DÉVELOPPEMENT DURABLE DE L'AQUACULTURE DANS LE DELTA DU MÉKONG : QUELLE PLACE POUR LA TÉLÉDÉTECTION DANS LE PROJET PLURIDISCIPLINAIRE GAMBAS DE LA COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE ?

Yves AUDA*, Jacques POPULUS, François BLASCO***

**CESBIO, BPi 2801 (UMR 5126 CNRS)*
18 Avenue Edouard Belin, 31401 TOULOUSE Cedex 9, France
courriel : Yves.Auda@cesbio.cnes.fr, francois.blasco2@wanadoo.fr
*** DYNECO/Applications Géomatiques*
IFREMER - BP 70 - 29280 PLOUZANE, France
Courriel : Jacques.Populus@ifremer.fr

Soumis le 28 février 2008,; accepté le 17 novembre 2008 ; © Revue Télédétection, 2008, vol. 8, n° 3, p. 169-177

Résumé

GAMBAS est un programme de la Commission Européenne de recherche sur le développement durable de l'aquaculture dans le delta du Mékong. La pluridisciplinarité des équipes impliquées dans ce programme a permis de cerner précisément l'impact de l'aquaculture sur l'écosystème « mangrove ». Dans cette action, la télédétection a joué un rôle fédérateur des connaissances acquises au cours des quatre années de collaboration franco-vietnamienne (2001-2004). Les données botaniques, d 'hydrobiologie (écologie aquatique) et de socio-économie collectées dans une quarantaine de stations réparties dans deux provinces (CaMau et TraVinh) sont analysées conjointement grâce au lien spatial assuré par la télédétection. Plus précisément, une zonation écologique, des résultats cartographiques et statistiques, un indice de confinement ..., sont quelques-uns des produits dérivés des données spatiales qui ont joué un rôle essentiel dans la compréhension du fonctionnement de ce socio-écosystème complexe.

***Mots-clés** : mangrove, télédétection, Mékong (Vietnam)*

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AQUACULTURE IN MEKONG RIVER DELTA (VIETNAM): WHICH ROLE FOR REMOTE SENSING IN THE EUROPEN UNION *GAMBAS* MULTIDISCIPLINARY PROJECT?

Abstract

Running over 2001-2004, GAMBAS is a project of the Commission of the European Union. Towards a sustainable aquaculture in the Mekong Delta (Vietnam), Vietnamese and French researchers worked together in partnership, using multidisciplinary approach. The study aimed at finding relations between large numbers of variables and features of extensive shrimp farming in the brackishwater environment. Remote sensing was used mostly for land ecology (mangrove mapping) and to provide updated project backdrop maps. GIS was a key tool for linking data recorded by botanists, hydrobiologists and socio-economists in 40 stations located in CaMau and TraVinh Provinces. Map zonation, an index confinement ... are some tools which helped to better understand this complex Socio-Ecosystem.

***Keywords**: mangrove, remote sensing, Mekong (Vietnam)*

1. INTRODUCTION

Durant ces vingt dernières années l'aquaculture de crevettes s'est intensément développée en Asie. Cette activité a contribué trop souvent à la destruction des mangroves comme le montre notre étude réalisée dans le delta du Mékong, Vietnam. L'aquaculture pratiquée au Vietnam appartient principalement au mode extensif. Le renouvellement de l'eau dans le bassin se fait selon le rythme des marées sans utilisation de pompes. La densité des crevettes par bassin est relativement faible et la nourriture n'est apportée qu'en petite quantité. Cette nouvelle activité économique apporte dans les premiers temps des revenus supplémentaires au fermier. Mais la dégradation de l'environnement liée principalement à la destruction des mangroves conduit rapidement en quelques années à un dépérissement des cultures de crevettes et à une perte de rentabilité économique. Par réaction, dans les années 1990, les fermiers ont eu tendance à passer à un mode d'aquaculture extensif +, voire dans certains cas intensif qui implique une densité de crevettes plus élevée et un apport conséquent de nourriture. Cette évolution n'a fait qu'aggraver la situation. Le projet européen GAMBAS qui s'est déroulé entre 2001 et 2004 avait pour objectif de mieux comprendre l'impact de l'aquaculture sur l'environnement à l'aide d'une approche pluridisciplinaire. Nous insisterons particulièrement sur le rôle fédérateur des Systèmes d'Information Géographique, de la télédétection et de la façon dont des hydrobiologistes, des botanistes de la mangrove, des socio-économistes et des zootechniciens ont collaboré.

2. LES ZONES D'ÉTUDE

Deux zones d'étude très différentes de par leur écologie sont retenues pour le projet (fig. 1). TraVinh est située entre les deux bras du Mékong. CaMau occupe l'extrême sud du delta du Mékong. Ces deux zones sont traversées par des canaux de dimensions variables, parfois très étroits dans les sites les plus confinés. La salinité de ces canaux varie selon les saisons sèche et humide. Elles résultent d'interactions incessantes entre les apports d'eau douce du Mékong et les pénétrations des marées.. TraVinh qui reçoit directement les eaux du Mékong montre toujours une salinité moins élevée que CaMau.

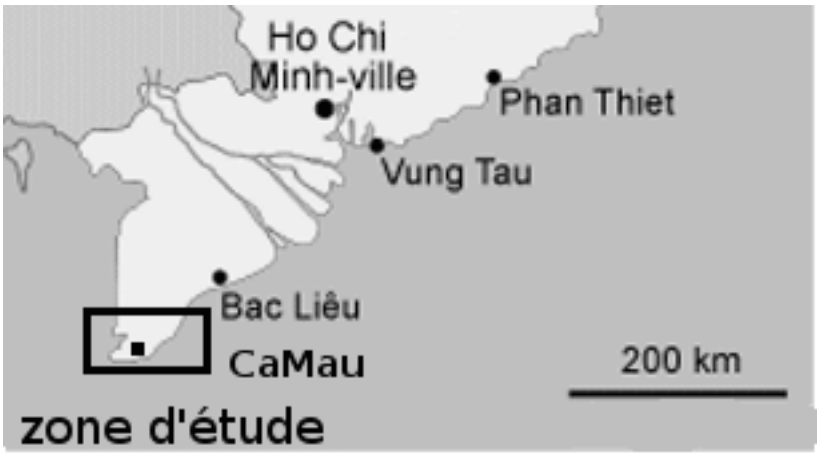


Figure 1 : Le delta du Mékong et les deux sites d'étude, TraVinh et CaMau

La forêt de mangrove est l'élément essentiel de ces écosystèmes car elle est indispensable à la préservation de ces milieux côtiers et intertidaux. Elle est aussi source de nourriture pour les populations locales. Elle pourvoit de nombreux matériaux (bois de construction, charbon de bois, ...). Traditionnellement, l'enjeu pour les populations locales est d'exploiter la mangrove, d'en retirer des ressources sans détruire leur habitat. Dans ce contexte, le développement durable de l'aquaculture de crevette en zone de mangrove est-il possible ? La création de bassin aquacole présente deux effets néfastes pour les forêts de mangrove. Le premier est la destruction des arbres lors de la création des bassins. Le deuxième est lié à la modification des flux d'eau. Les bassins et digues créés pour les besoins de l'aquaculture empêchent la pénétration de la marée à l'intérieur de forêts situées au delà des bassins (fig. 2). Cependant, le gouvernement impose au fermier lors de l'adjudication d'une exploitation de replanter une partie de l'espace en mangrove, ce qui tempère l'action négative de la création de bassin. Notre projet vise à évaluer plus précisément l'impact de l'aquaculture sur les mangroves.

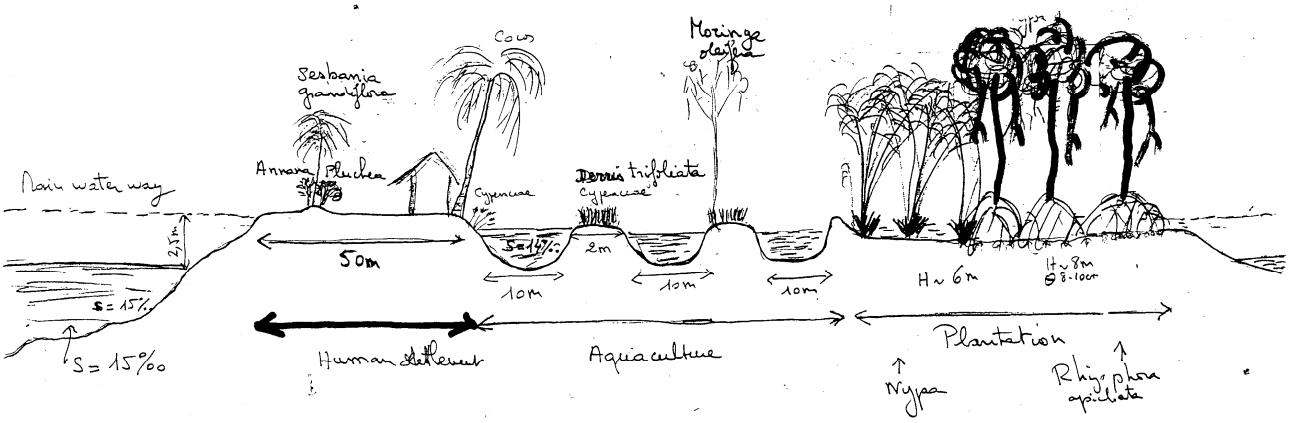


Figure 2 : Relevé de terrain illustrant la structuration du paysage autour des activités aquacoles

3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'acquisition des données prend en compte le caractère pluridisciplinaire du projet. Une trentaine de stations sont définies à partir des sources, principalement cartographiques, disponibles lors de la définition du projet (données bibliographiques, cartes topographiques, cartes géologiques, ...). En chaque station, sont mesurés 22 paramètres hydrobiologiques (salinité, turbidité, teneur en chlorophylle, ...). Pour ces mêmes stations, une équipe de pédologues réalise des prélèvements dans trois types de milieux (en bordure de berge, dans la partie bassin, et dans la zone de mangrove). Les premières mesures sont réalisées in situ (pH, salinité de l'eau résiduelle) ; le reste des analyses est fait de retour au laboratoire (pH, teneur en matière organique, rapport C/N, ...). Il est pris soin de réaliser des campagnes de mesure durant la saison sèche et durant la saison humide, de manière à intégrer les variations saisonnières. Pour leur part, les socio-économistes enquêtent dans les fermes les plus proches des stations. Ils questionnent les fermiers sur leur mode de culture, sur les intrants et les sortants de leur exploitation, sur la production en crevettes et les bénéfices. L'ensemble de ces données est enregistré dans le Système d'Information Géographique auquel sont également intégrées les sources initiales et toutes les images satellitaires acquises au cours du projet.

Les méthodes comprennent quatre axes majeurs :

i) Une analyse en composantes principales pratiquée sur les données hydrologiques permet d'extraire les paramètres les plus significatifs et de construire une typologie des stations.
ii) Une classification de tout l'espace reposant sur des critères écologiques de l'occupation du sol majoritairement dictée par l'état de la mangrove est réalisée à partir des images satellitaires.
iii) Un indice de confinement noté CI est créé de manière à approcher ou tenter d'expliquer la qualité de l'eau en chaque station en fonction de son renouvellement. La distance hydraulique mesure la distance séparant la station de la mer par le canal dont le tracé est obtenu à partir de l'image satellitaire. La section transversale du chenal est enregistrée à partir d'un échosondeur embarqué sur la pirogue. Plus l'indice de confinement est élevé, plus le renouvellement de l'eau est faible.

$$CI = \frac{D}{\sqrt{S}}$$

avec CI, indice de confinement
D, distance hydraulique
S, section transversale

iv) Des cartes de synthèse incorporent les analyses effectuées par les équipes. Elles permettent de situer l'ensemble des résultats dans un référentiel qui ne se limite plus au seul environnement des stations mais qui caractérise l'ensemble de la carte. Elles constituent également un support adéquat pour la communication des résultats.

4. RÉSULTATS

4.1. Indice de confinement

La pertinence de l'indice de confinement est illustrée par la figure 3. Le chevelu ou réseau de canaux est extrait de l'image satellitale pour la zone de CaMau. Les photographies a, b, c et d montrent différents paysages. Les sections transversales C2 et C3 illustrent deux cas de figure très différents. Le profil C3 associé à la photo c indique un environnement très confiné tandis que le profil C2 associé à la photo d est ouvert et présente un taux de renouvellement de l'eau élevé. Les photos a et b témoignent d'environnements très confinés situés en extrémité de canaux où le renouvellement de l'eau est très faible.

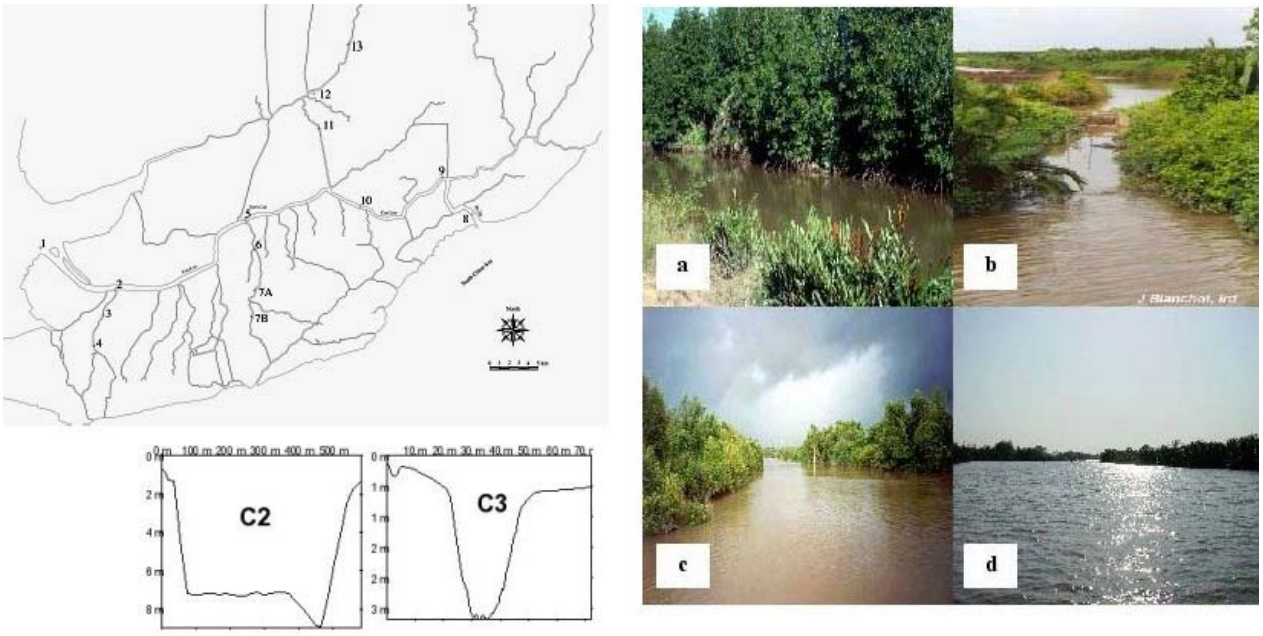


Figure 3: Réseau de canaux obtenu à partir de l'image Spot 4. Quatre photographies représentatives des paysages du delta du Mékong. Sections C2 et C3 des canaux illustrées respectivement par les images d et c.

Le confinement est une notion importante pour la gestion d'une aquaculture extensive. Comme aucune nourriture n'est apportée, l'initiation de la chaîne alimentaire par les organismes chlorophylliens devient essentielle au développement des organismes source de nourriture des crevettes. Un équilibre entre une eau suffisamment renouvelée pour éviter son eutrophisation et suffisamment riche en plancton, indispensable à une bonne production primaire doit être trouvé. A TraVinh, une relation étroite entre un taux de confinement élevé et une bonne production en crevette est logiquement observée. Par contre, à CaMau la forte turbidité de l'eau limite la production et perturbe la relation taux de confinement production.

4.2. Zonation hydrobiologique

Les paramètres hydrobiologiques enregistrés à TraVinh montrent de grandes variations saisonnières. En saison humide, la salinité et le taux de matière organique en suspension diminuent. Il s'ensuit une baisse des quantités de chlorophylle et de la production primaire et par voie de conséquence, de production de crevettes. Les effets de la saison humide sont moins marqués à CaMau parce que les crues du Mékong se font moins sentir dans l'extrême sud du delta qui n'est pas traversée par de grands bras de ce fleuve. A CaMau, le facteur limitant est plus lié à un manque d'oxygène et une grande quantité de matière en suspension qui gène la pénétration de la lumière. Cette turbidité semble due notamment à un trafic intense des bateaux à moteur qui érodent les berges.

Une typologie des 20 stations de TraVinh et des 15 stations de CaMau est réalisée par une analyse en composantes principales qui porte sur l'ensemble des paramètres hydrobiologiques et l'indice de confinement recueillis en saison sèche et en saison humide. La synthèse obtenue construit la figure 4.

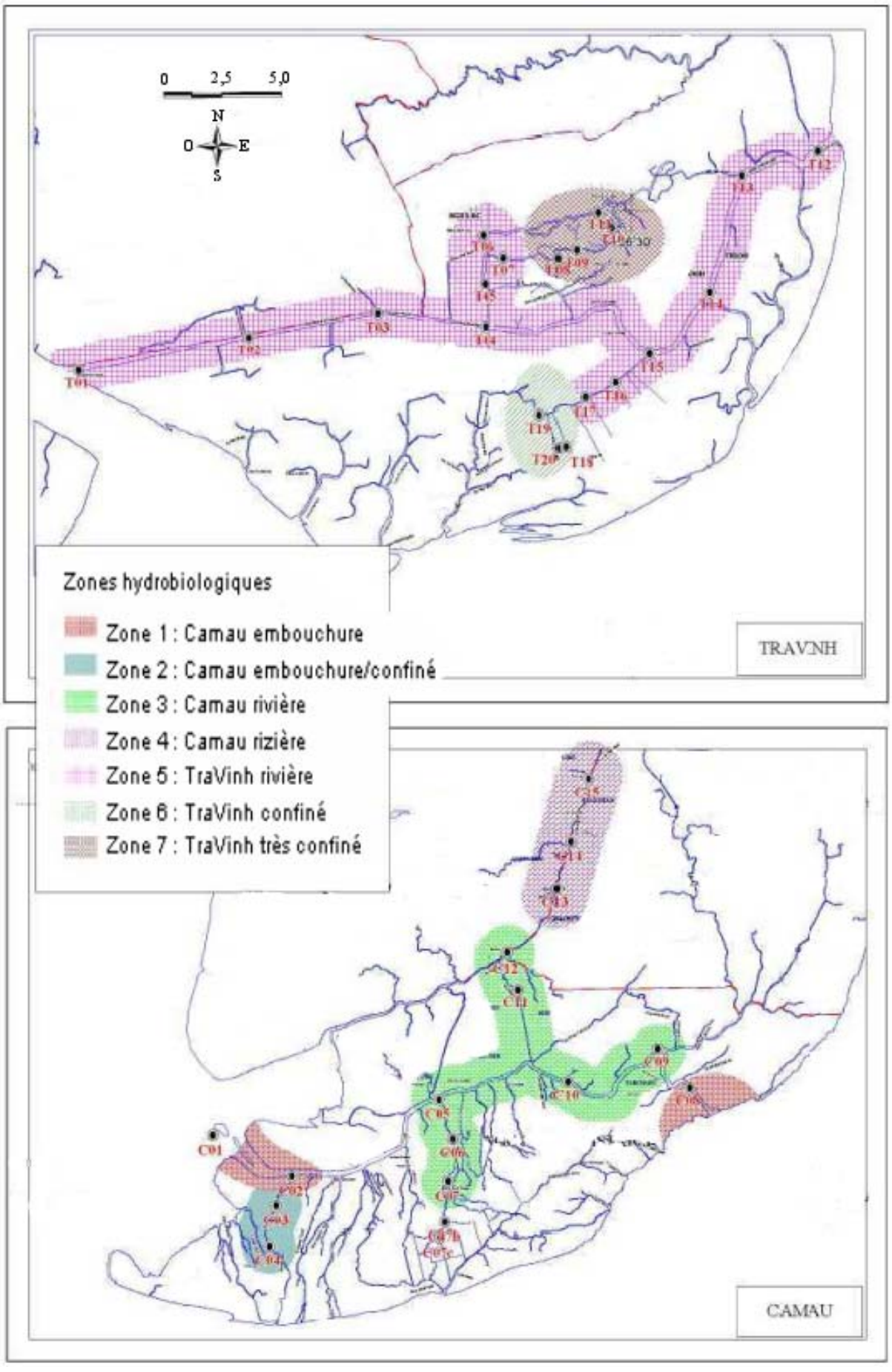


Figure 4 Zonation construite à partir des données hydrobiologiques et d'écologie du paysage.

4.3. Données de production

La production de crevettes dans les fermes environnant les stations est estimée à partir d'enquêtes socio-économiques. Différencier la production moyenne par récolte et la production annuelle donne une bonne idée de la performance (production par unité de surface) des fermes. Les résultats sont présentés en reprenant la zonation hydrobiologique.

zone	statistique	Z1CM	Z2CM	Z3CM	Z4CM	Z5TV	Z6TV	Z7TV	Toutes zones confondues
Production saison sèche (kg/ha)	moyenne	55,18	60,72	134,33	156,03	352,22	706,32	278,32	284,26
Production saison sèche (kg/ha)	écart-type	37,96	65,44	106,02	116,95	242,70	467,94	262,52	305,54
Production annuelle (kg/ha)	moyenne	14,76	14,09	57,87	46,26	255,87	616,32	215,81	200,09
Production annuelle (kg/ha)	écart-type	9,99	13,82	60,92	40,14	188,06	491,05	280,29	287,36

Tableau 1 : Production des fermes environnant les stations hydrobiologiques

L'ordre de grandeur des écart-types est égal à celui des moyennes, ce qui indique une grande variabilité entre les zones. Les productions sont meilleures à TraVinh qu'à CaMau. Elles sont même très importantes dans la zone 6 de TraVinh (Z6TV) où les fermiers parviennent à pratiquer une aquaculture extensive + avec des densités de stockage de larves très grandes.

4.4. Zonation écologique

Environ 60% de la mangrove ont été détruits lors de la dernière guerre au Vietnam par épandages d'herbicides ou de napalm. Après 1975, un programme de reforestation a été mené à bien par le gouvernement vietnamien tandis que pendant la même période l'aquaculture traditionnelle de crevettes se développait. La majorité des mangroves actuelles, y compris celles considérées comme naturelles, sont le fruit de la reforestation et n'ont pas plus de trente ans au Sud-Vietnam. Elles sont composées pour l'essentiel d'une seule espèce, *Rhizophora apiculata*.

Cartographier les zones de mangrove et établir leur santé est essentiel pour suivre l'évolution de l'occupation du sol dans le delta du Mékong, région où le gouvernement a voulu conserver la mangrove, actuellement menacée par l'expansion de l'aquaculture. Nous espérons également tirer des enseignements de cette cartographie pour établir des relations de cause à effet entre préservation de la mangrove et production de crevettes.

La zonation écologique s'appuie sur deux images Spot 4 acquises le 10 avril 2001 sur la zone de CaMau et le 22 janvier 2001 sur la zone de TraVinh. Les classes retenues délimitent les espaces en fonction de la densité des mangroves et de leur état. La proportion de bassins mitant le couvert végétal est un élément déterminant dans la définition des classes et des zones associées.

L'espace couvert par la zone CaMau est décomposé en quatre grandes zones : I. Riziculture et verger, II. Bassin de crevettes et quelques mangroves éparses, III. Bassins de crevettes et mangroves, IV. Mangroves. Sur la figure 5, à CaMau, les zones I et II changent rapidement. Récemment, les digues ont été brisées pour permettre à l'eau salée de pénétrer dans les rizières et les transformer en bassins aquacoles. Dans la zone III, les mangroves couvrent la moitié de la superficie, le reste étant alloué aux bassins. Dans cette zone proche de la mer, toutes les espèces sont résistantes au sel. Le palmier *Nypa fructicans* y est absent. Les mesures de salinité de l'eau réalisées sont en accord avec ces observations. La zone IV présente des mangroves originelles. Elle est très protégée, en particulier à l'embouchure située près de la station 1.

La zone de TraVinh est décomposée en cinq grandes zones comme l'illustre la figure 6. La zone I est dédiée à la riziculture. La sous-zone Ia est récoltée à la date d'acquisition de l'image tandis que la sous-zone Ib présente des cultures sur pied. La zone II est un mélange de bassins aquacoles et de mangroves clairsemées. La zone IIb plus proche de la mer est plus soumise aux marées que la zone IIa plus éloignée de la côte. La zone III traduit la politique de restauration des mangroves. Dans cette zone, la moitié de la surface concédée aux fermiers doit être replantée en mangrove. La zone IV située en zone côtière est essentiellement composée de mangroves se régénérant naturellement. Ces formations jouent un rôle important dans la protection des côtes contre l'érosion. La zone V est côtière. Elle correspond dans la partie ouest de la carte à un espace valorisé par des maraîchers.

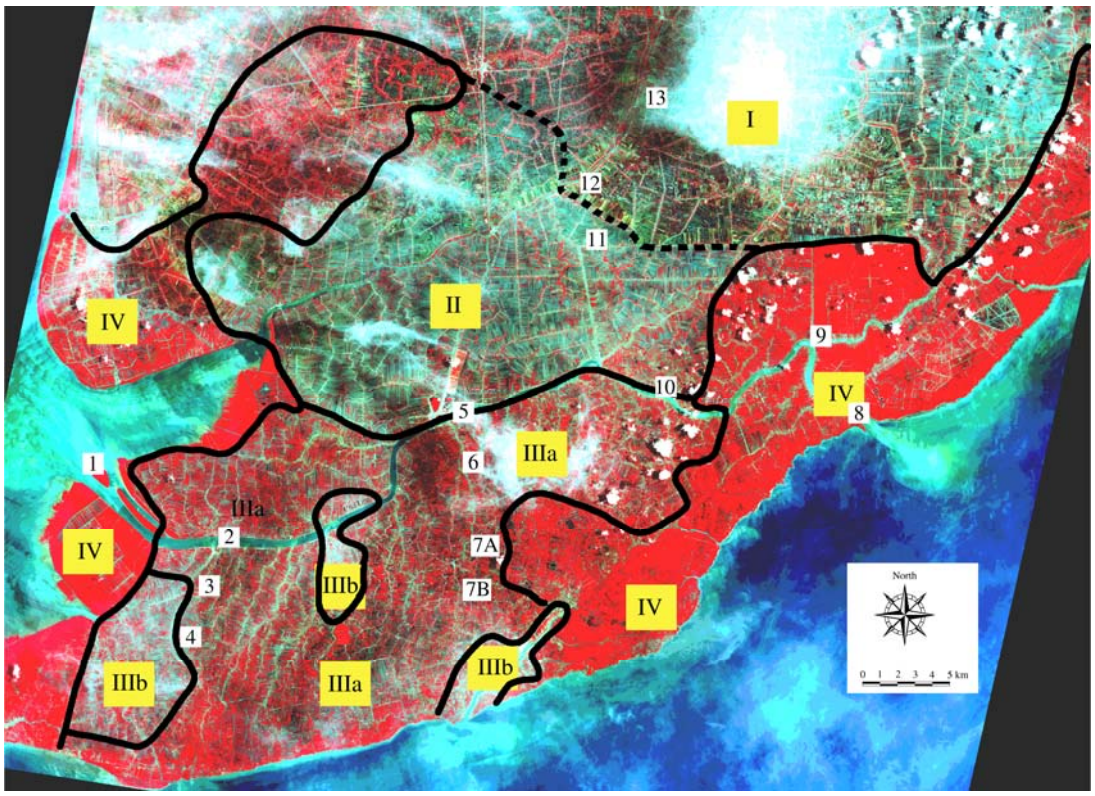


Figure 5 : Zonation écologique de la zone de CaMau réalisée à partir d'une image Spot 4 du 10 avril 2001 (mode P+XI, résolution 10m). Les chiffres romains correspondent à la zonation écologique : I rizière et verger, II aquaculture, III mangrove et aquaculture (IIIa mangrove majoritaire, IIIb aquaculture majoritaire), IV mangrove. Les chiffres arabes identifient les stations.

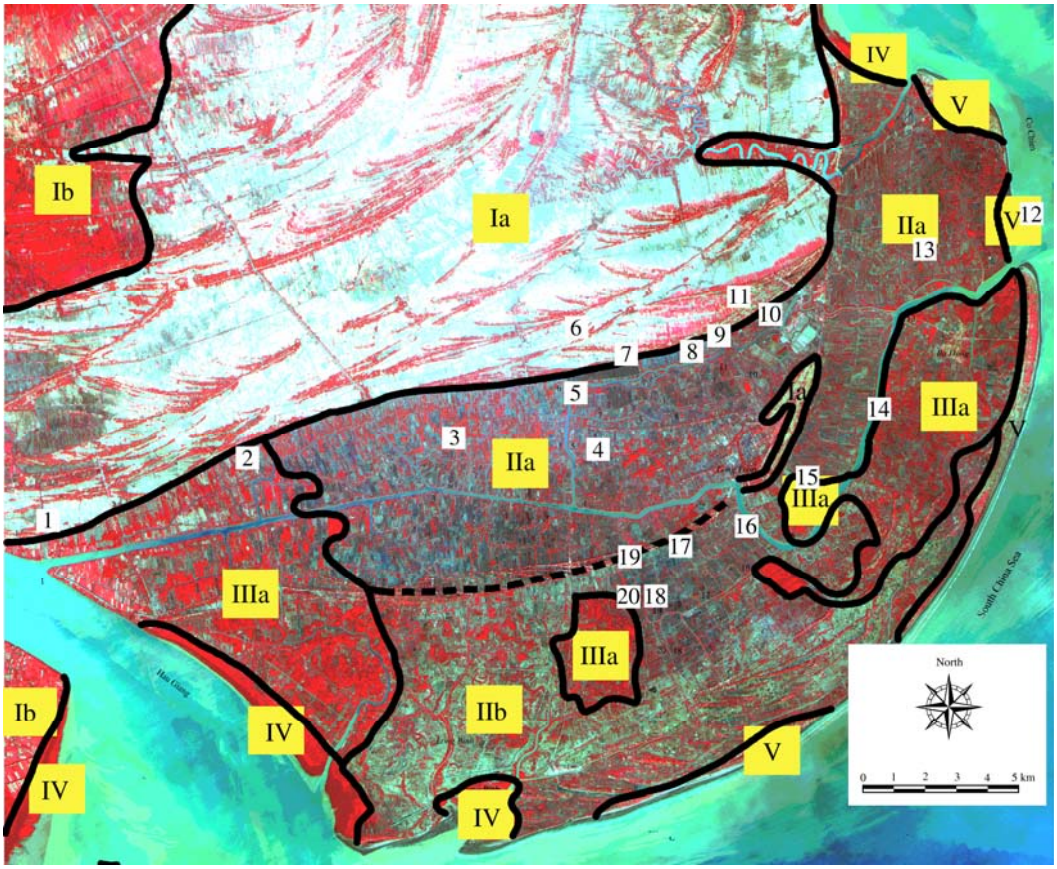


Figure 6 Zonation écologique de la zone de TraVinh réalisée à partir d'une image Spot 4 du 22 janvier 2001 (mode P+XI, résolution 10m). Les chiffres romains correspondent à la zonation écologique : I rizière (Ia récolte effectuée, Ib riz sur pied), II mangrove et aquaculture (IIa influence des marées fortes, IIb influence des marées moyenne), III mangrove et aquaculture, IV mangrove, V zone côtière sableuse. Les chiffres arabes identifient les stations.

5. CONCLUSION

Les outils scientifiques ne doivent pas contraindre la forme et la nature des données collectées et par voie de conséquence orienter la réflexion. Ce risque est inhérent à toute étude qui utilise des méthodes et des données à fort contenu technique comme les SIG et la télédétection. La tentation est grande de se laisser guider par les facilités offertes par ces outils, de réutiliser des procédures développées dans des contextes similaires et de délaisser des analyses plus originales, mieux adaptées mais devenues par comparaison, d'une mise en œuvre fastidieuse (Turner 2003). Dans le cadre du programme GAMBAS, nous avons délibérément placé la constitution des SIG en aval de toute la réflexion pluridisciplinaire qui a présidé à la conception des questionnaires socio-économiques et à la définition des protocoles d'échantillonnage décrivant la mangrove ou caractérisant la qualité des eaux. Ce choix ne résout pas toutes les difficultés méthodologiques que nous expliciterons par la suite mais il permet de ne pas les occulter par un artifice technique.Trois difficultés majeures surviennent lorsque des socio-économistes, des botanistes et des hydrobiologistes s'associent dans un programme de recherche :

i) Les données ne sont pas de même nature. Les socio-économistes construisent des questionnaires et recueillent une information dont une partie est consignée sous forme discursive. Les botanistes parcourent le terrain, relèvent des cortèges floristiques localisés géographiquement. Les hydrobiologistes réalisent des prélèvements d'eau qu'ils caractérisent par la mesure de paramètres physico-chimiques et par la détermination des espèces de plancton. Pour collaborer, les chercheurs doivent accepter de formaliser leurs données, c'est-à-dire identifier les structures communes, coder les variables en acceptant, le cas échéant, une perte d'information. Dans le cas du programme GAMBAS, les socio-économistes ont assuré la cohésion entre les objectifs propres à chacune des disciplines. Ils ont inséré dans leur problématique le questionnement des botanistes et des hydrobiologistes.

ii) La deuxième difficulté concerne les problèmes d'échelle spatiale. Le socio-économiste questionne le fermier. Le botaniste spatialise ses relevés floristiques qu'il compare aux images satellitaires. L'hydrobiologiste réalise des prélèvements ponctuels. Il est donc possible de coordonner les équipes pour que les relevés soient réalisés en des mêmes lieux appelés stations. Par contre, il est extrêmement difficile d'identifier la portée spatiale de chacune de ces études. La mesure de l'hydrobiologiste dans les canaux est-elle caractéristique de l'eau entrant dans les bassins des fermiers ? Les relevés floristiques et le découpage en zone écologique reposant sur l'analyse des images satellitaires reflète-t-il l'environnement des fermes ? Seul un échantillonnage d'un maillage très dense et d'un coût particulièrement élevé permettrait d'accéder à une caractérisation fine des espaces géographiques propres à chaque discipline.

iii) La dernière difficulté est liée à l'interprétation des corrélations. Par exemple, le simple constat de la coexistence de la mangrove en bon état et de la forte productivité des fermes aquacoles avoisinantes ne permet pas de donner une explication causale des processus de production. Cette difficulté n'est en rien propre à l'utilisation des SIG, de la télédétection ou des approches pluridisciplinaires. Elle est récurrente à toute analyse de données statistiques. Champely (2003) illustre avec beaucoup d'humour les interprétations totalement erronées qu'entraîne la confusion entre corrélation et causalité.

Conscients de l'ensemble de ces difficultés, le programme GAMBAS a été construit pour optimiser au mieux la séquence : Définition de la problématique, Collecte des données, Traitement et Interprétation. Les résultats obtenus seraient indiscutablement améliorés si l'étude était poursuivie mais ils apportent déjà, un ensemble d'éléments de réponse aux questionnements soulevés par la relation mangrove/aquaculture.

La plupart des mangroves du delta du Mékong sont des mangroves jeunes, replantées densément après la dernière guerre au Vietnam. Elles appartiennent majoritairement à deux espèces, *Rhizophora apiculata Blume et Nypa fructicans van Wurmb*. Malheureusement, l'activité aquacole liée à la crevetticulture et dans une moindre mesure les marais salants conduisent à une régression de ces forêts. De plus, leur surexploitation liée à une densité de population humaine élevée ne permet pas de conserver les arbres de grande taille. Une des conséquences en est probablement la destruction des zones naturelles nourricières des crevettes indispensables au recrutement des post-larves à partir des canaux. Une trop grande pression de pêche et un trafic intense des bateaux à moteur dans les canaux peut également aggraver la situation. Redonner aux mangroves toute leur diversité spécifique devrait permettre de recréer ces zones nourricières. C'est une recommandation de tous les experts écologues. Le choix des zones à restaurer préférentiellement devra faire l'objet d'études complémentaires.

La qualité des écosystèmes côtiers dépend de leur capacité à renouveler l'eau, à gérer le système accrétion/érosion lié à l'accumulation de la matière organique et à éliminer les déchets produits essentiellement par l'homme. Ces paramètres conditionnent le caractère durable de l'écosystème et doivent être pris en compte dans une politique de développement de l'aquaculture. Dans ce contexte, l'indice de confinement est un des outils utile au diagnostic. Il s'est montré bien adapté dans la description des stations de TraVinh où il était corrélé à la production primaire. Pour les stations de CaMau, son efficacité a été moindre. Les sédiments sans cesse remis en suspension par les bateaux à moteur perturbent l'écosystème, diminuent la performance des fermes et permettent mal de relier le confinement à la production primaire.

En définitive, plusieurs recommandations peuvent être émises. Il est indispensable de limiter les risques pris par le fermier en fonction des caractéristiques de la zone où est située sa ferme. Dans le cas où la zone est très confinée, le renouvellement de l'eau ne peut être suffisant pour empêcher un développement des bactéries indésirables et

d'organismes pathogènes (virus). Il est préférable dans ces conditions de ne pas pratiquer dans cette zone l'élevage de crevettes. Quand la zone est mieux adaptée, il est souhaitable de ne pas se tourner vers une crevetticulture intensive en augmentant les densités de stockage et en apportant de la nourriture. Ce mode intensif est voué à court terme à des pertes de récolte et à la mise en péril de l'exploitation. L'ensemble des paramètres hydrobiologiques et écologiques du delta du Mékong demandent de pratiquer une aquaculture selon un mode extensif, préservant le plus possible la mangrove. Toute surexploitation de ce milieu conduira à des échecs et à la faillite des fermiers locaux.

6. REMERCIEMENTS

Les personnes suivantes ont contribué au programme :
BAILLY Denis, BLANCHOT Jean, CHARPY Jean, Loïc, Ivan CONESA, Jacques FUCHS, Lucette JOASSARD, Jean-Louis MARTIN, Françoise MORNET, DUONG Trong Kiem, LE Lan Huong, LE Thi Thu Ha, LE Trong Dung, MONTEL Yves, NGUYEN Dinh Dan, NGUYEN Tac An, NGUYEN Thanh Van, NGUYEN Xuan Hoa, NGUYEN Phi Phat, PHAN Minh Thu, RAUX Pascal, TONG Phuoc Hoang Son

7. BIBLIOGRAPHIE

Champely C. 2003. Statistique vraiment appliquée au sport. Cours et exercices. De Bœck & Larcier eds, 272 p.

Fuchs J., Martin J.L., 1998 - Assessment of tropical shrimp aquaculture impact on the environment in tropical countries, using hydrobiology, ecology and remote sensing as helping tools for diagnostics. Final reports of the E.U. Contract RS3 – CT 94-00284. Rapport interne de la Direction des Ressources Vivantes de l'Ifremer DRV/RA/RST/98-05, 262 p.

Johnson D.J., Trong N.V., Tien D.V., Xuan T.T., 2000 - Shrimp yields and harvest characteristics of mixed shrimp-mangrove forestry farms in southern Viet Nam : factors affecting production. *Aquaculture*, 188 : 263-284.

Lovatelli A., 1997 - Status of aquaculture in Viet Nam. *Aquacult. Asia*, 2 (3) : 18-24.

Populus J., Nutpramoon. R., Martin J.-L., Raux P., Tong P.H.S. - 2003. GIS in support to data analysis for enhanced sustainability of shrimp farming in the Mekong Delta, Viet Nam. *CoastGIS'03*, Genova, Oct. 2003.

Thu P. M., Populus J., 2007 - Status and changes of mangrove forest in Mekong Delta: Case study in Tra Vinh, Viet Nam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71 (2007) : 98-109.

Tong P.H.S., Auda Y., Populus J., Aizpuru M., Hashbi A., Blasco F., 2004 - Assessment from space of mangroves evolution in the Mekong delta, in relation to extensive shrimp farming. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, n° 21 : 4795-4812.

Turner M.D. 2003 – Methodological reflections on the use of remote sensing and geographic information science in human ecological research. Human Ecology, 31, 2, 255-279.