

L'intensification écologique d'un modèle de pisciculture intégrée : recycler les effluents d'élevages porcins de la province de Thai Binh (Nord Vietnam)

Olivier Mikolasek¹
Trinh Dinh Khuyen²
Jean-Michel Medoc³
Vincent Porphyre⁴

¹ Cirad
UR « Aquaculture et gestion des ressources
aquatiques »
TA B-20/01
Avenue Agropolis
34398 Montpellier cedex 5
France
<olivier.mikolasek@cirad.fr>

² Faculté de production animale
et de production aquacole
Département de production aquacole
Université Agronomique no 1 de Hanoi
Trau Quy, Gia Lam, Hanoi,
Vietnam
<khuyen_hau1@yahoo.com>

³ Cirad
UR Recyclage et risque
Cirad Regional Office
35 Dien Bien Phu
Hanoi
Vietnam
<jean-michel.medoc@cirad.fr>

⁴ Cirad
UR « Systèmes d'élevage »
Station de Ligne-Paradis - 7 chemin de l'IRAT
97410 Saint-Pierre
Ile de la Réunion
<vincent.porphyre@cirad.fr>

Résumé

Dans la province de Thai Binh (Nord Vietnam), les autorités politiques accordent une grande importance à la pisciculture d'eau douce. Dans le but de produire du tilapia pour l'exportation, elles encouragent, grâce à des subventions, l'amélioration du fonctionnement de 6 600 hectares d'étangs et la transformation en étangs piscicoles de 7 000 hectares de rizières à bas rendement. La pisciculture pourrait aussi constituer de nouvelles surfaces réceptrices de matières organiques dans la perspective de la mise en place du projet d'intensification de l'élevage porcin prévu d'ici 2010. Différents types d'exploitations piscicoles ont pu être définis. Leur évolution dans les prochaines années permet d'émettre un diagnostic, quant à leur capacité d'absorption de déjections animales. La construction et l'intensification écologique d'un modèle de pisciculture intégré à l'élevage porcin permettraient d'atteindre le double objectif des autorités locales : augmenter la capacité d'absorption des étangs et produire des tilapias pour l'exportation.

Mots clés : eau usée ; élevage porcin ; fertilisation ; gestion intégrée ; pisciculture ; Vietnam.

Thèmes : pêche et aquaculture ; productions animales.

Abstract

The ecological intensification of an integrated fish farming model: Recycling pig effluents from farms in Thai Binh province (North Vietnam)

In Thai Binh Province (North Vietnam) the political authorities give great importance to freshwater fish farming. With the aim of producing tilapia for export, they are using subsidies to promote improvement in the management of 6,600 hectares of fish ponds and conversion of 7,000 hectares of low yield paddy-fields into fish ponds. Furthermore, through integrated agriculture-aquaculture, fish ponds make it possible to recycle animal manure, especially that of pig's produced on the farms. Different kinds of farms have been characterized. Their evolution in the future has been forecast through a diagnosis concerning their recycling capacity of the part of animal faeces which will be produced by the pig farming intensification project planned for 2010. The building and ecological intensification of a fish farming model integrated with pig production could achieve a double objective planned by the local authorities: to increase the recycling capacity of pig manure by ponds and to produce tilapias for export.

Key words: effluents; fish culture; integrated management; pisciculture; swine; Vietnam; waste water.

Subjects: animal production; fishing and aquaculture.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet E3P *Animal Production Intensification in Vietnam and*

Environmental Protection. Ce projet avait pour objectif global d'évaluer l'impact des déjections porcines sur l'environ-

nement dans la perspective de la mise en œuvre du plan de développement national d'intensification de la production porcine de la province de Thai Binh dans le delta du fleuve Rouge au Nord Vietnam. Il s'agissait notamment d'identifier les principales situations rencontrées au niveau des élevages porcins, des surfaces réceptrices de la matière organique (champs et étangs de pisciculture) et des stratégies de gestion des effluents (Porphyre et Médoc, 2006).

Depuis 1999, le département aquacole de la province accorde des subventions pour réaménager des étangs et transformer en pisciculture des rizières à faible rendement. Cette politique d'encouragement de la pisciculture d'eau douce a été renforcée, en 2004, par la promotion de l'élevage du tilapia (Porphyre et Nguyen, 2006). Ce projet s'inscrit dans une volonté nationale d'augmenter le volume des exportations nationales de produits aquacoles.

Tout en constituant des surfaces réceptrices d'une matière organique excédentaire et potentiellement polluante vis-à-vis de l'environnement, la pisciculture bénéficie ainsi d'une ressource abondante pour son propre développement. En effet, la grande majorité des poissons issus de la pisciculture d'eau douce sont produits, en Asie, dans des systèmes semi-intensifs fertilisés par des effluents d'élevage. Ainsi, la forte augmentation de la production aquacole observée en Chine (Cremer, 1999), au

cours des dernières décennies, est pour partie liée à l'explosion des élevages porcins et de l'aviculture (Gerber *et al.*, 2005 ; Chen *et al.*, 1995). Ces effluents d'élevage sont employés même quand une alimentation supplémentaire de bonne qualité est disponible, et ils sont encore largement utilisés dans des systèmes aquacoles qualifiés d'intensifs (Diana *et al.*, 1996).

L'utilisation par la pisciculture des déjections porcines, déchets recyclés mais aussi ressources à valoriser, n'est pas le seul fait de l'Asie, mais aussi de pays nouvellement aquacoles comme le Brésil (Souza *et al.*, 2002). Dans ce dernier pays, des modèles localisés de pisciculture intégrée à l'élevage de porc ont été construits en partenariat avec l'ensemble des acteurs de la filière souvent au prix de fortes controverses, notamment environnementales (da Silva *et al.*, 2009). L'application du modèle permet d'absorber des quantités importantes de lisiers, tout en respectant les normes environnementales et, notamment, sanitaires (Tomazelli *et al.*, 2003).

Le travail présenté repose sur une analyse des systèmes de production qui a consisté à :

- rassembler l'ensemble des informations relatives aux pratiques piscicoles et aux contraintes rencontrées par les producteurs ;
- évaluer les niveaux d'utilisation des effluents animaux par type de pisciculture.

Méthodologie

Enquêtes auprès des exploitants

Les enquêtes ont eu lieu en 2005 dans les districts de Vu Thu, Quynh Phu et Thai Thuy (*figure 1*) : 45 questionnaires ont été utilisés pour réaliser la typologie et 149 questionnaires supplémentaires dans le district de Đông Hưng ont permis de confirmer la représentativité des résultats obtenus (Mikolasek *et al.*, 2006).

Calcul des quantités d'azote apportées par les effluents d'élevage

Les recommandations en matière d'épandage de déjections sur les étangs sont de 60 porcs par hectare, de 50 kg de poids vif moyen (Delmondo, 1980). Afin de comparer les pratiques des pisciculteurs, ceux-ci n'épandant pas tous ou exclusivement des déjections de porcs sur leurs étangs, les apports de fertilisants ont été convertis en quantité d'azote par hectare. Soixante équivalents porcs par hectare correspondent à une fourniture d'environ 240 kg N/ha par an sur la base de calcul suivante : quantité de déjections fraîches (kg/j) : nombre de porcs × poids moyen vif × 0,05 (Derail et Klotz, 2002) ; et

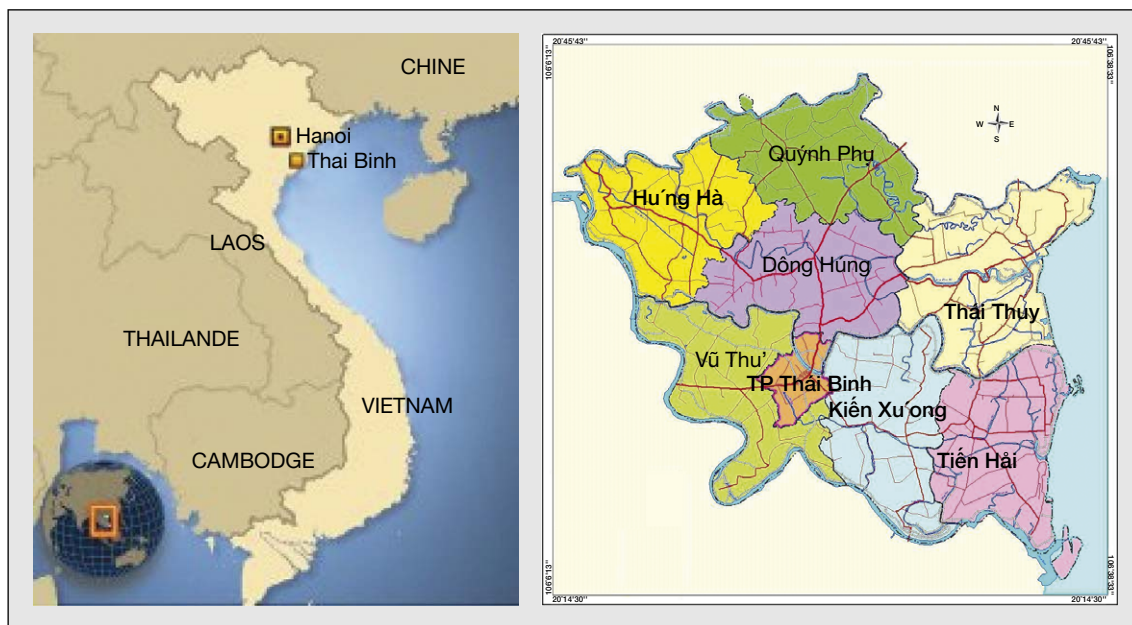


Figure 1. Localisation et carte administrative de la province de Thai Binh.

Figure 1. Localization and administrative map of Thai Binh province.

teneur en azote 0,44 % du poids frais des déjections (Dierolf *et al.*, 2001). Les données de référence utilisées pour évaluer les apports d'azote contenus dans les autres effluents d'élevage sont présentées dans le *tableau 1*.

Ces apports d'azote devaient permettre d'obtenir des rendements en poissons compris entre 4 à 10 t/ha par an en fonction des facteurs de l'environnement (réserve alcaline, disponibilité en eau, température de l'eau, etc.) et des pratiques d'élevage (Delmondo, 1980).

Caractéristiques de la pisciculture

Intégration dans les systèmes de production de l'exploitation

À l'origine, dans la région du Nord Vietnam, des mares furent creusées pour utiliser la terre dans la construction de la maison et la mise en place du jardin potager. L'eau collectée dans les mares était utilisée dans un but domestique et pour arroser des plantes. Les fèces animales

étaient valorisées sur les cultures, en particulier pour le riz. Par la suite, ces mares ont été transformées en étangs piscicoles. Actuellement, la pisciculture prenant de l'importance, les déjections d'origine animale sont de plus en plus épandues sur les étangs au détriment des cultures. L'élevage de poissons est réalisé dans des étangs qui sont étroitement intégrés aux voies énergétiques et nutritives des autres productions de l'exploitation. Le système de production dans les étangs d'aquaculture intégrée est régi par deux sources d'énergie : le soleil à travers le phytoplancton et les apports organiques à travers les bactéries hétérotrophes. La clé pour capturer les diverses sources d'énergie est la polyculture de poissons.

Polyculture à base d'espèces « traditionnelles »

Les espèces « traditionnelles » (et exotiques), élevées dans la province, regroupent la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*), la carpe commune (*Cyprinus carpio*), la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*), la carpe à grosse tête (*Aristichthys nobilis*), les carpes indiennes rohu et mrigal (*Labeo rohita* et *Cirrhinus cirrhosus*). Les espèces nouvellement élevées se composent des tilapias (*Oreochromis niloticus* et *Oreochromis mossambicus*), du pirapitinga (*Piaractus brachipomus*), du poisson-chat (*Clarias macrocephalus*) et de la carpe herbivore noire (*Mylopharyngo-*

don piceus). La polyculture associant carpes herbivores, carpes communes, carpes argentées et carpes indiennes constitue une situation quasi générale. Quelques exploitations ont, en plus, du tilapia (13 % des fermes), du pirapitinga (6 % des fermes) et, plus rarement, du poisson-chat (2 %) et de la carpe herbivore noire (4 %).

Système riz-poissons en perte de vitesse

Dans la province de Thai Binh, la rizipisciculture est de moins en moins pratiquée. Elle est considérée par les autorités provinciales comme une étape de transition pour la transformation des rizières à bas rendements en étangs piscicoles. Parmi les exploitants enquêtés, seuls 6 % d'entre eux pratiquent la rizipisciculture.

Système porcs-poissons dans toutes les exploitations

Les porcs sont le plus souvent élevés dans des bâtiments au bord de l'étang, et les déjections partent directement dans l'étang avec les eaux de lavage. Les fèces sont parfois raclées pour être épandues sur les cultures et, dans ce cas, seules les eaux de lavage contenant le reste de l'urine se déversent dans l'étang.

À Thai Binh, la majorité des exploitants (87 %) rencontrés pratiquent ce système d'intégration (*figure 2*).

Système canards-poissons, l'intégration la plus complète

Dans la province de Thai Binh, 48 % des exploitants interrogés pratiquent l'élevage de volaille (*figure 2*) : 29 % élèvent les canards directement sur l'étang dont une partie des excréments riches en protéines est directement consommée par les poissons, et 19 % pratiquent le système poulets-poissons. Ces deux systèmes coexistent chez 8 % des exploitants.

Système VAC, une conceptualisation des systèmes traditionnels

L'intégration du maraîchage, de l'élevage et des étangs piscicoles est appelée « système VAC ». En vietnamien, VAC est l'acronyme pour *Vườn Ao Chuông* (jardin-étang-élevage). Le mouvement VAC a débuté dans les années 1980. Son objectif était d'améliorer la qualité nutritionnelle de l'alimentation des ruraux pauvres (Luu, 2001). Dans la province de Thai Binh, bien que certains des exploitants appliquent ce modèle, ils ne s'y réfèrent pas explicitement.

Tableau 1. Teneur en azote de différents effluents d'élevage d'après Le Van Can (1975), Knud-Hansen *et al.* (1993), Muchtar et Sri (1998), et Dierolf (2001).

Table 1. Nitrogen rate of various animal faeces from Le Van Can (1975), Knud-Hansen *et al.* (1993), Muchtar et Sri (1998), and Dierolf (2001).

Source d'effluent	Type d'effluent	Pourcentage N en poids frais
Porc	Fèces raclées	0,7
	Urine	0,39
	Urine + fèces	0,44
	Compost	0,66
Canard	Fiente	0,01
	Poulet	0,0163
Buffle/vache	Fèces	0,30/0,34
	Urine	1
	Compost	0,45
Homme	Fèces	1,6
	Urine	1

N : azote.

Évaluation des pratiques de recyclage des effluents d'élevage

Pisciculteurs en faveur de l'utilisation des lisiers frais de porc

La fertilisation organique est utilisée par 77 % des exploitations piscicoles. Les déjections animales brutes sont alors épandues sans stockage préalable et sans séparation de la phase solide et de la phase liquide. Dans 13 % des fermes, la phase liquide est séparée de la phase solide par raclage, et seules les eaux de lavage s'écoulent dans l'étang. Cela n'est valable que pour les déjections porcines, bovines, bubalines et humaines. Huit pour cent des exploitations, pratiquant un système volailles-poissons, fertilisent leurs étangs avec les fientes en une seule fois à l'issue du cycle de production de volailles. Seules 8 % des fermes transforment leurs effluents d'élevage avant de les épandre sur les étangs. Les différents exploitants combinent souvent les différents modes d'utilisation des déjections en fonction de leur provenance animale.

La plupart des pisciculteurs jugent les lisiers frais de porcs comme les plus efficaces à la fois en termes d'effet sur l'appétence des poissons et sur la productivité des étangs. Malgré cette fertilisation organique, près de 30 % des pisciculteurs apportent dans leurs étangs un supplément de fertilisation chimique principalement sous forme d'urée.

Des récoltes de poissons qui reflètent la diversité des pratiques

Les quantités de poissons récoltées dans les exploitations enquêtées ont été très hétérogènes. Elles étaient comprises entre 0,36 et 11,5 t/ha par an pour une valeur moyenne de l'ordre de 3,2 t/ha par an. Au regard des apports azotés, et notamment pour les valeurs recommandées (240 kg N/ha par an ; Delmondo, 1980), les récoltes sont souvent inférieures aux résultats attendus (< 4 t/ha par an). Elles ne sont pas proportionnelles aux apports azotés déclarés (figure 3). Cela reflète la grande diversité des pratiques (densité de mise en charge, gestion de l'eau et des apports de matières organiques) et, d'une manière globale, d'une maîtrise très inégale de la conduite de la pisciculture dans un contexte difficile. De manière empirique (figure 3), les exploitations ont été rattachées à trois types d'exploitations (tableau 2).

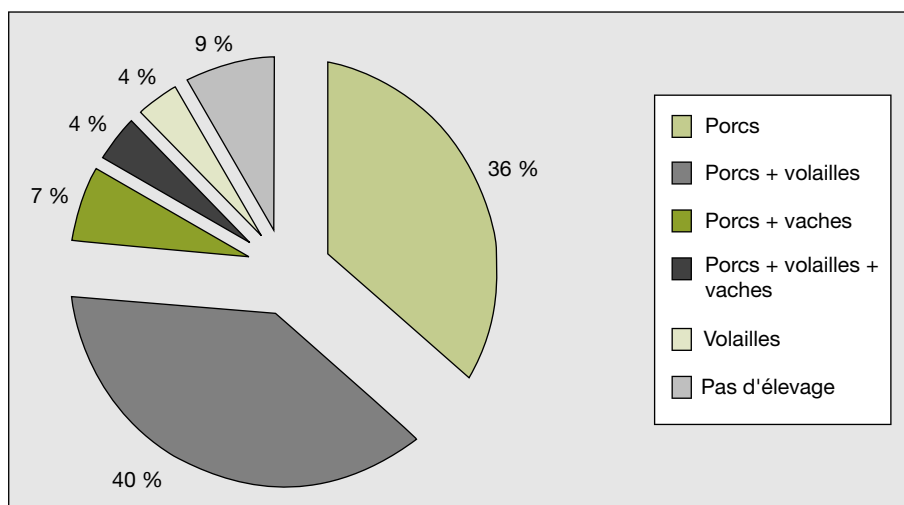


Figure 2. Répartition des systèmes d'élevage associés à la pisciculture.

Figure 2. Distribution of livestock systems associated with fish farming.

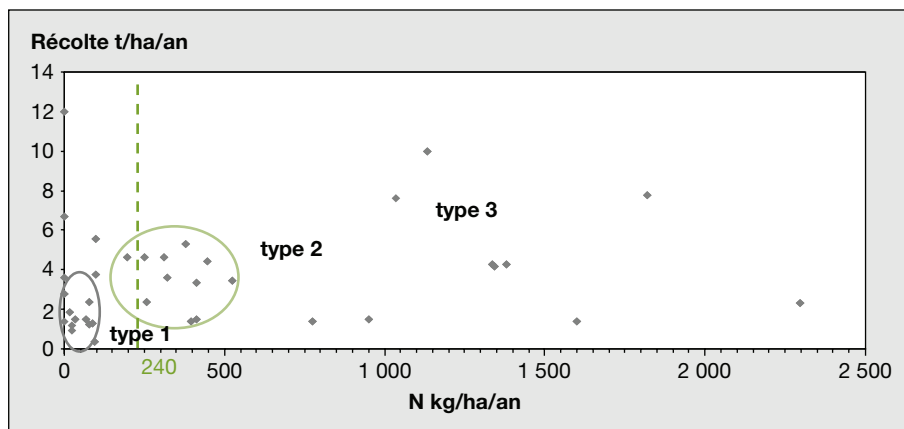


Figure 3. Récoltes de poissons en fonction de la quantité d'azote épandue sur les étangs.

Figure 3. Fish harvests according to the quantity of nitrogen dispersed on the ponds.

Déterminants de l'utilisation des effluents dans la fertilisation des étangs

pH acides limitant la réponse des étangs à la fertilisation

Les parcelles situées le long du fleuve Rouge ou de sa dérivation, le Tra Ly, sont constituées de sols alluvionnaires au pH bas, de l'ordre de 6, qui sont le signe d'un manque de réserves alcalines. Le manque de carbonates est un facteur limitant à l'augmentation de la productivité des étangs et, notamment à une

dégradation optimale de la matière organique. En conséquence, il est recommandé aux pisciculteurs de la région de chauler leurs étangs tous les ans.

Risques d'inondation

Thai Binh est située dans une zone de delta ; la pente est inférieure à 1 %, et l'altitude varie entre 1 et 2 m au-dessus du niveau de la mer. C'est pourquoi, les étangs sont le plus souvent approvisionnés en eau et/ou vidangés grâce à des pompes, voire manuellement. Les inondations représentent un grave problème pour 40 % des pisciculteurs. Elles provoquent des pertes importantes de poissons.

Tableau 2. Types d'exploitation en fonction des apports d'azote et des récoltes de poissons.

Table 2. Types of farming according to nitrogen supplies and fish harvests.

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Équivalents porcs de 50 kg/ha	< 28	28-84	> 84
Quantité de N (kg/ha par an)	< 240	240-560	> 560
Récolte (kg/ha par an)	< 4	< 5,5	1-10

N : azote.

Principale contrainte : une saison à la fois sèche et froide

De décembre à mai, quand la température de l'eau est inférieure à 18 ou 20 °C, il est alors recommandé aux producteurs de réduire les apports en matière organique dans les étangs. L'excès de matières organiques en saison froide conjugué au manque d'eau est perçu par les exploitants comme la principale cause de dégradation de la qualité de l'eau. Cette situation entraîne une désoxygénation de l'eau des étangs provoquant des mortalités de poissons.

Exploitants à la recherche de nouveaux revenus

Pratiqué souvent depuis moins de dix ans par des agriculteurs d'âge mûr et instruits, le développement récent de la pisciculture semble pour partie résulter de actions gouvernementales de promotion de l'aquaculture. Deux tiers des paysans de la province de Thai Binh déclarent s'être engagés dans la pisciculture pour augmenter leur revenu.

Volonté politique de développer la pisciculture

Depuis 1996, les autorités font la promotion de la monoculture de tilapia monosexé mâle (*O. niloticus*). Les poissons sont élevés à des densités de l'ordre de six poissons au mètre carré et nourris avec des aliments composés. Les rendements annuels attendus sont de 20 à 25 t/ha. Au vu des contraintes d'élevage exposées précédemment, cet objectif semble très ambitieux. Aucun des paysans enquêtés n'appliquait ce modèle d'élevage.

Par ailleurs, la politique mise en place en 1999 jusqu'en 2010, vise à regrouper les exploitations porcines et des étangs piscicoles dans des zones spécialisées éloignées des habitations. Les différents objectifs de ce projet provincial sont d'améliorer l'état actuel de plus de 6 600 ha d'étangs et de réaménager 7 000 ha de rizières à faible rendement

en système de production riz-poisson ou en étangs d'eau douce. L'État, par l'intermédiaire des communes et des districts, subventionne les travaux.

Gestion des effluents dans l'avenir

Évolution des types d'exploitations

Les exploitations du type 1 peuvent envisager une intensification des apports azotés. Elles pourraient évoluer vers le type 2 sous réserve de lever les contraintes auxquelles elles sont confrontées : moyens financiers limités (19 % des cas), problèmes d'inondations (56 % des cas) et manque de maîtrise des pratiques piscicoles (13 % des cas). Pour les types 2 et 3, une utilisation accrue des effluents d'élevage suppose l'abandon des apports d'urée et une augmentation des surfaces d'étangs. Cette extension de la surface des étangs est envisagée par 50 % des exploitants du type 3, mais seulement par 12 % des exploitants du type 1 (tableau 3). Considérant une charge équivalente à 60 porcs de 50 kg/ha pour la fertilisation de l'étang, et ce, quelle que soit la déjection animale, en 2004, 31 % de l'azote produit par les animaux était potentiellement valorisable dans les étangs. En 2010,

sans changement significatif des pratiques piscicoles actuelles et avec l'augmentation prévue et importante des surfaces, les étangs pourraient absorber presque 25 % de la production d'azote. Celle-ci sera en très forte augmentation, puisqu'elle passera de 23 000 t/an en 2004 à 35 000 t/an en 2010 (Médoc et Hillion, 2006).

Intensification écologique d'un modèle intégré porcs-poissons

Sur la base du diagnostic établi, on constate qu'il existe un grand potentiel pour améliorer la gestion actuelle de la pisciculture intégrée à l'élevage porcin de la province de Thai Binh.

Dans un contexte local d'absorption des effluents porcins, la construction et l'intensification écologique d'un modèle intégré porcs-poissons supposent le maintien d'une polyculture de poissons capable de valoriser le réseau trophique de l'étang, d'éviter les impasses trophiques et d'améliorer la qualité de l'eau. Trois autres facteurs sont importants à respecter : une profondeur adéquate des étangs, le contrôle des entrées et sorties d'eau et l'oxygénation du fond de l'étang. Cette gestion optimisée de l'eau est bien sûr conditionnée par la maîtrise en quantité et en qualité des effluents porcins.

Discussion-conclusion

La politique locale visant à promouvoir une monoculture de tilapias à base d'aliments composés n'est pas en adéquation avec le développement de l'élevage porcin. L'importation d'aliments ou d'ingrédients des autres provinces aggraverait le problème des excédents en matières organiques.

Tableau 3. Projet d'investissement des trois types d'exploitation.

Table 3. Project of investing in the three types of farming.

	Groupe 1 (%)	Groupe 2 (%)	Groupe 3 (%)
Augmentation du cheptel porcin	19	64	10
Augmentation de la surface en étangs	12	11	50

Cela milite en faveur de la construction d'une polyculture à base de tilapias associés à un choix d'espèces secondaires, capable à la fois de fournir le meilleur rendement agroécologique (optimiser les facteurs de production et minimiser les impacts environnementaux) et de répondre à la demande sociale (valoriser le travail et augmenter le revenu) et politique (exporter du tilapia). Toutefois, le fait que les pisciculteurs de Thai Binh ne se réfèrent pas au système VAC vulgarisé depuis 1980 montre que cela ne va pas de soi.

Dans ce contexte, la gestion améliorée de la pisciculture repose sur la capacité de tous les acteurs de prendre en compte les différentes dimensions de la durabilité à l'échelle de l'exploitation et du territoire : changements de pratiques agronomiques (polyculture à base de tilapia, réduction raisonnée des apports d'urée, etc.) ; construction d'innovations non seulement technologiques (adoption de l'aération mécanique, amélioration des aménagements hydrauliques, etc.) mais aussi organisationnelles.

Un modèle semblable a été construit dans une région de l'État de Santa Catarina (Brésil) au climat subtropical avec une saison

froide marquée (tableau 4). Il s'agirait bien évidemment de construire un modèle propre à Thai Binh qui tienne compte des contraintes et opportunités locales (da Silva *et al.*, 2009). L'enjeu serait de doubler le rendement piscicole en produisant d'importantes quantités de tilapias destinées à l'exportation et une absorption accrue des effluents porcins en augmentant les superficies d'étangs et leur capacité à recevoir des déjections animales. Cela implique en premier lieu que les autorités de la province de Thai Binh harmonisent leurs politiques publiques sectorielles pour concilier ces deux enjeux. Le défi est bien de « revisiter » à travers la notion d'intensification écologique la polyculture de poissons en étangs et son aptitude à prendre en compte les différentes dimensions du développement durable (Lazard *et al.*, 2009).

À cette fin, les autorités de la province devraient en premier lieu harmoniser leurs politiques publiques sectorielles pour concilier deux objectifs actuellement contradictoires : faire de la pisciculture des surfaces réceptrices des effluents d'élevage de porcs et produire d'importantes quantités de tilapia pour l'exportation. ■

Tableau 4. Normes du modèle de pisciculture intégré de la Haute vallée de l'Itajai (Souza *et al.*, 2002).

Table 4. Standards of the fish farming integrated model of the High Valley of Itajai (Souza *et al.*, 2002).

Libellé	Caractéristiques
Entrées et sorties d'eau	Contrôle total
Renouvellement de l'eau	Au moins 5 % par cycle en plus de la compensation des pertes par évaporation et infiltration
Polyculture centrée sur le tilapia monosexé mâle	80 % de tilapias, ± 10 % de carpes communes ; ± 10 % de carpes chinoises
Intégration avec l'élevage de porcs	60 porcs par hectare d'étang
Aération mécanique	Elle facilite la dégradation aérobie de la matière organique et empêche la stratification thermique de l'étang et par conséquent favorise l'oxygénation des couches d'eau profondes
Utilisation d'aliment artificiel	Seulement en fin de cycle quand une baisse de croissance est constatée
Bonnes pratiques de gestion	Pêches intermédiaires, biométrie et contrôle des performances, suivi de la qualité de l'eau
Rendement attendu	Plus de 8 tonnes de poissons à l'hectare par an
Marché	Consommation locale et usines de transformation du poisson
Associations de producteurs	Elles favorisent les apprentissages

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier la Commission européenne et le Programme Asia ProEc, les autorités de la province de Thai Binh, les enseignants de l'université agro-nomique de Hanoi n° 1 et le PCP PRISE.

Références

Chen H, Hu B, Charles AT. Chinese integrated fish farming: a comparative bioeconomic analysis. *Aquac Res* 1995 ; 26 : 81-94.

da Silva NJR, Beuret JE, Mikolasek O, *et al.* Dynamiques du développement de la pisciculture dans deux régions du Brésil : une approche comparée. *Cah Agric* 2009 ; 18 : 284-91. Doi : 10.1684/agr.2009.0300

Delmondo MN. A review of integrated livestock-fowl-fish farming systems. In : Pullin RSV, Shehadeh ZH, eds. *Integrated agriculture-aquaculture farming systems*. ICLARM conference proceedings 4, 1980.

Deraill L, Klotz S. L'élevage porcine. In : *Mémento de l'agronome*. Paris : Cirad ; Gret ; ministère des Affaires étrangères, 2002.

Diana SJ, Lin CK, Yi Y. Timing of supplemental feeding for tilapia production. *J World Aquacult Soc* 1996 ; 27 : 410-9.

Dierolf T, Fairhurst T, Mutert E. *A toolkit for acid, upland soil fertility management in Southeast Asia*. East and Southeast Asia Programs. SI : Potash and Phosphate Institute of Canada, 2001.

Gerber P, Chilonda P, Franceschini G, Menzi H. Geographical determinants and environmental implications of livestock production intensification in Asia. *Bioresour Technol* 2005 ; 96 : 263-76.

Le Van Can. *Guide des engrais*. Hanoi : Hanoi Agricultural Publishing House, 1975.

Knud-Hansen CF, McNabb CD, Batterson TR. The role of chicken manure in the production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquac Fish Manage* 1993 ; 24 : 483-93.

Lazard J, Baruthio A, Mathé S, *et al.* Adaptation des typologies d'exploitations aquacoles aux exigences du développement durable. *Cah Agric* 2009 ; 18 : 199-210. Doi : 10.1684/agr.2009.0297

Luu LT. The VAC system in Northern Viet Nam. In : *Integrated agriculture-aquaculture*. Fisheries technical paper 407. Rome : FAO, 2001.

Mikolasek O, Guérin G, Lopez A, Khuyen TD, Huy PT, Dien NT. Local fish farming practices and a typology of farms based on organic matter intake management. In : Porphyre V, Nguyen QC, eds. *Pig production development, animal-waste management and environment protection: a case study in Thai Binh province, Northern Vietnam*. Hanoi (Vietnam) : PRISE publications, 2006.

Médoc JM, Hillion B. Adequacy between the production of farm fertilizers and their potential use to fertilize crops and fish farm ponds. In : Porphyre V, Nguyen QC, eds. *Pig production development, animal-waste management and environment protection: a case study in Thai Binh province, Northern Vietnam*. Hanoi (Vietnam) : PRISE publications, 2006.

Muchtar A, Sri F. Economics of integrated poultry-fish farming in Pekanbaru City, Riau Province, Indonesia. In : Mathias JA, Charles AT, Baotong H, eds. *Integrated fish farming*. New York : CRC Press, 1998.

Porphyre V, Nguyen QC. The E3P diagnostic project: an introduction about sustainable pig production in Vietnam. In : Porphyre V, Nguyen QC, eds. *Pig production development, animal-waste management and environment protection: a case study in Thai Binh province, Northern Vietnam*. Hanoi (Vietnam) : PRISE publications, 2006.

Souza FJ, Schappo CL, Tamassia STJ, Borchardt I. *Estudo de competitividade da piscicultura na Alto Vale do Itajaí*. Florianópolis (Brésil) : Instituto Cepa/SC/Epagri/Acaq, 2002.

Tomazelli O, de Matos Casaca J, Dittrich R. Analise de coliforme fecais na agua de policultivo de peixes integrados à suinicultura. *Agropec Cararin* 2003 ; 16 : 79-83.