±27.9	88.4±16.7	86.0±16.8	92.1±18.00	81.9±31.1
ISS (mg/L)	61.1±16.2	63.0±16.5	71.2±20.1	98.7±24.1	99.7±24.2	101.5±24.4	61.9±13.8	64.2±13.7	64.6±14.3	60.6±23.9
OSS (mg/L)	18.0±2.3	24.2±9.4	16.8±2.7	22.6±3.5	26.2±4.1	28.7±4.8	26.5±4.3	21.8±4.1	27.5±5.6	21.2±8.6
Percentage of OSS (%)	42.3±5.0	36.6±4.3	39.0±5.5	39.8±4.6	39.7±4.6	39.4±4.0	48.9±4.6	39.2±3.5	45.9±3.9	46.4±6.8
TAN (mg/L)	0.17±0.02	0.19±0.02	0.17±0.01	0.16±0.01	0.17±0.01	0.21±0.03	0.16±0.01	0.16±0.01	0.17±0.01	0.27±0.11
Nitrite-N (mg/l)	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00
Nitrate- N (mg/l)	0.88±0.13	0.90±0.13	0.95±0.13	0.97±0.11	0.96±0.12	0.97±0.11	1.09±0.12	1.00±0.10	1.05±0.12	1.13±0.22
TKN (mg/L)	1.17±0.17	1.11±0.18	1.22±0.23	1.15±0.16	1.26±0.20	1.33±0.33	1.24±0.19	1.30±0.20	1.14±0.18	0.99±0.19
TN (mg/L)	2.07±0.20	2.03±0.24	2.19±0.29	2.14±0.17	2.23±0.21	2.32±0.32	2.34±0.19	2.31±0.19	2.20±0.17	2.13±0.28
SRP (mg/L)	0.09±0.01	0.08±0.01	0.08±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01	0.11±0.02	0.10±0.01	0.09±0.01
TP (mg/L)	1.10±0.25	1.20±0.29	1.33±0.33	1.39±0.31	1.50±0.33	1.39±0.27	1.57±0.26	1.49±0.24	1.70±0.27	1.60±0.56

Légendes :

Temp. : Temperature,
TSS: Total Suspended Solids
TAN: Total ammonia Nitrogen
TKN: Total Kjeldahl Nitrogen
SRP: Soluble Reactive Phosphorus
DO: Dissolved Oxygen
OSS: Organic Suspended Solids
Nitrite-N: Nitrite – Nitrogen
TN: Total Nitrogen
TP: Total Phosphorus

Tableau n°39 : Valeurs des différents paramètres de la qualité de l'eau en amont, au niveau et en aval de la zone de pisciculture en cage de Hong Ngu dans le delta du Mékong

(d'après [86])

Annexe 12: Questions à l'assemblée: Sécurité alimentaire du Pangas

Question N° : **111889**	de **M. Paillé Dominique** (Union pour un Mouvement Populaire - Deux-Sèvres)	**QE**
Ministère interrogé	agriculture et pêche	
Ministère attributaire	agriculture et pêche	
	Question publiée au JO le : **05/12/2006** page : **12608**	
	Réponse publiée au JO le : **06/02/2007** page : **1255**	
Rubrique	consommation	
Tête d'analyse	sécurité alimentaire	
Analyse	pangasius	
Texte de la QUESTION	M. Dominique Paillé attire l'attention de M. le ministre de l'agriculture et de la pêche sur ses préoccupations concernant les conditions d'exploitation, d'importation et de commercialisation du pangasius. Le pangasius, poisson d'eau douce d'élevage dont l'essentiel de la production provient de l'Asie du Sud-Est, a envahi de manière récente, depuis quelques mois, les étals de nos marchés et grandes surfaces, à des prix particulièrement bas. Cependant, des interrogations se font jour sur les conditions d'alimentation de ce poisson et du respect des normes d'hygiène et sanitaires, notamment quant à l'utilisation de certains antibiotiques. Par ailleurs, ses conditions de transport et de commercialisation laissent apparaître des doutes quant au respect de la chaîne du froid. Les très récents reportages diffusés sur certaines chaînes de télévision ne font que conforter les inquiétudes de nombreux consommateurs et professionnels. Aussi il lui demande si des mesures de contrôle ont été réalisées sur toutes les étapes de la filière, afin de vérifier toutes les conditions de sécurité alimentaire et de mise sur le marché de ce poisson ; à défaut, il le remercie de lui préciser ses intentions afin de rassurer les consommateurs et professionnels, en manque d'information sur cette espèce.	
Texte de la REPONSE	Le pangasius appartient à la famille des poissons-chats présents en Asie. L'exportation de filets congelés de ces poissons s'est fortement développée ces dernières années. Vendue à prix modique, la chair de ces poissons, dépourvue d'arêtes, ayant une texture fondante et un goût peu prononcé, intéresse le consommateur. L'importation de produits de la pêche de pays tiers dans l'Union européenne est strictement réglementée. Le pays producteur doit être autorisé à exporter par la Commission européenne. Les élevages sont contrôlés par les autorités locales et font l'objet de plans de contrôles permettant de s'assurer que les poissons n'ont pas été produits avec des substances ou médicaments vétérinaires interdits dans l'Union européenne. Ces plans et leurs résultats sont soumis chaque année à l'approbation de la Commission européenne et des États membres. Les établissements manipulant ces produits pour leur mise en filets sont soumis aux mêmes règles sanitaires que les établissements européens, et aux mêmes inspections de l'office alimentaire et vétérinaire de la Commission européenne. Ces établissements, pour être agréés dans le but d'exporter leurs produits vers l'Union européenne, doivent également avoir mis en place un plan de maîtrise des risques incluant des autocontrôles réguliers. À l'importation, ces denrées sont soumises à des contrôles très stricts de leur conformité tant physique que documentaire. Les conditions de transport et le respect des températures sont également contrôlés. Un plan d'analyses spécifique aux denrées introduites par les postes d'inspection frontaliers (PIF) leur est appliqué. En cas de non-conformité, les lots sont refoulés ou font l'objet d'un retrait s'ils ont été mis sur le marché. Ils font également l'objet d'une alerte communautaire avec mise sous contrôle renforcé de l'établissement d'origine : tous les lots ultérieurs de la même origine font ainsi l'objet de contrôles libératoires quel que soit le point d'entrée communautaire. Au plan national, ces poissons importés sont soumis, au même titre que l'ensemble des produits de la pêche mis sur le marché, à un plan de surveillance annuel des contaminants chimiques. Ils peuvent également faire l'objet de contrôles par les services vétérinaires et les services de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes à l'occasion des contrôles particuliers prévus des fêtes de fin d'année ou pendant les vacances d'été. Les conditions de conservation, de transport et de présentation au consommateur des produits de la pêche, sont régulièrement contrôlées. Au total, si, en 2005, le pangasius représentait 14 % de toutes les notifications d'ordre sanitaire (substances indésirables, présence de bactéries...) qui ont concerné les poissons, celles-ci ne représentaient plus que 6 % au premier semestre 2006. Tout lot non conforme est systématiquement retiré du marché.	

Annexe 13: Règlement (CE) n° 1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires

ANNEXE

Teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (1)

Section 5: Dioxines et PCB (31)

	Denrées alimentaires	Teneurs maximales	
		Somme des dioxines (OMS-PCDD/F-TEQ) (32)	Somme des dioxines et PCB de type dioxine (OMS-PCDD/F-PCB-TEQ) (32)
5.1	Viandes et produits à base de viande (à l'exclusion des abats comestibles) provenant des animaux suivants (6):		
	— bovins et ovins	3,0 pg/g de graisses (33)	4,5 pg/g de graisses (33)
	— volailles	2,0 pg/g de graisses (33)	4,0 pg/g de graisses (33)
	— porcs	1,0 pg/g de graisses (33)	1,5 pg/g de graisses (33)
5.2	Foies des animaux terrestres visés au point 5.1 (6) et produits dérivés de ces foies	6,0 pg/g de graisses (33)	12,0 pg/g de graisses (33)
5.3	Chair musculaire de poisson et produits de la pêche et produits dérivés, à l'exclusion des anguilles (25) (34). La teneur maximale s'applique aux crustacés, à l'exception de la chair brune de crabe et à l'exception de la tête et de la chair du thorax du homard et des crustacés de grande taille semblables (*Nephropidae* et *Palinuridae*).	4,0 pg/g de poids à l'état frais	8,0 pg/g de poids à l'état frais
5.4	Chair musculaire d'anguille (*Anguilla anguilla*) et produits dérivés	4,0 pg/g de poids à l'état frais	12,0 pg/g de poids à l'état frais
5.5	Lait cru (6) et produits laitiers (6), y compris matière grasse butyrique	3,0 pg/g de graisses (33)	6,0 pg/g de graisses (33)

Denrées alimentaires		Teneurs maximales	
		Somme des dioxines (OMS-PCDD/F-TEQ) ([32])	Somme des dioxines et PCB de type dioxine (OMS-PCDD/F-PCB-TEQ) ([32])
5.6	Œufs de poule et ovoproduits ([6])	3,0 pg/g de graisses ([33])	6,0 pg/g de graisses ([33])
5.7	Graisses des animaux suivants:		
	— bovins et ovins	3,0 pg/g de graisses	4,5 pg/g de graisses
	— volailles	2,0 pg/g de graisses	4,0 pg/g de graisses
	— porcs	1,0 pg/g de graisses	1,5 pg/g de graisses
5.8	Graisses animales mélangées	2,0 pg/g de graisses	3,0 pg/g de graisses
5.9	Huiles et graisses végétales	0,75 pg/g de graisses	1,5 pg/g de graisses
5.10	Huiles marines (huile de corps de poisson, huile de foie de poisson et huiles d'autres organismes marins destinés à être consommés par l'homme)	2,0 pg/g de graisses	10,0 pg/g de graisses

Annexe 14: Commerce international et sécurité sanitaire

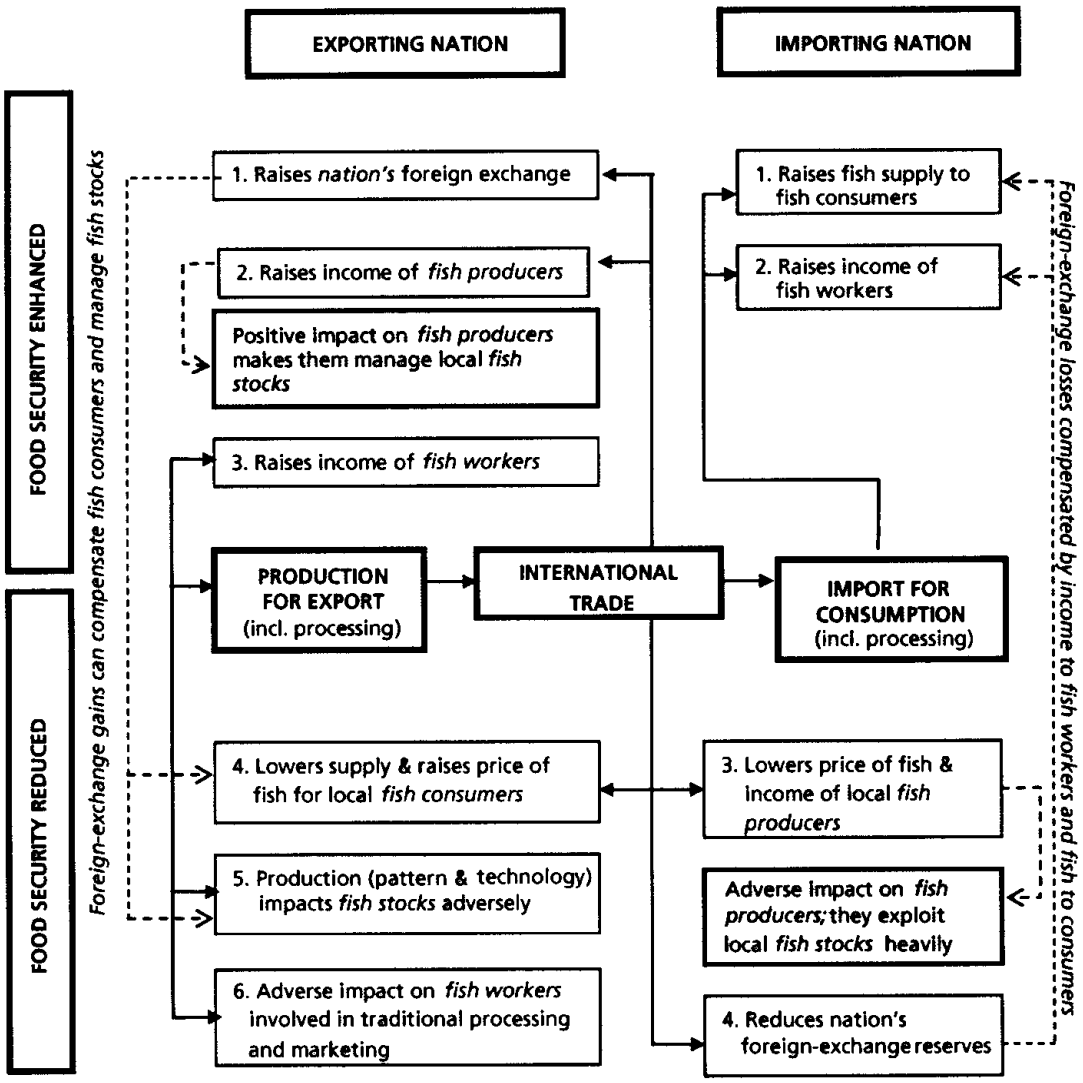


Figure n°32 : Diagramme illustrant les mécanismes par lesquels le commerce international influe sur la sécurité alimentaire

(d'après [37])

Annexe 15: Caractéristiques des différents poissons disponibles dans le delta du Mékong

Espèce	Besoins en oxygène (ppm)	Habitudes alimentaires	Méthode d'obtention	
			Capture	Ecloserie
Anabas testudineus	Air-breather[2]	Carnivore (insectes)	+	-
Channa striatus	Air-breather[2]	Carnivore (poissons, grenouilles, petite serpents)	+	-
Clarias spp.[1]	Air-breather[2]	Omnivore (poissons)	+	+
Trichogaster pectoralis	Air-breather[2]	Herbivore (phyto-, zooplancton, macrophytes)	+	+
Trichogaster trichopterus	Air-breather[2]	Herbivore (phyto-, zooplancton, macrophytes)	+	-
Catla catla	?	Omnivore tendance herbivore (surface et mi-eau, surtout zooplancton)	-	+
Labeo rohita	3	Herbivore (mi-eau et fond, végétaux en décomposition)	-	+
Cirrhinus mrigala	3	Herbivore fouilleur de fond (végétaux en décomposition)	-	+
Hypophthalmicthys molitrix	3	Herbivore (phytoplancton)	-	+
Cyprinus carpio	3	Omnivore (principalement des invertébrés au fond de l'eau	-	+
Puntius goniotus	2 (?)	Herbivore (macrophytes)	-	+
Oreochromis niloticus	0,5 – 1,0	Omnivore (phytoplancton en benthos)	-	+

[1] *C. macrocephalus*, *C. batrachus* et hybrides de *C. macrocephalus* x *C. gariepinus*
[2] Air-breather : poisson capable de respirer l'oxygène atmosphérique en plus de sa respiration branchiale

Tableau n°40 : Caractéristiques des différents poissons disponibles dans le delta du Mékong au Vietnam
(d'après Bardach, Ryther & McLarney (1972) ; Edwards, Pullin & Gartner (1988) ; Freshwater Aquaculture Department of the Can Tho University, Rothuis (1998), cités par [64])

Annexe 16: Toxicité de différents produits phytosanitaires utilisés en riziculture sur différentes espèces de poissons

INSECTICIDES									
Carbamate									
BMPC	5.6 – 6.7	ht	-		28.3	mt	5.4-6.12	-	25.1
Carbaryl	3.10	ht	-		-	-	2.93	-	-
Carbofuran	2.27	ht	2.4	ht	-	-	1.97	1.72	-
MTMC	68.0	mt	52.0	mt	-	-	50.0	46.9	-
MTMC + Phenthoate	9.56	et	-	-	-	-	0.47	-	-
PMC	6.05		6.0[b]	-	34.75	-	-	-	-
PMP	59.0	mt	-	-	3.8	mt	47.1	-	19.6
Organophosphate									
Azinphos ethyl	0.028[b]		0.023[b]		0.009		-	-	0.002
Chlorpyrites	2.0	ht	1.34		-	ht	1.3	1.19	-
Diazinon	45.0	mt	-		40.7		2.2	-	15.2
Methyl parathion	25.7	mt	-		13.4		19.0	-	11.0
Monocrotophos	1.2	ht	47.6		0.31	ht	-	33.10	-
Triazophos	5.6	ht	-		-		-		-
Organochlorine									
Endosulfan	5.8	ht	-		1.3		1.3	-	1.6
Synthetic pyrethroid									
Permethrin	0.75	et	1.3	ht	-		-0.75	-	-
Cypermethrin	0.63	et	-		-		0.63	-	-
HERBICIDES									
2-4-D									
Agroxone (MCPA)									
Rilof (piperophos)	27.5	mt							
Machete (Butachlor)	1.4	ht					1.3		
Modown (bifenox)	149.0	lt			102.0	lt	127.0		102.0
EPTAM D (EPTC)	71.5	mt			49.5	mt	54.4		49.5
Treflan (trifuralin)	308	lt			170.0	lt	225.0		170.0

[a] Ranking of pesticides from Koesomadinata and Djadjaredja (1976) for 48-hour LC_{50}: < 1 = extremely toxic (et); 1 – 10 = highly toxic (ht); 10 to 100 = moderately toxic (mt); and >100 = low toxic
[b] 24-hour LC_{50}

Tableau n°41 : Toxicité de différents insecticides et herbicides via mesure de la DL50 à 48h pour O.niloticus, O.mossambicus et C.carassius réalisée au « Freshwater Aquaculture Center – Central Luzon State University » aux Philippines

(d'après Cagauan et Arce 1992, cités par [25])

INSECTICIDE	Trichlorfon	6.2	medium
	Dichlorvos	4.0	medium
	Fenitrothion	4.4	medium
	Malathion	9.0	medium
	Rogor	<40.0	low
	Methyl Parathion	5.0	medium
	Phosmet	5.3	medium
	Phenthoate	2.0	medium
	Baytex	2.0	medium
	Tsumacide	15.3	low
	Landrin	38.1	low
	Bassa	12.6	low
	Etrofolan	4.2	medium
	Chlordimeform	15.2	low
	Rotenone	0.032	high
	Bramaxymil octamoate	0.0	high
BACTERICIDE	EBP	5.0	medium
	IBP	5.1	medium
	Edinphensop	1.3	medium
	Oryzon	6.7	medium
	Plictran	14.6	low
	Thiophanate methyl	11.0	low
	Blasticidin	>40.0	low
	Kasugamycin	100.0	low
	CAMA	10.0	medium
	Phenazine	>10.0	low
	Triram	4.0	medium
HERBICIDE	2,4-D	>40	low
	DMNP	14.0	low
	Propanil	0.4	high
	Nitrofen	2.1	medium
	Benthiocarb	3.6	medium
	Amine methanearsonates	3.7	medium
	GS 13633	0.86	high
	Hedazhuang	34.0	low
	Oradiazon	3.2	medium
	Prometryne	23.5	low
	Glyphosate	119.0	low
	Pentachlorophenol	0.35	high
OTHERS	Zinc Phosphide	80.0	low
	Propargit	1.0	medium
	Lime	140.0	low

Tableau n°42 : TLM pour la Carpe commune (Cyprinus carpio) face à divers produits phytosanitaires

(d'après Xiao 1992 cité par [25])

Annexe 17 : Rendements rizicoles comparés en rizipisciculture et en monoculture dans différents pays asiatiques

Tr, Hunan, early 1980-83	3 272	2 734	538	Nie et al. 1992
Tr, Hunan, median 1980-83	5 596	5 138	458	-ditto
Tr, Hunan, late 1980-83	8 595	6 218	2 377	-ditto
ns, Hubei 1983	7 774[a]	6 375	1 398	Wu 1995
ns, Hubei 1984	7 569[a]	6 573	996	-ditto
RAF, ns. 1985-86	7 096	6 493	603	Wang et al. 1995
ns, ns 1985-86	6 905[1]	-ditto-	411	-ditto-
Tr w/sump[b], Jiangsu 1985	8 667	9 054	(387)	Li et al. 1995
Tr w/ sump Jiangsu 1986	7 884	7 929	(45)	-ditto-
Tr w/sump, Jiangsu 1987	7 998	7 996	(2)	-ditto-
Rdg, Anhui 1987	7 125	6 150	975	Yan et al. 1995
WRdg, Anhui 1987	6 870	-ditto-	720	-ditto-
Bed, Anhui 1987	6 990	-ditto-	840	-ditto-
Conventional, Anhui 1987	6 795	-ditto-	645	-ditto-
R/D, Guilin, early 1987	7 632	6 135	1 497	Cai et al. 1995
R/D, Guilin, late 1987	6 750	6 225	525	-ditto-
R/D, Wuzhou, early 1987	11 654	11 037	617	-ditto-
R/D, Wushou, late 1987	6 606	6 206	400	-ditto-
R/D, Qinzhou 1987	5 537	4 857	680	-ditto-
Tr, Yunnan 1986	6 500	5 800	700	Chen 1995
Tr, Yunnan 1987	7 100	6 400	700	-ditto-
Tr, Yunnan 1988	7 000	6 500	500	-ditto-
ns, Hubei 1988	8 250	7 650	600	Lin et al. 1995

LEGEND: Tr-trench; RAF - Rice-azolla-fish; Rdg-ridge; WRdg-wide ridge; R/D –ridge/ditch; ns – not specified.

a) Average of two treatments.

b) X-trench 0.33 m wide x 0.4 m deep w/ sump (2.5x1x1m) at intersection.

Tableau n°43 : Impact des poissons sur les rendements rizicoles, résultats obtenus en Chine, 1980-1987

(d'après [25])

BANGLADESH				
S/D[a], Mymensingh/Jamalpur, dry 1993-94	4 980	4 555	425	Gupta et al.1998
S/D[a], Mymensingh/Jamalpur, wet 1992-94	3 811	3 496	315	-ditto-
INDIA				
Sump[b]/no feed, Chinsura 1987	1 729	1 574	155	Mukhopadhyay et al 1992
Sump/fed, Chinsura 1987	1 741	-ditto-	167	-ditto-
Sump/no feed, Gosaba 1987	2 122[b]	2 039	83	-ditto-
Sump/fed, Gosaba 1987	2 130[b]	-ditto	91	-ditto-
Sump/cd[d], Sabang 1987	1 602	1 677	(75)	-ditto-
Sump.cm[d], Sabang 1987	2 399	-ditto-	722	-ditto-
Sump/cd, Girirchalk 1987	2 850	2 920	(70)	-ditto-
Sump/cm, Girirchalk 1987	3 160	-ditto-	240	-ditto-
INDONESIA				
Tr/0-w[e], Sukamandi, wet 1988-89	6 620	5 430	1 190	Fagi et al 1992
Tr/1-w[e], Sukamandi, wet 1988-89	7 130	6 700	430	-ditto-
Tr/2-w[e], Sukamandi, wet 1988-89	7 380	7 300	80	-ditto-
Tr/wcide[e], Sukamandi, wet 1988-89	7 280	6 970	310	-ditto-
Tr/0-w, Sukamandi, dry 1989	4 220	3 430	790	-ditto-
Tr/1-w, Sukamandi, dry 1989	4 690	4 170	520	-ditto-
Tr/2-w, Sukamandi, dry 1989	5 570	5 280	290	-ditto-
Tr/w-cide, Sukamandi, dry 1989	4 970	4 560	410	-ditto-
Trench/TSP[f], Sukamandi, dry 1989	7 994	6 060	1 934	-ditto-
PHILIPPINES				
Trench, 11 regions[g] 1977-78	5 739	5 939	(200)	NFAC 1980
Trench, Cavite 1986-87	7 100[h]	4 750	2 350	Fermin 1992
Trench, 20 x 20[i], Laguna 1988	2 392	2 348	380	Magulama 1990
Trench, 40 x 10[i], Laguna 1988	2 693	2 199	494	-ditto-
Trench, 30 x 10[i], Laguna 1988	3 142	2 381	761	-ditto-
Trench, 20 x 15[i], Laguna 1988	2 431	2 431	0	-ditto-
Trench, Nueva Ecija 1989	6 300	6 200	100	Torres et al. 1992
Pond[j], Nueva Ecjia 1989	6 100	"	(100)	-ditto-
Pond[j], Nueva Ecija, wet season 1990[k]	4 929	4 177	752	Israel et al. 1994
Pond[j], Nueva Ecija, dry season 1991[k]	6 098	4 294	1 804	Israel et al. 1994
THAILAND				
ns, Dom Noi, wet 1985	1 890[l]	1 790	100	Thongpan et al.1992
ns, Khoo Khad, wet 1985	1 630[l]	1 510	120	-ditto-
ns, Amnart Charoen 1987	2 537[l]	2 014	523	-ditto-
ns, Kheuang Nai 1987	2574[m]	2 372	202	-ditto-
ns, Det Udom 1987	2 651[m]	2 427	224	-ditto-

Legend: TSP - triplesuperphosphate

a) Sump or ditch, involved 107 farms during 3 rainy seasons (*aman*) in 1992-94 and 149 farms for 2 dry seasons (*boro*) in 1993-93.
b) Central sump provided, deep water rice used.
c) Average of two plots.
d) Composted cow dung (cd) and dried chicken manure (cm) tested as fertilizers.
e) Trench, 0-w, 1-w, 2 w (0, 1 & 2 weeding respectively); w-cide (herbicide used).
f) 7 levels of TSP against 1 control, w/fish rice-yield figure is average of 7 levels.
g) Nationwide field testing in 13 pilot provinces, figures represent average of 15 field-test results.
h) Average of 1986 and 1987 runs.
i) Refers to the four rice-planting patterns tested.
j) Pond refuge within ricefield.
k) Average harvests from 15 farmers using pond refuge.
l) Average harvest of 12 farmer cooperators in Khoo Khad and 13 in Amnart Charoen.
m) Average of tests using 5 different rice varieties in Kehung Nai and 3 in Det Udom.

Tableau n°44 : Influence des poissons sur les rendements rizicoles dans différents pays

(d'après [25])

Annexe 18 : Rendements piscicoles en rizipisciculture dans différents pays asiatiques

Concurrent							
Monoculture							
High Range	188-239[a]				223-263[n]		
Low Range	125-156[a]	2 000-3 100[d]		143[k]	43.7-59.7[o]		48-79[t]
Polyculture							
High Range	187-605[b]	750-1 500[e]	500-2 000[h]	2 000-3 500[l]	606-636[p]	468-1 472[r]	677[u] 187 prawn +21 fish[v]
Low Range	116 –396[b]	150-300[f]	500-700[h]		78-303[o]	87.7-363.3[s]	
Rotational							
Monoculture							
Range				80-367[m]	406-527[q]		
Polyculture							
Maximum		>1500[f]					
Range		300-450[f]	815-2 135[i]				
Concurrent-Deepwater							
Polyculture							
Range	1 320-3 211[c]	300[g]	3-1 100[j]				

a) Gupta et al. (1998), ditch or sump, using *C. carpio, B. gonionotus* or *O. niloticus*. High range - *boro* (dry) season; low range - *aman* (wet) season.
b) Gupta et al. (1999), ditch or sump, using two (minimum figure) or more species (maximum figure). High range - *boro* (dry) season; low range - *aman* (wet) season.
c) Gupta et al. (1999), excavated ponds with average depth of 0.5 m during dry season and minimum retention of 0.9 m for 7.93 months. Minimum figure is that of adopters; maximum, that of research farmers raising fish up to 9 months.
d) Chen (1995), based on ridge-ditch system with *Clarias leather*, feed applied.
e) Xu (1995), based on ridge-ditch system with *C. idella, C. carpio* and *H. molitrix*.
f) Zhang (1995), unspecified species but can be assumed to be polyculture of different cyprinids as is the usual practice in China.
g) Wan et al. (1995), based on one experimental run only using *C. carpio+ C. carassius+ Oreochromis* sp.
h) Dehadrai (1992), high range - *Khazan* system (brackishwater) in Goa with shrimps+perches; low range – irrigated/rainfed with murrels+ catfish+carp.
i) Dehadrai (1992), brackishwater system with *P. monodon*+mullets.
j) Ghosh (1992) lower value represents production of natural stock of unspecified species and higher value on polyculture of Indian major carps+ Chinese carps+catfish.
k) Koesomadinata and Costa-Pierce (1992) *minapadi* system with *C. carpio*.
l) Koesomadinata and Costa-Pierce (1992), based on annual yield for *sawah-tambak* with stock of *C. chanos+ C. carpio+ P. javanicus+ M. rosenbergii* or *P. monodon*.
m) Yunus et al. (1992), the lower value represents *penyelang* crop and the higher value, *palawija* both using *C. carpio*.
n) Saturno (1994), wet season using pond refuge with *O. niloticus* for lower value; Israel et al. (1994) dry season using pond refuge with *O. niloticus* for higher value.
o) Fermin et al. (1992), wet season crop with trench refuge, using *C. carpio+ O. niloticus*.
p) Torres et al. (1992) dry season crop with trench refuge using *O. niloticus*.
q) Sevilleja (1992) based on single trial using fallow ricefield to raise *C. carpio+ O. niloticus*.
r) Fedoruk and Leelapatra (1992) based on Thailand Dept. of Fisheries 1983 figures.
s) Thongpan et al. (1992) based on on-farm rice-fish farming research in Ubon, Northeast Thailand.
t) Mai et al. (1992). *M. rosenbergii* production in ricefield canals in Mekong Delta.
u) Cantho Univ. College of Agric. (1997), pond or canals connected to ricefield using three cyprinid species.
v) Mai et al. (1992), polyculture of *M. rosenbergii* and *P. gonionotus*.

Tableau n°45 : Rendements piscicoles obtenus en rizipisciculture dans différents pays asiatiques
(d'après [25])

Annexe 19: Bilans d'exploitations rizipiscicoles

1/ Exploitations rizipiscicoles à Co Do dans le delta du Mékong, de mars 1994 à février 1995 :

Input	RP-intro. Moyenne (écart type)	RP-ind. Moyenne (écart type)	MR. Moyenne (écart type)
DRY SEASON CROP			
Land preparation			
Family labour	55,181 (65,361)	43,263 (30,173)	46,605 (38,227)
Hired labour	230,531 (110,514)[a]	252,741 (44,858)[a]	277,588 (9,464)[b]
Total	285,712 (115,649)	296,004 (65,224)	324,193 (36,701)
Irrigation	413,154 (130,387)	403,121 (192,211)	398,005 (97,822)
Rice seed	439,952 (119,691)	407,244 (139,910)	402,261 (129,049)
Fertilizer	1,266,078 (275,307)[a]	1,072,647 (280,615)[b]	1,103,689 (249,892)[b]
Insecticides	67,554 (90,923)	27,064 (53,533)	53,202 (59,764)
Fungicides	65,301 (61,391)	70,497 (47,129)	54,544 (48,863)
Herbicides	62,388 (58,282)	46,677 (23,503)	51,090 (61,342)
Rice cultivation and harvest			
Family labour	469,211 (227,199)	459,169 (311,642)	363,323 (183,978)
Hired labour	662,331 (192,978)	578,245 (151,867)	608,638 (220,976)
Total	1,131,542 (312,097)[a]	1,037,414 (250,006)[a]	971,961 (248,478)[b]
Miscellaneous costs	31,701 (21,245)	61,794 (71,687)	27,341 (20,149)
Total variable costs	3,763,381 (614,874)[a]	3,422,461 (634,053)[a,b]	3,386,287 (478,398)[b]
WET SEASON RICE CROP			
Land preparation			
Family labour	62,125 (65,375)	51,318 (65,802)	49,688 (40,583)
Hired labour	289,304 (136,096)[a]	351,223 (63,467)[a,b]	382,374 (42,970)[b]
Total	351,429 (133,516)[a]	402,541 (54,273)[a,b]	432,062 (57,332)[b]
Irrigation	281,684 (68,671)[a]	274,783 (48,692)[a]	230,531 (36,251)[b]
Rice seed	362,740 (101,973)	346,685 (78,424)	330,629 (65,021)
Fertilizer	961,150 (165,359)[a]	818,217 (140,642)[b]	891,196 (137,925)[b]
Insecticides	46,569 (52,627)	39,044 (38,451)	76,904 (70,237)
Fungicides	62,550 (53,088)	64,807 (43,792)	55,722 (47,851)
Herbicides	59,610 (55,850)	63,615 (54,608)	57,245 (54,536)
Rice cultivation and harvest			
Family labour	541,693 (314,771)	568,607 (297,685)	399,110 (162,739)
Hired labour	774,422 (229,222)	617,974 (212,795)	746,734 (287,964)
Total	1,316,115 (375,710)[a]	1,186,581 (298,016)[a,b]	1,145,844 (262,220)[b]
Miscellaneous costs	28,320 (20,679)	44,943 (50,348)	25,088 (13,940)
Total variable costs	3,470,168 (586,975)	3,241,217 (388,902)	3,245,222 (386,573)

RP-Intro. *: Rizipisciculture avec introduction artificielle de poissons,* ***RP-Ind.*** *: Rizipisciculture sans introduction artificielle de poissons (espèces indigènes),* ***MR*** *: monoculture de riz*

Tableau n°46 : Coûts variables (en Đong/ha) pour la culture du riz dans différents systèmes de production

(d'après [65])

Item	RP-intro. Moyenne (écart type)	RP-ind. Moyenne (écart type)
Maintenance of pond and trench		
Family labour	13,947 (56,834)	27,373 (59,916)
Fingerlings	502,217 (328,925)[a]	843 (2666)[b]
Feed	262,551 (287,307)[a]	3,730 (9252)[b]
Inputs for pond preparation[1)]	27,874 (60,168)	8,429 (23,875)
Miscellaneous materials[2)]	81,878 (108,623)[a]	2,178 (6,887)[b]
Fish cultivation and harvest		
Family labour	148,072 (62,655)[a]	80,469 (53,723)[b]
Hired labour	51,030 (42,995)[a]	28,304 (42,306)[b]
Total	199,102 (76,166)[a]	108,774 (68,944)[b]
Total variable costs	1,087,542 (625,486)[a]	151,327 (100,467)[b]

RP-Intro. *: Rizipisciculture avec introduction artificielle de poissons,* ***RP-Ind.*** *: Rizipisciculture sans introduction artificielle de poissons (espèces indigènes),* ***MR*** *: monoculture de riz*

Tableau n°47 : Coûts variables (en Đong/ha) pour l'élevage de poissons en système rizipiscicole
(d'après [65])

	RP-intro.	RP-ind.	MR.
Gross return			
Rice r-f field	7,535 (3,495)	7,324 (3,699)	0
Rice r-m field	2,238 (3,542)[a]	2,250 (3,095)[a]	11,662 (2,024)[b]
Total gross rice return	9,773 (2,045)[a]	9,574 (1,576)[a]	11,662 (2,024)[b]
Fish r-f field	750 (600)[a]	402 (307)[b]	0
Fish pond	229 (482)	312 (461)	71 (152)
Homestead	1,642 (1,637)[a]	1,060 (1,674)[b]	1,287 (3,489)[b]
Dike	284 (440)[a]	278 (479)[a,b]	26 (59)[b]
Total farm	12,678 (2,730)	11,626 (2,914)	13,046 (3,946)
Variable costs			
Rice r-f field	4,677 (1,924)	4,209 (1,904)	0
Rice r-m field	1,312 (2,098)[a]	1,623 (2,197)[a]	6,598 (796)[b]
Total rice variable costs	5,989 (822)[a]	5,831 (709)[a]	6,598 (796)[b]
Fish r-f field	631 (310)[a]	92 (96)[b]	0
Fish pond	96 (214)	93 (132)	31 (86)
Homestead	956 (1,245)[a]	675 (1,559)[b]	989 (3,353)[b]
Dike	123 (256)[a]	107 (151)[a]	9 (28)[b]
Total farm	7,793 (1,828)	6,800 (1,406)	7,628 (3,595)
Fixed costs			
Rice r-f field	1,452 (580)	1,274 (580)	0
Rice r-m field	333 (526)[a]	399 (537)[a]	1,722 (234)[b]
Total rice fixed costs	1,785 (176)	1,673 (83)	1,722 (234)
Depreciation	156 (74)[a]	94 (46)[b]	0
Total farm	1,940 (195)[a]	1,767 (114)[b]	1,722 (234)[c]
Return above variable costs (RAVC)			
Rice r-f field	2,858 (2,173)	3,115 (2,178)	0
Rice in r-m field	926 (1,490)[a]	627 (1,385)[a]	5,063 (2,156)[b]
Total rice RAVC	3,785 (1,938)[a]	3,743 (2,174)[a,b]	5,063 (2,156)[b]
Fish in r-f field	119 (530)[a]	309 (244)[b]	0
Fish pond	134 (308)	218 (338)	40 (103)
Homestead	686 (619)[a]	385 (226)[a,b]	298 (506)[b]
Dike	161 (357)	171 (337)	16 (54)
Total farm	4,884 (2,300)	4,826 (2,296)	5,418 (2,246)
Total farm cash return	3,243 (2,042)	3,180 (1,823)	3,914 (2,830)
Total farm net return	2,944 (2,281)	3,059 (2,291)	3,696 (2,122)
Profit-cost ratio	0.32 (0.25)	0.36 (0.26)	0.43 (0.25)

1). Based on a double rice crop, one fish crop, and one year cultivation at the homestead and dike. Farming system effect: indices with the same superscript are not significant different at the 0.05 level.

2) r-f : rizipisciculture, r-m : monoculture rizicole

3) moyenne (entre parenthèses : écart-type)

Tableau n°48 : Bilan financier comparé des exploitations rizipiscicoles et rizicoles

(d'après [65])

2/ Exploitations rizipiscicoles dans différents pays asiatiques, 1988-1995

GROSS RETURNS	943.56	689.77	36.8%	2 087.54	1 663.02	25.5%	3 202.70	1 579.37	102.8%	1 152.55	1 186.00	(2.8%)
Rice	748.59	689.77	8.5%	1 518.24	1 663.02	(8.7%)	2 077.03	1 579.37	31.5%	888.45	1 060.18	(16.2%)
Fish	194.97[b]			569.30			1 125.67			89.00	6.45	1,28.9%
Others										175	119	46.7%
COSTS	374.4	325.7	15.0%	743.55	770.21	(3.5%)	1 701.17	1 095.20	55.3%			
Labor	158.28	153.34	3.2%	449.11	528.72	(15.1%)	720.93	404.57	94.3%	299.80	261.28	14.7%
Dikes, Refuge & Repairs	13.92						43.87	7.79	463.5%			
Land Preperation	35.90	35.44	1.3%	54.18	90.65	(40.2%)	93.28	93.28	0.0%			
Seeding (Pulling/ Handling)				7.01	9.53	(26.4%)	27.97	27.08	3.3%			
Transplanting	32.13	32.49	(1.1%)	31.92	40.79	(21.8%)	77.98[d]	54.20[d]	43.9%			
Fertilizing				5.78	11.20	(48.4%)	14.71[d]	13.64[d]	7.8%			
Pest eradication				10.31	20.30	(49.2%)	-	-				
Weeding	23.00	32.54	(29.3%)	12.88	18.75	(31.3%)	-	-				
Rice Harvesting	53.33	52.87	0.9%	303.37	337.49	(10.1%)	251.68	208.58	20.7%			
Stocking				1.48			3.74					
Feeding, other fish tanks				16.27			34.45					
Fish Harvesting				5.93			173.24					
Irrigation & Water Management	6.85						158.36	48.02	229.8%	63.17	36.00	75.5%
Inputs				218.48	156.89	39.3%	607.76	421.20	44.3%			
Rice Seed	17.05	19.23	(11.3%)	18.76	17.57	6.8%	93.19	95.61	(2.5%)	72.97	66.63	9.5%
Fertilizer	60.31	70.38	(14.3%)	86.53	90.22	(4.1%)	149.32	164.87	(9.4%)	197.02	100.34	96.4%
Chemicals	0.97	7.10	(86.3%)	27.19	49.11	(44.6%)	15.11	53.45	(71.7%)	33.09	14.44	129.1%
Fingerlings	44.08	-		78.47			120.09			45.66	-	
Feeds	7.21	-		7.53			56.73			23.87	-	
Fuel							173.32	107.27	61.6%			
Fixed Costs	79.62	75.62	5.3%	75.95	84.60		372.49	269.43				
NET RETURNS	569.21	364.10	56.3%	1 343.99	892.81	50.5%	1 343.16	436.14	208.0%			

a) Dry season (boro) crop. Original currency in Bangladesh taka (BDT), converted at USD1.00 = BDT 39.
b) Fish yield does not include wild fish.
c) Constructed using farm by farm data from Israel et al (1994), original currency in Philippine Peso (PHP) converted at the 1991 rate of USD1.00 = PHP27.48
d) Transplanting includes labor for weeding and fertilizing includes labor for pesticide application.
e) One-year operation of one-hectare farm w/ rice field, homestead, dike and pond based on double rice crop and one fish crop. The data entered in this table is not complete and do not add up as they do for the other countries since the manner of presentation in the original paper did not lend itself to reformatting. Original figures were in Vietnamese dong (VND) and were converted at the rate of USD1=VND11 000. The difference between the gross returns is reported to be not statistically significant.

Tableau n°49: Détails des coûts et bénéfices en rizipisciculture et en riziculture dans différents pays asiatique

(d'après [25])

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
INDONESIA					
Minapadi-Minapadi-Fish vs Rice-Rice-Fallow 1988, one year, (Yunus et al. 1992)[a]					
Rice Income	1 518		1663		(8.7%)
Fish Income	490				
Rice Expenses	(621)		770		(19.4%)
Fish Expenses	(122)				
Net Returns		1244		576	116.0%
PHILIPPINES					
Trench 1986, one crop, (Sevilleja 1992)					
Rice Income	674		700		(3.7%)
Fish Income	126		-		
Total Expenses	(506)		(469)		7.9%
Net Returns		294		231	27.3%
Trench 1986, one crop, (Sevilleja 1992)					
Rice Income	1098			757	45.0%
Fish Income (incl. own consumption)	607				
Rice Expenses	(322)			(390)	(17.4%)
Fish Expenses	(242)				
Net Returns		1141		367	210.9%
Pond Refuge 1991-92, one year, (Israel et al. 1994)[b]					
Rice Income	2077		1579		31.5%
Fish Income (incl. own consumption)	1126				
Total Expenses	(1860)		(1143)		62.7%
Net Returns		1343		436	208.0%
THAILAND					
Unspec. 1984-85, one year, (Thongpan et al. 1992)					
Net Returns		121		160	(24.4%)
VIETNAM					
BW/DWR, 1988, one year, (Mai et al. 1992)					
Net Returns from Rice Monoculture				38	
Net Returns from Rice and Shrimps: fed		105			176.3%
Net Returns from Rice and Shrimps: not fed		58			(34.9%)
Ricefield w/homestead, pond and dike (Rothuis et al. 1998)[c]					
Rice Income	888		1060		(16.2%)
Fish Income	89		6[d]		1383.3%
Income from homestead and dike	175		119		47.1%
Rice Variable Expenses	(544)		(600)		(9.3%)
Fish Variable Expenses	(66)		(3)		2100.0%
Homestead/dike variable expenses	(98)		(91)		7.7%
Total farm fixed cost	(176)		(157)		12.1%
Net Returns		268		334	(19.8)

LEGEND: BW/DWR –Brackishwater Deep Water Rice

a) Extrapolated to 1 ha from weighted average of 6 farms of 0.35-1.0 ha for rice-rice-fallow and 0.5 -1.5 ha for minapadi-minapadi-fish.

b) Original figures in Philippine Peso (PHP), converted to USD at 1991 rate of USD1.00= PHP27.48.

c) Original figures in Vietnam Dong (VND), converted to USD1.00=VND11 000 as given by authors .

d) Even farmers not adopting rice-fish farming maintained a small fishpond accounting for the fish.

En $US/ha, les valeurs sont arrondies à l'unité la plus proche

Tableau n°50 : Résumé des coûts et bénéfices de fermes rizicoles et rizipiscicoles dans différents pays asiatiques

(d'après [25])

Bibliographie

1. **AHYAUDIN ALI**, 2003, *L'écosystème riz-poisson.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

2. **BARAN E., VAN ZALINGE N. et BUN N.G.**, 2001, *Floods, floodplains and fish production in the Mekong basin: present and past trends.* Pp. 920-932 in Ahyaudin Ali et al. (Eds) Proceedings of the **Second Asian Wetlands Symposium**, 27-30 August 2001, Penang, Malaysia. Penerbit Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, Malaysia: 1116 pages

3. **BARD D., VERGER P. et CORDIER S.**, 1993, *Le problème de santé environnementale posé par les chlorodibenzodioxines et les chlorodibenzofuranes. Intérêt d'études au Vietnam.* Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé, Vol. 3, No 1 : 37-40

4. **BINH T.V.**, 2006, *Before and after the Catfish War: Market analysis.* CAS discussion paper No 50. CAS/CIMDA: 27 pages

5. **BOEUF G.**, 2002, *L'aquaculture dans le monde - Quel avenir ?* Cycle de conférences 2001-2002 - **Perspectives - Quel avenir pour l'Homme**. Université de Perpignan : 10 pages

6. **BROWMAN M.W. et KRAMER D.L.**, 1985, *Pangasius sutchi (Pangasiidae), an Air-breathing Catfish that Uses the Swimbladder as an Accessory Respiratory Organ.* American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Copeia (4): 994-998

7. **CACOT P., EECKHOUTTE P., MUON D.T., TRIEU N.V., LEGENDRE M., MARIOJOULS C., LAZARD J.**, 2003, *Induced spermiation and milt management in Pangasius bocourti (Sauvage, 1880).* Aquaculture 215: 67-77

8. **CACOT P. et LAZARD J.**, 2005, Présentation sur l'élevage du Pangasius en Asie du Sud-est et les travaux du CIRAD : *Au fil du Mékong.* GAMET, 2 septembre 2005. http://aquatrop.cirad.fr : 22 pages

9. **CACOT P. et MIKOLASEK O.**, 2005, *Domestication des poissons-chats du Mékong (1994-2001).* CIRAD-EMVT/ Ecole Chercheur CREP du 28 février au 4 mars 2005: 12 pages

10. **CACOT P., LAZARD J.**, 2004, *Domestication d'espèces de poissons-chats du Mékong de la famille des Pangasiidae.* INRA Prod. Anim. (17) :195-198

11. **CACOT P., LEGENDRE M., DAN T.Q., TUNG L.T., LIEM P.T., MARIOJOULS C. et LAZARD J.**, 2002, *Induced ovulation of Pangasius bocourti (Sauvage, 1880) with a progressives hCG treatment.* Aquaculture 213: 199-206.

12. **CHHENG P., BARAN E. et TOUCH B.T.**, 2004, *Synthesis of all published information on Sutchi catfish Pangasius hypophtalmus ("trey pra") based on FishBase 2004.* WorldFish Center and Inand Fisheries Research and Development Institute, Phnom Penh, Cambodia: 17 pages

13. **COLLECTIF: Institute of Fisheries Management, Research Institute for aquaculture Number 1, NACA, Can Tho University, WWF**, 2006, *Guidelines for environmental Management of Aquaculture Investments in Vietnam.* EASRD/World Bank/Ministry of Fisheries: 236 pages

14. **COLLECTIF, Rapport d'experts préalable au rapport de l'académie des technologies**,2006, *Progrès technologiques au sein des industries alimentaires, Impact sur la qualité des produits, groupe « Produits alimentaires d'origine aquatique »* : 108 pages

15. **COLLECTIF: Report of a joint FAO/OIE/WHO expert**, 2006, *Consultation on antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance.* Seoul, Republic of Korea, 13-16 June

16. **COLLECTIF: FAO**, 2006, *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture.* Organisation des nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 2007 : 180 pages, ISSN : 1020-5497

17. **DABBADIE L. et LAZARD J.**, *2006, Pangasius : mythes et réalité. CIRAD:* http://aquatrop.cirad.fr

18. **DAGOT T., LEBAILLY P., TIEN D.C., BIEN P.V., THONG T.T. et XUAN V.T.**, 1997, *Campagnes vietnamiennes et production rizicole.* Agriculture et développement (15) : 43-51

19. **DANG D.T et RENAUD F.**, 2006, *Viet Nam, le pays du pangas et du Nuoc mam.* Produits de la mer n°96 :75-81.

20. **DELA CRUZ C.**, 2003, *Systèmes riz-poisson en Indonésie.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

21. **FOVET-RABOT C., JOURDAN-RUF C., SEMAL J., SPIRE D., BERGERET P. et TREBUIL G.**, 1997, *Les agricultures au Vietnam : bilans et perspectives.* Cahiers agricultures (5), 9-11

22. **FUNGE-SMITH S., LINDABO E. et STAPLES D.**, 2005, *Asian fisheries today: the production and use of low value/trash fish from marine fisheries in the Asia-Pacific region.* FAO-RAP publication 2005/16, Bangkok: 48 pages

23. **GUO Y.**, 2003, *Systèmes riz-poisson en Chine.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

24. **HALWART M.**, 2003, *Les poissons comme composante de la gestion intégrée des déprédateurs en production rizicole.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

25. **HALWART M. et GUPTA M.V.** (Eds), 2004, *Culture of fish in rice field.* FAO and the World Fish Center: 83 pages

26. **HAMBRY J.**, 2002, *Financial analysis and risk assessment of selected aquaculture and fishery activities in the Mekong Basin.* MRC Technical Paper No 5, Mekong Ricer Commission, Phnom Penh: 67 pages. ISSN 1683-1489

27. **HASAN M.R.** (ed.), 2007, *Economics of aquaculture feeding practices in selected Asian countries.* FAO Fisheries Technical Paper, No505. Rome, FAO: 205 pages

28. **HATHA A.M. et VIVEKANANDAN G.**, 2005, *Antibiotic resistance of Aeromonas hydrophila from farmed fish and wild caught fish.* In Proceedings of the Antibiotic resistance in Asian aquaculture environments Workshop, February 2005, Chiang Mai, Thailand: 2 pages

29. **HONG S.**, 2007, *Le stockage, la production et la collecte de poissons dans les casiers à riz irrigué dans le bas bassin du Mékong.* AgroParisTech ENGREF - CIRAD. 15 pages

30. **HOOK, JACOB, NOVAK, SUSAN, JOHNSTON et ROBYN**, 2003, *Social Atlas of the Lower Mekong Basin.* Mekong River Commission, Phnom Penh. 154 pages. ISSN : 1727-1800

31. **HORTLE K.G.**, 2007, *Consumption and the yield of fish and other aquatic animals from the Lower Mekong Basin.* MRC Technical Paper No16, Mekong River Commission, Vientiane: 87 pages

32. **HUNG L.T., TRUC L.T.T. et HUY H.P.V.**, 2007, *Case study on the use of farm-made feeds and commercially formulated pellets for pangasiid catfish culture in the Mekong Delta, Viet Nam.* Development of the aquafeed industry in India. In M.R. Hasan, T. Hecht, S.S. De Silva and A.G.J. Tacon (eds). Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development. FAOFisheries Technical Paper. No. 497. Rome, FAO: 363-377

33. **ISH T. et DOCTOR K.**, 2007, *Farmed River Catfish: Swai (Pangasius hypophtalmus) and Basa (Pangasius bocourti).* Final Report, August 26, 2005. Updated December 11, 2007. Monterey Bay Aquarium's Seafood Watch, Seafood Report : 28 pages

34. **J.O.U.E.**, 2006, *Règlement CE/1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires*

35. **KORNG S.**, 2008, *Contribution à l'étude des problèmes de coloration jaune du filet de Pangasius chez Agifish.* Mémoire de fin de Master II PAEHQ, Université Nong Lam, Thu Duc : 50 pages

36. **KOS C., RAKOTOMANANTSOA S., VAN DEN BERG F., RANDRIAMIARANA H. et JANSSEN J.**, 1993, *Manuel sur la boîte à images : rizipisciculture.* Promotion de l'Aquaculture et Privatisation de la Production d'Alevins, FAO Project Reports No7 1993 PNUD/FAO-MAG/88/005 : 22 pages

37. **KURIEN J.**, 2005, *Responsible fish trade and food security.* FAO Fisheries Technical Paper No 456. Rome, FAO: 102 pages

38. **LAZARD J.**, 2007, *Note de synthèse sur le Pangasius.* CIRAD : http://aquatrop.cirad.fr : 5 pages

39. **LAZARD J. et CACOT P.**, 2003, *Domestication des poissons-chats du Mékong du genre Pangasius.* Présentation au séminaire **Diversification - Domestication** à Nantes les 24 et 25 juins 2003. http://aquatrop.cirad.fr : 38 pages

40. **LAZARD J. et CACOT P.**, 1997, Systèmes *de production aquacoles au Vietnam : situation, perspectives et enjeux de recherche.* Agriculture et développement (15) : 127-136

41. **LE COQ J.F., TUYEN N.Q., HUON L., HA V.V. et CAN N.D.**, 1997, *Libéralisation économique, intensification et diversification : étude de cas d'une région agricole au cœur du delta du Mékong.* Agriculture et développement (15) : 35-42

42. **LE THANH DUONG**, 2003, *Système riz-crevette d'eau douce dans le delta du Mékong au Vietnam.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

43. **LE THANH LUU**, 2003, *Le système de culture VAC dans le nord du Viet Nam.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

44. **LIEM L.T.**, 2000, *Nouvelle gestion des terres au Vietnam (1986-2000).* In Prospects for economic and Social progress, The Kenney Auditorium, Washington D.C., November 16-17, 2000

45. **LITTLE D.C., BARMAN B.K. et CRITCHLOW-WATTON C.**, 2007, Fish for life: *Produciong high quality fish seed in rural areas of Asia.* Asia Magazine, Vol. XII No 2, April-June 2007, ISSN:0859-600X: 28-32

46. **LITTLE D., INNES-TAYLOR N., TURONGRUANG D. et SOLLOWS J.**, 2003, *Alevinage en systèmes riz-poisson.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

47. **LONG D.N.**, 2002, *Sustainable development of integrated rice-fish polyculture systems in the Mekong delta of Vietnam.* PhD thesis, Can Tho University: 297 pages

48. **MANOSROI J., MENG-UMPHAN K. et MANOSROI A.**, 2004, *Maturation Induction of Pangasius hypophtalmus using Gonadotropin Releasing Hormone Analogue (GnRHa) in combinaison with Domperidone, in oil suspension dosage forms.* Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. Asian Fisheries Science 17:39-49

49. **MINH N.H., VIET P.H., MINH T.B., KUNISUE T., IWATA H. et TANABE S.**, 2006, *Exposure of catfish in Mekong river delta to polybrominated diphenyl ethers and persistent organochlorines: assessment on pollution sources and risk to human consumption.* Proceedings of the 3rd APEC Workshop on "Modern Approaches to Linking Exposure to Toxic Compounds and Biological Effects", Xiamen, China, 9-15 October 2006: 62-70

50. **MONTET D.**, *Introduction à la traçabilité.* CIRAD-AMIS - Support de cours à l'Université de Montpellier 2, Département Biochimie Physiologie : 184 pages

51. **MORIN R. et BOUCHER C.**, 2005, *Le vert de malachite est interdit d'utilisation en pisciculture. Pourquoi et comment s'en passer?* L'Aquicole vol.10 No4 : 7 pages

52. **MRC**, 2003, *State of the Basin Report :2003. Executive Summary.* Mekong River Commission, Phnom Penh, 50 pages. ISSN: 1728-3248

53. **MRC**, 2007, *Diagnostic study of water quality in the Lower Mekong Basin.* MRC Technical Paper No 15, Mekong River Commission, Vientiane: 57 pages

54. **MRC**, 2008, Flood situation report, August 2008. MRC Technical Paper N°21, Mekong River Commission, Vientiane: 20 pages

55. **MRCS/WUP-FIN**, 2007, Final Report - Part 2: Research findings and recommendations. WUP-FIN Phase 2 - *Hydrological, Environmental and Socio-Economic Modelling Tools for the Lower Mekong Basin Impact Assessment.* Mekong River Commission and Finnish Environment Institute Consultancy Consortium, Vientiane, Lao PDR: 126 pages

56. **NAM TRAN N.T.**, 1996, *Vivre la « rénovation » dans les campagnes vietnamiennes.* Cahiers agricultures (5) : 300-4

57. **PAN J., LIU C., ZHENG W., LIU W. et FANG L.**, 1988, *The morphological structure of the swim bladder of Pangasius sutchi and its air-breathing.* Zoological Research, 9 (1): 87-92, ISSN: 0254-5853

58. **PHILLIPS M.J.**,2002, *Fresh Water aquaculture in the Lower Mekong Basin. MRC Technical Paper No7,* Mekong River Commission, Phnom Penh. 62 pages. ISSN : 1683-1489

59. **PHUONG N.T., OANH D.T.H., DUNG T.T. et SINH L.X.**, 2005, *Bacterial resistance to antimicrobials use in shrimp and fish farms in the Mekong delta, Vietnam.* In Proceedings of the Antibiotic resistance in Asian aquaculture environments Workshop, February 2005, Chiang Mai, Thailand: 3 pages

60. **PHUONG N.T., SINH L.X., THINH N.Q., CHAU H.H., ANH C.T. et HAU N.M.**, 2007, Economics of aquaculture feeding practices: Viet Nam. In M.R.Hasan (ed.). Economics of aquaculture feeding practices in selected Asian countries. FAO Fisheries Technical Paper No.505. Rome, FAO 2007, pp 183-205

61. **PODGER G., BEECHAM R., BLACKMORE D., PERRY C. et STEIN R.**, 2004, *Modeled Observations on Development Scenarios in the Lower Mekong Basin.* Mekong Regional Water Resources Assistance Strategy, World Bank, Vientiane: 126 pages

62. **PULLIN R.**, 2003, *Intégration agriculture et environnement.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

63. **ROBERTS T.R. and VIDTHAYANON C.**, 1991, *Systematic revision of the Asian catfish family Pangasiidae, with biological observations and descriptions of three new species.* Proc. Acad. Nat. Sci. Philad. 143:97-144

64. **ROTHUIS A.**, 1998, *Rice-Fish culture in the Mekong delta, Vietnam : constraint analysis and adaptative research.* PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Science, Department of Biology, Laboratory of Ecology and Aquaculture, Belgium: 113 pages.

65. **ROTHUIS A.J., NHAN D.K., RICHTER C.J.J. et OLLEVIER F.**, 1998, *Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong Delta, Vietnam: a socio-economical survey.* Aquaculture Research 29:47-57

66. **ROTHUIS A.J., NHAN D.K., RICHTER C.J.J. et OLLEVIER F.**, 1998, *Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong Delta, Vietnam: Interaction of rice culture and fish husbandry management on fish production.* Aquaculture Research 29: 59-66

67. **ROTHUIS A.J., VROMANT N., XUAN V.T., RICHTER C.J.J. et OLLEVIER**, 1999, *The effect of rice seeding rate on rice and fish production in direct seeded rice-fish culture.* Aquaculture Vol. 172, n°3-4: 255-274

68. **ROTHUIS A.J., DUONG L.T., RICHTER C.J.J. et OLLEVIER F.**, *Polyculture of silver barb, Puntius gonionotus (Bleeker), Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.) and common carp, Cyprinus carpio (L.) in Vietnamese ricefield: 1. Feeding ecology and impact on rice and ricefield environment.* Aquaculture Research 29: 649-660

69. **ROTHUIS A.J., NAM C.Q., RICHTER C.J.J. et OLLEVIER F.**, *Polyculture of silver barb, Puntius gonionotus (Bleeker), Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.) and common carp, Cyprinus carpio (L.) in Vietnamese ricefield: 2. Fish production parameters.* Aquaculture Research 29: 649-660

70. **SANG N.V., HAO N.V., HUNG D., KHOI P.D., HA B.T.L., DINH V.H. et DIEN N.**, 2007, *Selective breeding for growth and filler yield of river catfish (Pangasianodon hypophtalmus) in the Mekong Delta, Vietnam.* Aquaculture Asia Magazine, Vol. XII No 2, April-June 2007, ISSN:0859-600X: 26-27

71. **SARTER S., NGUYEN H.N.K., Hung L.T., LAZARD J. et MONTET D.**, 2007, *Antibiotic resistance in Gram negative bacteria isolated from farmed catfish.* Food Control, Vol. 18, Issue 11: pages 1391-1396

72. **SAVILLEJA R., TORRES J., SOLLOWS J. et LITTLE D.**, 2003, *Utilisation des déchets animaux en étang.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

73. **SEONG K.F.**, 1989, *Some aspects of the use and manufacture of formulated fish feeds.* In Report of **the workshop on shrimp and finfish feed development**, Johore Bahru, Malaysia, 25-29 october 1988. ASEAN/UNDP/FAO Regional Small-Scale Coastal Fisheries Development Project, Manilla Philippines

74. **SOLLOWS J.**, 2003, *Préparation du terrain pour le système riz-poisson.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

75. **SOLLOWS J.**, 2003, Choix de l'emplacement : où élever des poissons avec du riz ? Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

76. **SOLLOWS J.**, 2003, *L'empoissonnement dans le système riz-poisson.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

77. **SOLLOWS J.**, 2003. *Alimentation et entretien en système riz-poisson.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

78. **SOLLOWS J. et DELA CRUZ C.**, 2003, *Gestion du riz en système riz-poisson.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

79. **SOLLOWS J.**, 2003, *Système riz-poisson : bénéfices et problèmes.* Intégration agriculture-aquaculture, principes de base et exemples, FAO document technique sur les pêches n° 407, Institut international pour la reconstruction rurale, Worldfish Center, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

80. **THU N.D., DALSGAARD A., LOAN L.T.T. et MURRELL K.D.**, 2007, *Survey for zoonotic liver and intestinal trematode metacercariae in cultured and wild fish in An Giang Province, Vietnam.* Korean Journal of Parasitology, Vol.45, No 1: 45-54

81. **TRONG, TRINH QUOC, NGUYEN VAN HAO et DON GRIFFITHS**, 2002, *Status of Pangasiid aquaculture in Viet Nam.* MRC Technical Paper No 2, Mekong River Commission, Phnom Penh: 16 pages. ISSN: 1683-1489

82. **TUNG N.T., THANH N.V.et PHILLIPS M**, 2004, *Policy Research - Implications of Liberalization of Fish Trade for Developing Countries: A Case Study of Vietnam.* Project PR 26109. FAO/GTZ/Natural Resources Institute/Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung/One World/SIFAR/DFID: 69 pages

83. **VAN P.T.**, 2005, *Current status of aquatic veterinary drugs usage for Aquaculture in Vietnam.* In Proceedings of the Antibiotic resistance in Asian aquaculture environments Workshop, February 2005, Chiang Mai, Thailand: 3 pages

84. **VAN ZALINGE N., SOPHA L., BUN N.P., KONG H. et JORGENSEN J.V.**, 2002, *Status of the Mekong Pangasianodon hypophtalmus resources, with special reference to the stock shared between Cambodia and Viet Nam.* MRC Technical Paper No 1, Mekong River Commission, Phnom Penh: 29 pages. ISSN: 1683-1489

85. **VIET P.H., LIEU T.T., MINH N.H., MINH T.B. et TANABE S.**, 2006, *Widespread contamination by persistent toxic substances in Vietnam and their implications on environmental quality and human health.* Proceedings of the 3rd APEC Workshop on "Modern Approaches to Linking Exposure to Toxic Compounds and Biological Effects", Xiamen, China, 9-15 October 2006: 71-78

86. **YI Y., YUAN D.R., PHUONG N.T., PHU T.Q., LIN K et DIANA J.S.**, 2004, *Environmental Impacts of Cage Culture for Catfish in Hongngu, Vietnam.* Twenty-First Annual Technical Report. Aquaculture CRSP, Oregon State University, Corvallis, Oregon: 157-168

87. **ZHENG W.B. et LIU W.S.**, 1988, *Morphology and histology of the swimbladder and infrastructure of respiratory epithelium in the air-breathing catfish, Pangasius sutchi (Pangasiidae).* The Fisheries Society of the British Isles

88. **HUNG L.T., NGUYEN A.T. et LAZARD J.**, 2001, *Effects of frequency and time of feeding on growth and feed utilization in two Asian catfishes, Pangasius bocourti (Sauvage, 1880) and Pangasius hypophtalmus (Sauvage, 1880).* Journal of aquaculture in the Tropics, 16 (2): 171 - 184

89. **JOHNSTON C.**, 2008, *Import risk analysis: Frozen, skinless and boneless fillet meat of Pangasius spp. Fish from Vietnam for human consumption.* Biosecurity New Zealand, Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington, NZ: 70 pages

90. **FERGUSON H.W., TURNBULL J.F., SHINN A., THOMPSON K., DUNG T.T. et CRUMLISH M.**, 2001, *Bacillary necrosis in farmed Pangasius hypophtalmus (Sauvage) from the Mekong Delta, Vietnam.* Journal of Fish Diseases (24): 509-513

91. **CRUMLISH M., DUNG T.T., TUMBULL J.F., NGOC N.T.N. et FERGUSON H.W.**, 2002, *Identification of Edwardsiella ictulari from diseased freshwater catfish, Pangasius hypophtalmus (Sauvage), cultured in the Mekong Delta, Vietnam.* Journal of Fish Diseases (25): 733-736

92. **ARTHUR J.R. et TE B.Q.**, 2006, *Checklist of the parasites of fishes of Viet Nam.* FAO Fisheries Technical Paper N°369/2. Rome, FAO: 133 pages

93. **MANSFIELD B.**, 2003, *From catfish to organic fish: making distinctions about nature as cultural economic practice.* Geoforum (34): 329-342

94. **CHOUDHURY G.S. et BUBLITZ G.**, 2000, *Détection des parasites des poissons : potentialités du biomagnétisme.* Bibliomer n°9, mars 2000.

95. **FROESE R. et PAULY D.**, Pauly Editors, 2008, FishBase World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version 09/2008

96. **FISTENET**, Fisheries Informatics Centre (FICen), Fisheries Sientific - technological economic Information. Ministry of Agriculture and Rural Development. www.fistenet.gov.vn

97. **BANQUE MONDIALE, World Development Indicators database**, *Vietnam*, September 2008, www.worldbank.org, Washington

98. **Vietnam Food Promotion (VfP)**, www.worldofpangasius.com.vn, Seafood from Vietnam, TP-HCM

99. **HERFORT A. (AGDAFF) et MOHAN C.V. (NACA)**, 2007, *Aquatic Animal Diseases Significant to Asia-Pacific: Identification Field Guide*, Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra. http://library.enaca.org/Health/FieldGuide/html/fb025esc.htm

100. **PREIN M., LITTLE D., CHAPMAN G. et HORSTKOTTE-WESSELER G.**, 1998, *La rizipisciculture.* Centre de Recherche pour le développement international (CRDI - IDRC), www.idrc.ca/fr/ev-27174-201-1-DO_TOPIC.html

101. **NGUYEN T.P. et TRUONG H.M.**, 2006-2008, *National Aquaculture Sector Overview - Vietnam.* In FAO Fisheries and Aquaculture Department (online), Rome, Updated 10 Oct. 2005. www.fao.org/fishery/countrysector/naso_vietnam/en

102. **FAO**, 2006-2008, Fishery and Aquaculture Country Profile - Vietnam. In FAO Fisheries and Aquaculture Department (online), Rome. http://www.fao.org/fishery/countrysector/FI-CP_VN/1/en

103. **Ministère des affaires étrangères et Européennes**, *France-Diplomatie : Présentation du Vietnam.* http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/pays-zones-geo_833/vietnam_555/presentation-du-vietnam_1357/economie_5938.html

104. **WEISSBERG G. et CANTALA A.**, 2002, *Le Vietnam du « doi moi » : ouvertures et mutations.* Cafés géographiques. http://www.cafe-geo.net/article.php3?id_article=166

105. **McNEVIN A.**, *Aquaculture.* WWF : World Wide Fund, Aquaculture http://www.worldwildlife.org/what/globalmarkets/aquaculture/index.html

106. **MINEFE**, 2008, *Mollusques et autres invertébrés aquatique, liste des dénominations commerciales selon l'arrêté du 26 juin 1996.* DGCCRF, MINEFE. http://www.dgccrf.bercy.gouv.fr/consommation/information_consommateurs/poissons/mollusques.htm

107. **TRUONG T.V. (VASEP)**, 2005, Pangasius Market Report - December 2005: Increase in Vietnamese Pangasius sales to EU Markets. FAO Globefish 2005 http://www.globefish.org/index.php?id=2652

108. **O'SULLIVAN G.**, 2006, Jump in Vietnamese Pangasius exports during 2006. In Fish INFOnetwork Market Report. FAO 2006 http://www.eurofish.dk/indexSub.php?id=3265&easysitestatid=-1630143512

109. **Agence Canadienne d'inspection des aliments**, 2006, *Arrangement concernant l'inspection et la certification de l'absence de certains résidus de médicaments dans les poissons et produits du poisson issus de l'aquaculture provenant du Vietnam.* http://www.inspection.gc.ca/francais/anima/fispoi/export/mupd/vievief.shtml

110. **PopulationData**, 2008, *République socialiste du Viêt Nam.* http://www.populationdata.net/index2.php?option=pays&pid=228&nom=vietnam

111. **PopulationData**, 2008, Carte en relief du Vietnam, d'après CIA. http://www.populationdata.net/indexcarte.php?option=pays&mid=1085&pid=228&nom=vietnam-relief

112. **EUZEBY J.P.**, 2004, *Edwardsiella.* Dictionnaire de bactériologie vétérinaire. http://www.bacterio.cict.fr/bacdico/ee/edwardsiella.html

113. **OIE**, 2008, *Recueil des données par maladie animale.* OIE - OMS http://www.oie.int/fr/maladies/fr_alpha.htm?e1d7

114. **Mekong River Commission.** http://www.mrcmekong.org/

ROSTANG Antoine

La pisciculture dans le delta du Mékong au Vietnam

Thèse vétérinaire : Lyon, le 03 décembre 2008

RESUME : Le Vietnam est aujourd'hui un des pays leader en pisciculture, plus particulièrement le delta du Mékong. Différents systèmes d'élevage coexistent : élevages traditionnels extensifs (rizipisciculture, étangs à latrine), élevages traditionnels intensifs (cages) et élevages modernes intensifs (étangs aménagés, enclos).

C'est dans ces différents systèmes de production (à l'exclusion de la rizipisciculture) que l'on retrouve les pangas (*Pangasius hypophthalmus* et *Pangasius bocourti*), poissons autochtones emblématiques du delta du Mékong, choisis comme modèles pour cette étude. Reproduction, alimentation, gestion des pathologies, analyse économique de la filière et de l'exploitation, impact environnemental et sécurité sanitaire sont autant de points abordés dans cette étude.

La rizipisciculture, modèle unique permettant la combinaison d'une production végétale et animale en une même unité de lieu et de temps, peut aujourd'hui, grâce à des techniques agronomiques modernes, devenir une véritable activité de production piscicole, ce qui est détaillé dans cette étude.

MOTS CLES :

- Delta du Mékong
- Pisciculture
- Rizipisciculture
- *Pangasius hypophthalmus*
- *Pangasius bocourti*

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Michel RICHARD

1er Assesseur : Monsieur le Professeur Théodore ALOGNINOUWA

2ème Assesseur : Monsieur le Professeur Gilles BOURDOISEAU

DATE DE SOUTENANCE : 03 décembre 2008

ADRESSE DE L'AUTEUR :

73, rue Jean Moulin

38490 Saint André le Gaz