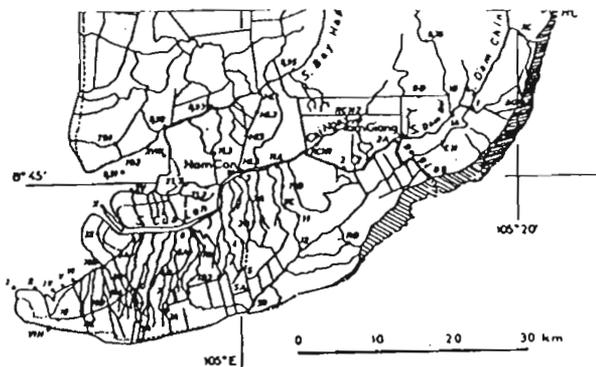


ORSTOM - JRDDM

ACTES DE L'ATELIER SUR LA MANGROVE DE NGOC HIEN PROVINCE DE MINH HAI

(CÀ MAU 23 - 27/2/1993)



H2 00079262 → 267
2 ep FDI
Non Num

2 - 1993

02 DEC. 1996

ORSTOM Documentation



010052742

Avant-Propos

Le district de Ngoc Hiên, d'une superficie de 124.000 ha, se trouve dans la péninsule de Cà Mau, à l'extrémité Sud du Viet Nam (sans compter les îles). Ce district est un terroir très jeune, en évolution forte sur le plan morphologique. à l'Est, une étude comparative des lignes côtières montre que depuis cent ans se passe une érosion continue, alors que, à la pointe de Cà Mau et à l'Ouest, les plages en progradation s'avancent chaque année vers la mer. L'évolution en hauteur de la terre est aussi importante.

L'évolution morphologique du district de Ngoc Hiên n'est pas sans rapport avec les courants marins, les régimes de marée dans la Mer de l'Est et dans le Golfe de Thaïlande et aussi avec les alluvions drainées par le Mékong.

Un autre fait marquant est la perte de la mangrove de Ngoc Hiên. Défoliée pendant la guerre, la mangrove repousse et a "refermé ses plaies" vers 1983, d'après les images satellitaires Landsat et Soyouz. Depuis 1987, l'expansion de la culture des crevettes entraîne comme conséquence la coupe démesurée de la mangrove qui supporte déjà une forte pression due au besoin énergétique, connue depuis longtemps, non seulement de la province mais également du Delta du Mékong et même de HochiMinh-ville.

Enfin un troisième caractéristique provient de la croissance démographique et de la transmigraton. La population a presque doublée en dix ans.

Un aménagement visant une exploitation intégrée des ressources naturelles de la Péninsule de Cà Mau a été décidé par le Gouvernement du Viet Nam, en Mars 1989, en vue d'un développement socio-économique soutenu de la région.

Participant à cet effort, l'Institut de Recherche pour le Développement du Delta du Mékong (IRDDM) s'attache à l'étude intégrée du district de Ngoc Hiên, indispensable à la connaissance du milieu et pour son exploitation rationnelle.

L'IRDDM est soutenu par l'ORSTOM, après une mission exploratoire en 1990 de MM. Claude Marius et Jean Pages, depuis 1991 par une coopération scientifique, supportée par la Commission Mixte intergouvernementale de coopération culturelle, scientifique et technique entre la France et le Viet Nam.

Au mois de Février 1993, l'IRDDM et l'ORSTOM, avec l'appui du Comité Populaire de la Province de Minh Hài, ont tenu un Atelier à Cà Mau, avec visite de terrain, du 23 au 27 Février, afin de faire le point des résultats obtenus et dégager les axes de coopération à poursuivre. La participation d'un expert du Ministère de la Transmigration de l'Indonésie, des scientifiques, des techniciens et des fermiers de Minh Hài à l'Atelier méritent d'être signalée.

Les "ACTES DE L'ATELIER SUR LA MANGROVE DE NGOC HIEN, PROVINCE DE MINH HAI", reproduisant les communications faites, n'ont d'autres objectifs que de marquer une étape de coopération et d'apporter une modeste contribution aux études sur la mangrove.

L'IRDDM et l'ORSTOM félicitent chaleureusement les acteurs des deux institutions pour leurs travaux, leur coopération empreinte d'esprit scientifique et d'amitié.

Ils expriment leurs remerciements à la Province de Minh Hài et à la Commission Mixte intergouvernementale de coopération culturelle, scientifique et technique pour leur appui précieux.

A Ho Chi Minh - ville, Mars 1993

POUR L'ORSTOM,
Dr. Claude MARIUS

POUR L'IRDDM,
Prof. Dr. NGUYEN NGOC TRAN

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.

Liste des participants

- ✓ LÊ XUÂN THUYỀN, Mireille DELAUNE - Origine et évolution de la sédimentation dans la péninsule de Cà Mau. 107336
- DƯƠNG XUÂN DÀO, Claude CARATINI - Étude palynologique de sédiments holocènes de la péninsule de Cà Mau.
- BÙI THỊ LUẬN, J.P.DEBENAY - Holocene Foraminifera assemblages in the Cà Mau peninsula.
- ✗ LÊ XUÂN THUYỀN, Claude MARIUS - Géochimie des sols de la mangrove de Cà Mau. 107335
- LÊ XUÂN THUYỀN - Carte morpho-sédimentologique du district de Ngọc Hiến.
- BÙI ĐẮC TUẤN, LÊ XUÂN THUYỀN - Carte morpho-pédologique du district de Ngọc Hiến.
- ✗ Jean PAGES - L'hydrobioclimat des mangroves de la province de Minh Hải. 107336
- TÔ QUANG THỊNH - Evolution de la ligne côtière et de la mangrove du district de Ngọc Hiến.
- ✗ BÙI ĐẮC TUẤN, Nadine DESSAY - Occupation des sols de la mangrove de Ngọc Hiến d'après l'imagerie SPOT. 107337
- TRẦN PHÚ CƯỜNG - The status of mangrove resources of Ngọc Hiến district.
- NGUYỄN ANH TUẤN, NGUYỄN THÀNH PHƯƠNG - An overview of the status of coastal shrimp production in Mekong delta.
- NGUYỄN THỊ HỒNG MINH, NGUYỄN ANH TUẤN - An overview of the status of coastal shrimp production in Ngọc Hiến district.
- NGÔ DŨNG LIÊM - Model of taskwork in the intergrated shrimp-mangrove system in 184's Forestry-Fishery Farm.
- NGUYỄN VIỆT HỒNG - Forest-shrimp intergrated farming. A case study at family scale in the Forest State Farm 184.
- Lisna YOELIANI POELOENGAN - Utilisation of mangrove area for transmigration.
- ✗ A.G.BEAUDOU, M.LANGLOIS - Un exemple d'analyse intégrée des paysages - Les systèmes de production dans la province de Jambi - Présentation d'une méthode informatique. 107338

LISTE DES PARTICIPANTS

I. du côté vietnamien.

TRẦN PHÚ CƯỜNG	<i>Directeur-adjoint du Service des Forêts.</i>
NGUYỄN VĂN DUYÊN	<i>Expert du Service de l'Aquaculture et des Produits Aquatiques.</i>
DƯƠNG XUÂN ĐÀO	<i>Chercheur de la Filiale de l'Institut des Sciences du Việt Nam à Hồ Chí Minh ville, collaborateur de l'I.R.D.D.M.</i>
DIỆP THỊ MỸ HẠNH	<i>Agronome, Institut de Recherches Recherches des huiles végétales, collaborateur de l'I.R.D.D.M.</i>
LÊ MINH HOÀI	<i>Président du Comité Scientifique et Technique de la province.</i>
NGUYỄN VIỆT HỒNG	<i>Fermier de la Ferme d'État 184.</i>
KHUU LỄ	<i>Expert du Comité Scientifique et Technique de la province.</i>
NGÔ DŨNG LIÊM	<i>Directeur de la Ferme d'État 184.</i>
PHAN HỮU LIÊM	<i>Directeur du Service des Forêts.</i>
BÙI THỊ LUẬN	<i>Chercheur de la Filiale de l'Institut des Sciences du Việt Nam à Hồ Chí Minh ville, collaborateur de l'I.R.D.D.M.</i>
NGUYỄN THỊ HỒNG MINH	<i>Directeur-adjoint du Service de l'Aquaculture et des Produits Aquatiques.</i>
NGUYỄN THÀNH PHƯƠNG	<i>Ingénieur, Département de l'Aquaculture, Université de Cần Thơ</i>
TÔ QUANG THỊNH	<i>Candidat ès Sciences, Centre de Télédétection, Office nationale de Géodésie et de Cartographie.</i>
LÊ XUÂN THUYỀN	<i>Chercheur de la Filiale de l'Institut des Sciences du Việt Nam à Hồ Chí Minh ville, collaborateur de l'I.R.D.D.M.</i>

LÊ QUANG THƯỜNG	<i>Expert du Service des Forêts.</i>
NGUYỄN NGỌC TRẦN	<i>Prof.Dr., Directeur de l'I.R.D.D.M.</i>
NGUYỄN THÀNH TRI	<i>Président du Comité populaire du district de Ngọc Hiến.</i>
NGUYỄN ANH TUẤN	<i>M.Sc., Directeur du Département de l'Aquaculture, Université de Cần Thơ</i>
BÙI ĐẮC TUẤN	<i>Agronome, I.R.D.D.M.</i>
NGÔ VĂN	<i>Président p.i. du Comité populaire de la province.</i>

et des scientifiques et des techniciens des différents Services de la province de Minh Hải.

II. de L'O.R.S.T.O.M. et invités

Alain BEAUDOU	<i>Pédologue, chargé de recherche O.R.S.T.O.M. (Indonésie)</i>
Claude CARATINI	<i>Géologue, directeur de recherche C.N.R.S. (Pondichéry).</i>
Antoine CORNET	<i>Écologue, chef du Département Milieux et Activités Agricoles de l'O.R.S.T.O.M., directeur de recherche (proparte) - Paris</i>
Mireille DELAUNE	<i>Géologue, chargée de recherche O.R.S.T.O.M. - Bondy.</i>
Evelyne GARNIER-ZARLI	<i>Pédologue, Professeur à l'Université de Paris XII, Créteil</i>
Michel LANGLOIS	<i>Économiste, chargé de recherche O.R.S.T.O.M. (Indonésie)</i>
Claude MARIUS	<i>Pédologue, directeur de recherche O.R.S.T.O.M. (retraite), Pondichéry.</i>
Jean PAGES	<i>Hydrobiologiste, directeur de recherche O.R.S.T.O.M. - Montpellier.</i>
Bernard POUYAUD	<i>Hydrologue, chef du Département des Eaux Continentales de l'O.R.S.T.O.M. directeur de recherche (proparte)</i>
Lisna YOELIANI POELOENGAN	<i>Ministère Indonésien de la transmigration.</i>

ORIGINE ET ÉVOLUTION DE LA SÉDIMENTATION DANS LA PÉNINSULE DE CÀ MAU

Lê Xuân Thuyên (1)

Mireille Delaune (2)

I. INTRODUCTION.

La péninsule de Cà Mau est située à 150 km environ au sud du bras principal du delta du Mékong, entre 8°34' et 8°53' de latitude nord et 104° 43' et 105° 43' de longitude est. La mangrove s'est développée sur les sédiments actuels et subactuels qui se sont déposés progressivement au sud de la dépression U Minh datée 902 + 64 BP (Hoàng Ngọc Kỳ, 1991). Elle est bordée par la mer de Chine dans sa partie sud et sud-est et par le golfe de Thaïlande à l'ouest.

L'étude sédimentologique comprend le lever de coupes de 2 à 3m de profondeur et des analyses granulométriques et minéralogiques en laboratoire.

II. MORPHOLOGIE DE LA PÉNINSULE.

D'après les observations de terrain [texture-couleur-teneur en matière organique...] sur les différentes coupes on peut distinguer quatre grandes zones morphologiques.

- Au nord, une zone plate, située de 2 à 3m au dessus du niveau de la mer, en limite de la plaine deltaïque du Mékong.

- La partie centrale de la péninsule, au sud de la précédente, qui se situe à une altitude de 1 à 2m au dessus du niveau de la mer. Elle est régulièrement inondée à marée haute. Cette zone est recoupée longitudinalement par deux grands chenaux de marée, le Cửa Lớn et le Bàu Háp, ainsi que des chenaux secondaires qui dessinent un quadrillage dense. Dans la partie la plus méridionale, ces chenaux secondaires sont plus denses et suivent tous à même direction en fonction du régime des marées.

- Le long de la mer de Chine, la zone côtière est plus élevée que la zone centrale et forme une bande de 1 à 2 km de large dont la pente est redressée vers la mer et plus inclinée vers l'intérieur.

Dans la partie septentrionale de la péninsule, cette bande a disparu car à cet endroit la côte est soumise à une forte érosion.

- Le long du golfe de Thaïlande, la côte est très basse, au dessous de 1m. C'est une zone à fort taux de sédimentation sur un vaste plateau continental. La côte progresse très rapidement, surtout à l'embouchure des principaux chenaux [Cửa Lớn et Rạch Tàu].

(1) *Filiaire de l'Institut des Science du Vietnam à Ho Chi Minh ville; collaborateur de l'I.R.D.D.M.*

(2) *O.R.S.T.O.M.*

III. SÉDIMENTOLOGIE.

Nous avons étudié 60 coupes réparties dans les quatre grandes zones morphologiques.

1. *Granulométrie.*

La sédimentation pour l'ensemble des 4 zones est très homogène. Sur le diagramme de texture elle va d'un pôle argilo-limoneux à un pôle limono-argileux. Les sables sont pratiquement absents et ne représentent que 1 à 3 % du sédiment.

Les dépôts les plus grossiers se trouvent dans la zone intertidale du golfe de Thaïlande. Un seul niveau est sableux [31% à 2m de profondeur dans la coupe CAM20]

On retrouve la même homogénéité en corrélant les paramètres granulométriques. Là ainsi ce sont les sédiments de la zone intertidale qui se discriminent le mieux. Ils sont les plus grossiers et relativement moins bien triés.

2. *Minéralogie.*

Le cortège minéralogique est également homogène. Il est dominé par l'association quartz/minéraux argileux. Les teneur en feldspaths ne dépassent pas 4% et sont relativement constantes.

Les minéraux accessoires sont la goethite, la pyrite, la halite et des traces de calcite.

Les minéraux argileux sont, par ordre d'importance, la kaolinite (26 à 33%), l'illite (26 à 35%), la chlorite (13 à 16%) et des minéraux interstratifiés gonflants de type 10-14 Å. Les estimations semi-quantitatives montrent que ces interstratifiés sont formés de 30 à 50% de smectite.

Seule l'observation de la fraction sableuse permet de caractériser par la minéralogie les quatre zones morphologiques.

Toute la partie centrale, vase supratidale et zone de base a une sédimentation très fine. La fraction grossière est composée uniquement de fibres végétales silicifiées ou minéralisées.

Les sédiments de la zone intertidale du golfe de Thaïlande ne contiennent pratiquement pas de restes organiques. Ils ont toujours une fraction sableuse, qui ne dépasse pas 80 μ . Les sables sont formés de quartz et de grandes quantités de muscovite.

Enfin, la bande côtière en mer de Chine a une texture un peu plus complexe. On observe, le long des coupes, des alternances de 2, parfois 3 niveaux soit riches en fibres végétales, soit contenant un peu de quartz et de micas et de petites concrétions indurées de goethite.

3. Espace-Originine des sédiments.

Les sédiments de la péninsule de Ca Mau sont très récents. Les dépôts ont progressé vers le sud après la formation de la dépression U Minh où des débris végétaux enfouis, de 1 à 3m de profondeur ont été datés 902 ± 64 BP, 1080 ± 64 BP.

Plus au sud, à Nãm Cãn une datation C14 sur des restes végétaux à 0,65m de profondeur a donné un âge de 590 ± 150 BP. Par ailleurs, les successions stratigraphiques ont pu être mise en évidence:

- L'argile deltaïque repose sur la vase marécageuse de la transgression U Minh en bordure de la dépression. Elle est elle même surmontée en discordance par la vase récente. Le contact est visible en coupe près des chenaux de marée de Dãm Dõi.

- Les similitudes que présentent les sédiments de Cà Mau avec les vases récentes (< à 6000 ans BP) de la Plaine des Joncs au nord-est du delta du Mékong ont sur le plan de la minéralogie du sédiment total qu'en ce qui concerne la nature des minéraux argileux montrent que ces derniers proviennent bien des apports du fleuve Mékong.

IV. CONCLUSION.

La construction de la péninsule de Cà Mau est un phénomène récent. Elle s'est édifïée par accroissement successif le long d'anciennes lignes de rivage matérialisées par des cordons argileux, au sud de la dépression U Minh (fig.1).

La sédimentation provient des alluvions du fleuve Mékong qui sont entraînées vers le sud, par les courants marins le long de la côte de la mer de Chine.

Au cap de Cà Mau ces sédiments remontent vers le nord, dans le golfe de Thaïlande, où ils déposent. Les phénomènes de progradation se poursuivent actuellement comme le montre l'évolution du trace de la côte (Tô Quang Thịnh, 1993).

Les différences dans la sédimentation des quatres grandes zones géomorphologiques sont liées essentiellement à leur situation par rapport au niveau de la mer, favorisant ou non l'importance de la mangrove.

Le long de la mer de Chine, les successions de niveaux riches en restes végétaux (colonisation par la mangrove) et de niveaux à concrétions goethitiques (influence marine) peuvent s'interpréter comme des alternances érosion/sédimentation. Il faut noter que la partie nord de cette côte est soumise à une érosion importante. Les causes de ce phénomène ne sont pas encore parfaitement bien définies. Il est possible que la grande amplitude des marées liées à l'étroitesse du plateau continental, en mer de Chine, provoquent une dynamique plus forte de la houle.

Les structures du socle, notamment le seuil de Hòn Khoai le long de la côte du golfe de Thaïlande et le prolongement vers le sud-ouest du seuil de Sóc Trăng (Carbonnel, 1972) ont, peut être, une influence sur ce phénomène en créant des zones d'affaissement favorisant l'érosion littorale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

J. P. CARBONNEL, 1972 - *Le quaternaire cambodgien. Structure et stratigraphie* - Mémoire ORSTOM N 60 248p.

TÔ QUANG THỊNH, 1993 - *Evolution de la côte du district de Ngọc Hiến. La carte en échelle de 1/50.000* - IRDDM.

HOÀNG NGỌC KỸ, 1991 - *Stratigraphic correlating quaternary deposits of transgression and regression in Vietnam and adjacent countries.*

ÉTUDE PALYNOLOGIQUE DE SÉDIMENTS HOLOCÈNES DE LA PÉNINSULE DE CÀ MAU

Dương Xuân Đào

Claude Caratini

Introduction

La péninsule de Camau constitue l'extrémité méridionale du Vietnam. Bordée à l'est par la mer de Chine, à l'ouest par le golfe de Thaïlande, elle est subdivisée en trois provinces administratives, Minh Hai, Hà Giang et Kien Giang, dont la superficie totale s'élève à 1 700 000 ha. Au points de vue géomorphologique et sédimentaire, on peut y considérer deux régions distinctes :

- le nord et le nord-est, une région fertile en partie couverte par la forêt à *Melaleuca* dans les zones humides et saumâtres et où est cultivé le riz lorsque les terres sont moins salées
- le sud, une zone sous l'influence de la marée où les alluvions récentes, constamment baignées par des eaux à salinité élevée, supportent une des plus belles forêts de mangrove du monde.

Les sédiments de la péninsule de Camau ont été étudiés en détail par Ho Chin et Vo Dinh Ngo (1989) qui y ont distingué les dix unités lithologiques suivantes :

- mQ²IV : alluvions marines
- mvQ²⁻³IV : alluvions marin-éolien
- bmQ²⁻³IV : alluvions de marais maritime
- lQ²⁻³IV : alluvions lagunaires
- bQ³IV : tourbe
- amQ²⁻³IV : sédiment fluvio-marin
- abQ²⁻³IV : sédiment fluvio-lagunaire
- aQ³IV : digues naturelles
- mbQ²⁻³IV : sédiment laguno-marin
- a(bm)Q²⁻³IV : fleuve abandonné

Matériel et méthode d'étude

Une campagne de terrain a permis de prélever 42 sondages profonds de 2,8 à 6,7 m (Tableau 1 et Carte 1) dont la lithologie a été définie selon la classification de Ho Chin et Vo Dinh Ngo (*ib.*). L'étude palynologique de chacune des unités lithologiques a été effectuée de manière à préciser notamment leurs conditions de dépôt et à reconstituer leur paléoenvironnement. Dans ce but, les pollens et les spores ont été regroupés de deux manières différentes :

1.- selon leur appartenance botanique en considérant séparément Angiospermes, Gymnospermes (Pinaceae, Podocarpaceae, Ginkgoaceae, Taxaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae, Cycadaceae,...) et Ptéridophytes (*Acrostichum aureum*, *Stenochlaena palustris*, Polypodiaceae, *Polypodium*, *Microsorium*, Blechnaceae, *Microlepia*, Cyatheaceae, Parkeriaceae, Selaginellaceae, Ophioglossaceae, Gleicheniaceae,...)

2.- selon leur origine écologique ou géographique en nous limitant pour les Angiospermes aux milieux suivants :

- mangrove : *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Excoecaria agallocha*, *Nypa fruticans*
- arrière-mangrove : *Acanthus ilicifolius*, Myrtaceae (probablement *Melaleuca leucadendron*), Chenopodiaceae,...
- terrains humides : Cyperaceae, Pandanaceae,...
- montagne : pollen d'Angiospermes allochthones tels que Fagaceae, Juglandaceae, Betulaceae, *Ilex*,...

Cette étude a été facilitée par l'excellente conservation des pollens et des spores dans les sédiments de la péninsule de Camau.

Les ensembles palynologiques de la péninsule de Camau

Des ensembles palynologiques bien différenciés par leurs associations sporo-polliniques ont permis de regrouper les unités lithologiques de la péninsule de Camau. Les résultats sont présentés Fig. 2 et Tableau 2.

Les ensembles I et II sont marqués par l'abondance des pollens et spores allochtones, Gymnospermes notamment ce qui constitue un argument supplémentaire attestant de l'origine lointaine des sédiments caractérisés par ces deux ensembles et du rôle primordial des apports du Mékong dans l'édification de la péninsule de Camau. Ceci est confirmé par l'abondance des spores de Ptéridophytes qui résulte également du transport des sédiments par voie aquatique.

L'ensemble III se distingue par la prédominance de la flore locale. Il a pu être subdivisé en trois sous-ensembles en tenant compte des différents pourcentages de pollens de mangrove, *Rhizophora* et *Sonneratia* notamment, qui s'établissent ainsi:

- sous-ensemble IIIa : *Rhizophora* : 22% ; *Sonneratia* : 32%
- sous-ensemble IIIb : *Rhizophora* : 51% ; *Sonneratia* : 2%
- sous-ensemble IIIc : *Rhizophora* : 33% ; *Sonneratia* : 46%.

Une représentation aussi importante des pollens de mangrove traduit une forte participation de la végétation locale à la sédimentation ce qui est en particulier le cas pour les nombreuses tourbières et argiles riches en matière organique déposées dans les régions marécageuses.

Les deux unités lithologiques mvQ2-3 IV et mQ2 IV qui correspondent à des sédiments très sableux se sont révélés pauvres en pollen et spores et n'ont pu fournir de résultats interprétables.

Etude palynologique détaillée d'un transect E-W dans la péninsule de Camau

Quatre sondages répartis le long d'un transect E-W dans la péninsule de Camau ont été étudiés de manière plus détaillée (Fig. 1 et Fig. 3) de manière à caractériser avec davantage de précision les associations sporo-polliniques des unités lithologiques délimitées par Ho Chin et Vo Dinh Ngo (*Ib.*) et suivre leur évolution au cours du temps.

Malgré le faible nombre d'échantillons étudiés, au moins deux observations apparaissent très clairement :

- la diversité des associations sporo-polliniques d'un sondage à l'autre ce qui résulte évidemment de la diversité des localisations mais souligne la précision des reconstitutions paléogéographiques ;
- la variabilité des associations sporo-polliniques le long d'un même sondage correspondant à la rapidité des changements de l'environnement en un même site au cours du temps.

Conclusion

Cette étude des sédiments holocènes de la péninsule de Camau doit être considérée comme une reconnaissance palynologique préliminaire. Elle a néanmoins permis de définir les caractères de la microflore, pollen et spores, des unités lithologiques régionales.

Les associations sporo-polliniques observées peuvent être regroupées en trois ensembles en tenant compte en particulier des proportions entre les éléments allochtones et ceux d'origine locale. Cette classification correspond bien aux différents mode de sédimentation résultant soit principalement des apports du Mékong, soit de la participation souvent importante de la matière organique locale produite surtout par les forêts de mangrove.

D'autre part, la variabilité des conditions de dépôt et des environnements est nettement mise en évidence.

Ainsi, ces premiers résultats montrent qu'une étude palynologique détaillée de sondages prélevés dans des sites choisis pour leur représentativité devrait permettre de définir avec précision les environnements et les conditions de dépôt puis de reconstituer l'évolution paléogéographique de la région.

Province de Minh Hai

BL	3	5,7 m
BL	4	4,7 m
BL	5	5,7 m
HD	5	4,3 m
HD	11	5,7 m
HD	15	4,7 m
MH	1010	3,8 m
MH	1011	4,5 m
MH	1012	2,8 m
MH	1017	3,8 m
MH	1025	5 m
MH	1138	6,7 m
MH	1207	5 m
MH	1212	4,8 m
MH	1231	5 m
MH	1437	3,4 m
MH	1438	3,2 m
MH	1450	4,5 m
MH	6004	4 m
MH	6014	5,5 m
MH	6017	2,8 m
MH	6018	4 m
MH	6020	3,5 m
MH	6022	4,5 m
MH	6041	4,5 m
MH	6054	4,8 m

Province de Kien Giang

HG	2001	4,7 m
HG	2002	4,3 m
HG	2018	3,8 m
HG	2030	3,7 m
HG	2121	3 m
PH	61	2,8 m

Province de Hâu Giang

KG	3004	2,8 m
KG	3005	4 m
KG	3009	4 m
KG	3026	3,7 m
KG	3029	4,5 m
KG	3036	2,8 m
KG	3108	3 m
KG	3120	3 m
KG	3133	4,8 m
KG	3143	3,8 m

Tableau 1. Liste des sondages étudiés

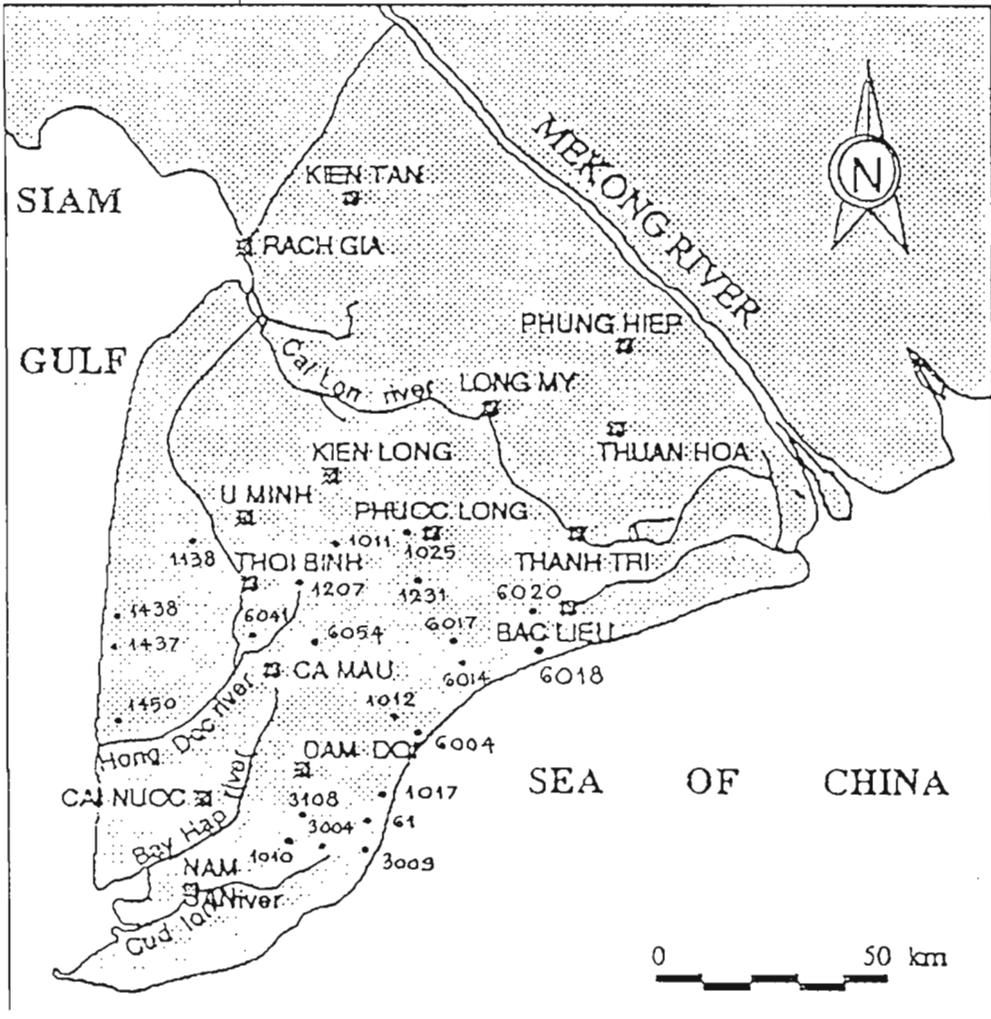


Figure 1: Localisation des sondages

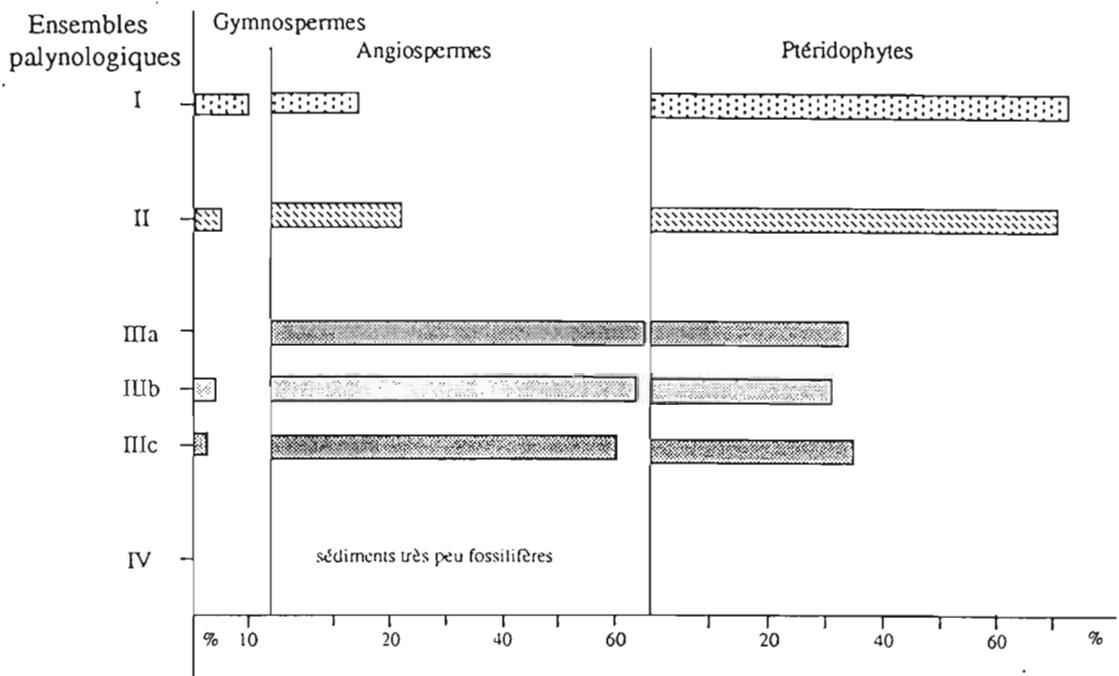


Fig. 2. Ensembles palynologiques de la péninsule de Camau

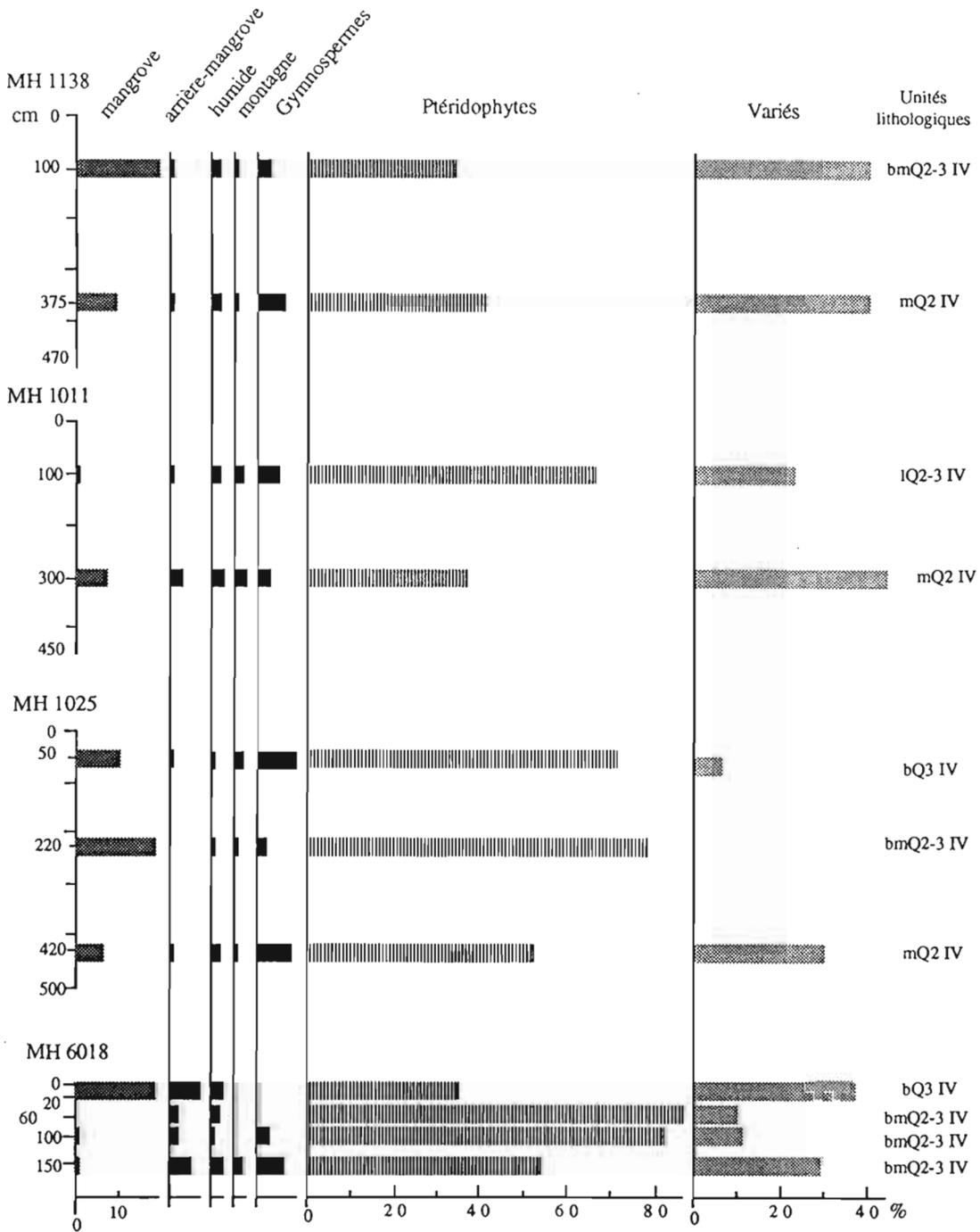


Fig. 3. Transect Est-Ouest dans la péninsule de Camau

HOLOCENE FORAMINIFERA ASSEMBLAGES IN THE CAMAU PENINSULA

Bùi thị Luận (1)

J.P. Debenay (2)

INTRODUCTION

The Mekong River delta has long been a subsidence zone, owing to large-scale tectonic processes (Tran kim Thach, 1986). During Quaternary, it has been affected by a series of four transgressions and four regressions, resulting in the deposition of the thickest sedimentary deposits in the Southeastern Asian countries (Hoang Ngoc Ky, 1991; Pham the Hien *et al.*, 1991).

Only a few works have been published regarding the Foraminifera of the Holocene deposits of southern Vietnam (Do van Long & Nguyen Ngoc, 1980). Several new species have been described (Ma van Lac, 1985; Nguyen Ngoc, 1986). Some previous works gave a general description of Quaternary paleogeography in the Mekong plain (Nguyen Ngoc, 1981; Do van Long, 1982).

The studied area is the southern margin of the Mekong delta, the Camau peninsula. While sharing the overall history of the Mekong delta, this southernmost tip of Vietnam does show some peculiarities. Our work, that was part of a general sedimentological and pedological study, with a view to an integrated development of the whole region, seeks to a sketch of its paleogeographical evolution during the Middle and late Holocene.

GENERAL BACKGROUND

The Mekong River Delta is located in South Vietnam (fig.1), at a latitude of about 9°N. It is bordered by the Gulf of Siam in the West and the Sea of China in the South-East. Landward, the Mekong delta is bordered by the old alluvial terrace on the North and North-East and partly on the West. The Camau peninsula is the southwestern tip of the delta. It is a flattish and low plain (average altitude 1.0 - 1m.5), gently sloping toward the West. This plain is crisscrossed by a system of rivers, channels and tidal inlets such as the Bay Hap River or the Ong Doc River. A fault lies North of Camau, in a W-N.W / E-S.E direction.

The climate of the Camau peninsula is sub-tropical and dominated by monsoon. The rains last from May to November. Mean rainfall is around 1,500 - 1,750 mm, reaching more than 2,000 mm along the Gulf of Siam. Southwestern monsoon winds may be strong. The dry season lasts from December to April, with weaker N-E winds. Annual evaporation is about 1017 - 1241 mm. The Camau peninsula lies outside the reach of the Mekong River floods. It can, though, be inundated by rains, owing to sluggish drainage. While the Gulf of Siam tides have a low amplitude, high tidal amplitudes in the Sea of China may lead to periodical inundations.

The mangrove forest is well developed in the southern and southeastern portions with the varied floral assemblage usual in South-East Asia (Chapman, 1976). The mangrove includes *Rhizophora*, *Bruguiera* and *Avicennia*, with *Phoenix* and *Excoecaria* in the drier parts and *Nypa* palms in the brackish waters with wide salinity variations. Some mixed forests are found. The *Melaleuca* forest is well developed on the peaty, freshwater backswamps (Phung trung Ngan, 1987).

MATERIALS AND METHODS

A total of 24 holes were bored throughout the Southernmost portion of the peninsula. We shall order these boreholes into four zones (fig.2):

- + a central - North zone (holes 6 to 11)
- + a coastal - western zone (boreholes 1 to 5) along the Gulf of Siam.
- + an eastern zone (boreholes 12 to 16, plus 18 and 19)
- + a southern zone (boreholes 17 and 20 to 24).

We used a prospection hand drill. We were able to bore, and core, down to 6 m. The different layers recognized along the core were sampled on the spot. A total of 300 samples were gathered.

In the laboratory, a constant weight of 150 - 200 g of sediment was soaked in 500 - 1,000 ml of water for at least 24 hours. Gentle manual stirring accelerated disintegration. Indurated samples had to be boiled and stirred. It was sometimes necessary to add some sodium thiosulfate (approximately 50 - 100 g.l⁻¹; Nguyen Ngoc, 1980). After complete disintegration under stirring, we allowed heavier particles to settle for 1 minute, then siphoned off the clay-laden supernatant through an 80 µm sieve. The procedure was repeated until all the clay had been removed.

Foraminifera were observed under a microscope at a magnification of x50. Identification was based on Asano's atlas (1951) and on other publications (eg. Anderson, 1981; Brady, 1984; Debenay, 1990; Huang, 1964; Ma van Lac, 1985; Nguyen Ngoc, 1981, 1986). Specimens were counted in each sample and percentages were calculated. The species were ordered into 5 groups corresponding to 5 definite paleo-environments.

A tentative sketch of paleogeographical evolution was established, considering the sediments collected at the same depth in the different cores. This method does not allow the drawing of paleogeographical maps because it is impossible to be sure that the considered sediments are isochronous. However, it is possible to draw schematic maps showing the general trend of paleogeographical evolution.

RESULTS

a) Taxonomical composition

We could identify 69 species of benthic Foraminifera (table 1). The most representative families are: Rotaliidae, Miliolidae, Elphidiidae, Bolivinitidae, Nonionidae, Uvigerinidae, Textulariidae, Buliminidae, Lagenidae, Cibicididae. Some planktonic genera were found (*Globorotalia*, *Globigerina*, *Globigerinoides*, *Orbulina*). Their occurrence is irregular in relatively deep horizons across the northern edge of the study area (Boreholes 4,5,11,12,13 and 18). These few planktonic tests are probably allochthonous, and bear no meaning for determining paleo-environments.

b) Paleoenvironmental features

In some boreholes, the upper horizon is devoid of foraminiferal remains: we may accept that these locations have been under continental conditions or that the tests have been destroyed, as generally happens in organic-rich sediments of mangrove swamps. These boreholes are mostly located around Camau town (the centre of Camau peninsula). In the other boreholes, we can distinguish five taxonomical assemblages, corresponding to five main types of aquatic environments (Anonymous,

1974, Do van Long & Nguyen Ngoc, 1980; Nguyen Ngoc 1981):

— Group a): "Shore-line":

This group is found only in the uppermost horizons of boreholes 20 - 24 (Southern zone). Numerous genera are present with a predominance of: *Asterorotalia*, *Quinqueloculina*, *Ammonia*, *Pseudorotalia* and *Elphidium* (Table 1). Most of the tests are well preserved; tubercular tests of *Asterorotalia* or papillate tests of *Ammonia* are only slightly broken. The calcite component has mostly remained white.

— Group b): "Coastal disturbed":

This group represents a coastal shallow environment with varying salinity (due to occasional continental influences) and some wave action. The main species are: *Elphidium advenum*, *Parrellina hispidula*, *Triloculina tricarinata*, *Triloculina trigoluna* (Table 1). The tests are often light-yellow to brown-yellow, owing to a coloration of calcite by dissolved substances (mainly iron) of continental origin. This group is found in upper and middle horizons of the whole central part of Camau peninsula, but is absent from the eastern coastal zone.

— Group c): "Coastal calm brackish":

This group has few species, with mainly *Ammonia beccanii* and *Quinqueloculina seminulum* (Table 1). Tests are small (less than 0,5 mm); their thin walls point to reduced wave action. This group is found in the lower horizons of the whole central part of Camau peninsula.

— Group d): "Brackish swamps":

The main species are: *Trochammina* spp., *Haplophragmoides* spp., *Discorbis* spp., *Ammotium salsum* and *Arenoparrella mexicana* (Table 1). This group is found in the upper horizons of the western coastal zone, along the Gulf of Siam coast.

— Groupe e): "Salt marsh":

This assemblage is poor, with only three genera: *Textularia*, *Rotalia* and *Quinqueloculina* (Table 1). The tests are mostly badly preserved. This group is found in upper and middle horizons of the southern zone.

The vertical distribution of these five foraminiferal assemblages has been described in each borehole (fig. 3) and three schematic cross sections have been drawn through the peninsula (fig. 4)

c) Tentative sketch of paleogeographical evolution

The evolution of the environments has been deduced from the foraminiferal assemblages. The lowest level studied (-4 m) shows a widespread marine influence with calm coastal brackish waters over the Southeastern part of the peninsula and coastal disturbed shallow environment in the North West area (fig. 5a). Progressively, the marine influence decreases. Brackish swamps first appear in the North West and extend Eastward. Continental environments or mangrove swamps progressively spread in the central area, around Camau. Finally, marine influence remains only in the Easternmost area where the shore-line assemblage can be found (fig. 5). The sediment facies then diversified, according to the varied deltaic environments.

DISCUSSION

The paleogeographical evolution of the region is particularly well observable on the flattish and low plain of Camau peninsula (average altitude 0.5 m - 1.5 m). The lowest stage observed in our cores (-4 m) indicates a large extension of the sea over the peninsula. The corresponding sediments might have been deposited during the Holocene transgression, when the sea level was 3 m above the present one (Hoang Ngoc Ky, 1991). The following decrease of marine influence results from the combine effect of the sediment accumulations and of the regression, beginning about 3,000 years BP (fig. 6). The uppermost coastal level (+0.5 m, core 17) was probably deposited during the beginning of the upper Holocene. The top of the formations might have been eroded during the upper Holocene regression (Nguyen duc Tam, 1982). Thus, the studied sediments appear to belong to Middle Holocene (mQ^2_{IV}) and late Holocene (mQ^3_{IV}) deposit layers (Ho Chin & Vo dinh Ngo, 1989).

CONCLUSION

These results agree with general stratigraphic and paleogeographic documents about Vietnam and adjacent countries (Hoang Ngoc Ky, 1991). They allow a description of the evolution of Camau peninsula after the maximum of the Holocene transgression and thus provide a complement to the paleogeographic reconstruction of Nam Bo Plain (Pham the Hien *et al.*, 1991), that ends with the Middle Holocene (mQ^{1-2}_{IV}) (fig. 7).

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to J. Pages who read the manuscript critically and made valuable suggestions for its improvement and to J. Wilde, for improving the English version of the manuscript.

ABSTRACT

The Camau peninsula lies on the southern edge of the Mekong delta. Thick Holocene sediments, with a majority of clays, contain a rich fauna of Foraminifera. We studied the sediments of this region on 2 to 6 m deep cores from 24 sites. We found about 70 species of benthic foraminifera. We have ordered these species into 5 groups corresponding to 5 definite paleo-environments, ranging from coastal marine waters to brackish swamps and salt marshes. The horizontal and vertical distributions of these environments allow us to sketch the middle and late Holocene paleogeographical evolution. The main feature is the transformation of the peninsula induced by the decrease of the relative sea level. This decrease results from the progressive aggradation of the peninsula by alluvial deposits and from the late Holocene regression.

(1) *Centre de Géosciences*
 (2) *Université d'Angers*

REFERENCES

- ANDERSEN, H.V. 1951. *Two new genera of Foraminifera from recent deposits of Louisiana*. J. Paleont., Chicago, 25, 31-34.
- ANONYMOUS, 1974. *Comité des techniciens, commission exploration, sous-commission subsurface et synthèse géologique* -Editions technip, Paris. Fossiles et Milieu, 54-59.
- ASANO, K. 1951. *Illustrated catalogue of Japanese Tertiary smaller Foraminifera*. Hosokawa Print-Co, Tokyo, Japan. Part 1: Rotaliidae, 1-21, Part.3: Millilioliidae, 1-20. Part 6: Textulariidae, 1-7.
- BRADY, H.B. 1884. *Report on the Foraminifera dredged by HMS Challenger during the years 1873-1876*. Rept. scientific Result Explor. Voyage Challenger, Zoology, London, 9, 814 pp.
- CHAPMAN, V.J. 1976. *Mangrove vegetation*. Cramer (FL.9490 Vaduz) printed by Strauss Cramer GmbH, 447 pp.
- DEBENAY, J.P. 1990. *Recent foraminiferal assemblages and their distribution relative to environmental stress in the paralic environments on West Africa. (Cape Timiris to Ebrie Lagoon)*. Journal of Foraminiferal Research, 20, 3, 267-282.
- DO VAN LONG, 1982. *Distribution and the living environment of Foraminifera in south Vietnam*. Journal of Geological Map. n°54, 22-29.
- DO VAN LONG & NGUYEN NGOC, 1980. *Some features of the Holocene Foraminifera in the Mekong River plain*. Geology and mineral Resources, Hanoi Vietnam, 1, 341-348.
- HOANG NGOC KY, 1988. *The quaternary geology of the Mekong lower plain and Islands in South Vietnam: In Thiramongkol N(ed) Proceedings of the workshop on Correlation of Quaternary Successions in South, East and Southeast Asia*. Report of Geology Chulalongkorn University, 215-241.
- HOANG NGOC KY, 1991. *Stratigraphic correlating Quaternary deposits of transgression and regression in Vietnam and adjacent countries*. The paper presented in the meeting of IGCP Project 296 "Quaternary geology of Asia and Pacific Regions, I Pukhet, Thailand, from 15-23 October 1991, 12 pp.
- HO CHIN & VO DINH NGO, 1989. *Report on Quaternary sedimentary geological map in the Camau peninsula scale 1/50.000*. Project of investigating and developing the Mekong plain, 1-44.
- HUANG, T. 1964. *"Rotalia" group from the upper Cenozoic of Taiwan*. Micropleontology, 10, 1, 49-62, Pls. 1-3.

MA VAN LAC, 1985. *The new species of foraminifera from holocene sediments of the Mekong plain.* Journal of Earth Sciences, 4, 140-142.

NGUYEN DUC TAM, 1982. *Cenozoic sediments and formation history of plain of Vietnam.* Geological and Mineral Resources, Hanoi, 1, 33-45.

NGUYEN NGOC, 1980: *Micropaleontological method and some applications in the Holocene sediments study.* Journal of Archaeology, 3, 70-74.

NGUYEN NGOC, 1981. *Some features of the Foraminifera from the mid-and upper Holocene sediments on the Southern central Vietnam shore and the Mekong plain.* Geological and Mineral Resources. Hanoi, 1, 24-32.

NGUYEN NGOC, 1986. *Asiarotalia - A new genus of Foraminifera from later Kainozoic sediments of the Mekong plain.* Journal of Earth Sciences, 19-22.

PHAM THE HIEN, NGUYEN NGOC HOA, LE VAN LON, 1991. *On the paleogeography of the periods of developments of Quaternary deposits in Nambo plain.* Geography geology environments. Ho chi Minh city, 1, 27-33.

PHUNG TRUNG NGAN, 1987. *Map of plant distribution in the South Western Haugiang river.* Project of investigating and developing the Mekong plain, 21-36.

TRAN KIM THACH, 1986. *Report on sedimentary geological map of the Mekong plain scale 1/250.000.* Project of investigating and developing the Mekong plain, 1-10.

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1 - Location map.

Fig. 2 - Location of the cores and of the cross sections A-B, C-D and E-F.

Fig. 3 - Distribution of the different facies in each core: a) "Shore-line"; b) "Coastal disturbed"; c) "Coastal calm brackish"; d) "Brackish swamps"; e) "Salt marsh"; f) sediments without foraminiferal tests.

Fig. 4 - Cross sections through Camau peninsula. a) "Shore-line"; b) "Coastal disturbed"; c) "Coastal calm brackish"; d) "Brackish swamps"; e) "Salt marsh"; f) sediments without foraminiferal tests.

Fig. 5 - Schematic paleoenvironmental maps drawn on the basis of foraminiferal assemblages present in the sediments collected at the same depth in each core.

Fig. 6 - Variations of the sea level in Vietnam and adjacent countries during Holocene (after Hoang Ngoc Ky, 1991).

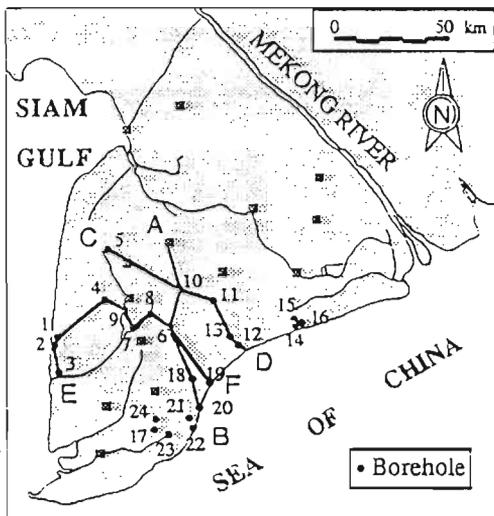
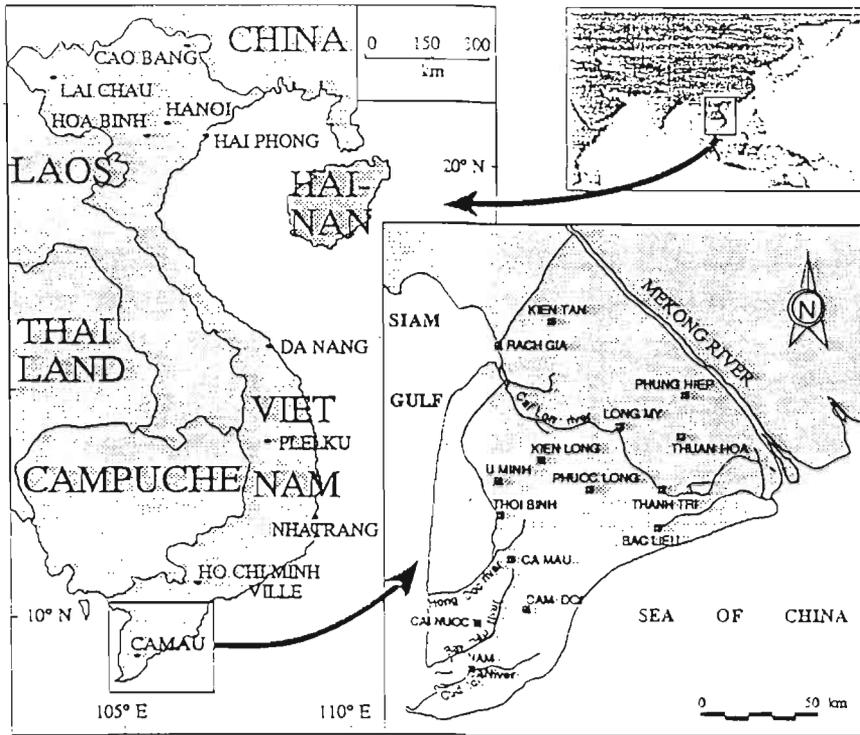
Fig. 7 - Paleogeographic map of the Nam Bo plain during the Holocene transgression (after Pham The Hien *et al.*, 1991).

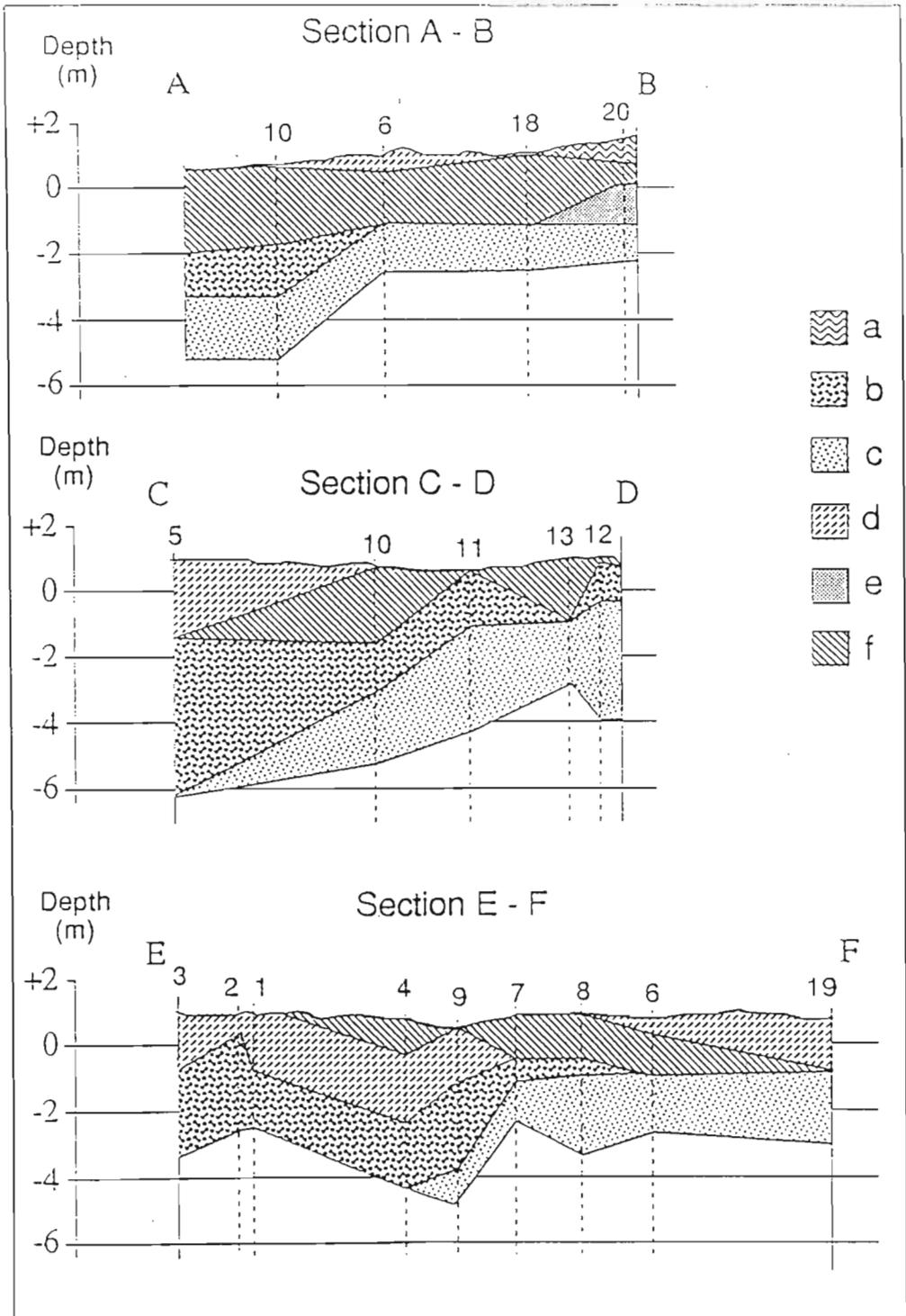
Table 1: Species list and composition of the five assemblages: a) "Shore-line"; b) "Coastal disturbed"; c) "Coastal calm brackish"; d) "Brackish swamps"; e) "Salt marsh".

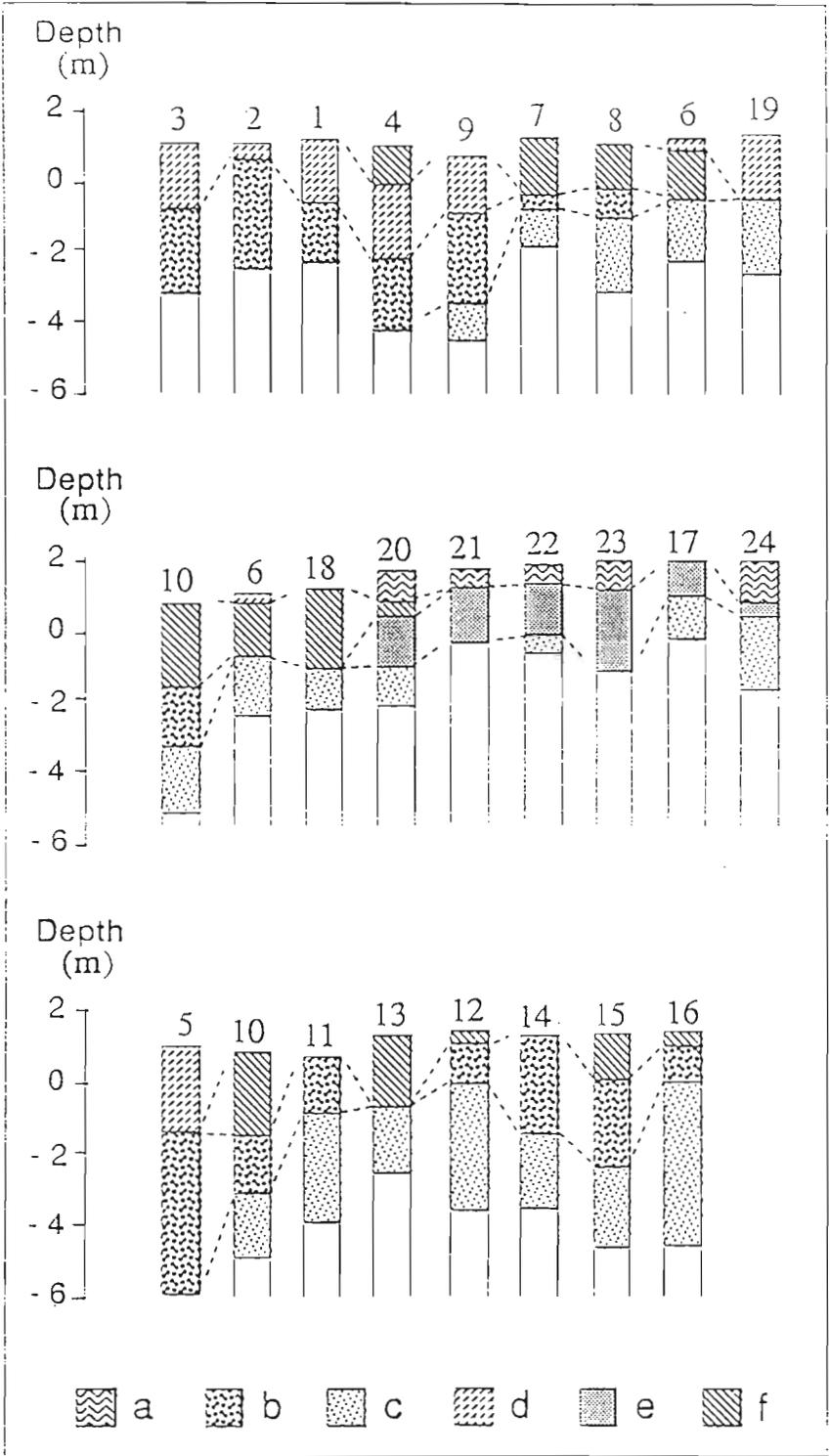
Species name	Assemb.	Assemb.	Assemb.	Assemb.	Assemb.
	a	b	c	d	e
<i>Ammonia beccarii</i> (Linne, 1758)					
<i>Ammonia</i> sp.					
<i>Ammotium salsum</i> (Cushman and Brönnimann, 1948)			**		
<i>Anomalina</i> sp.	**				
<i>Arenoparrella mexicana</i> (Kornfeld, 1931)					
<i>Arenoparrella vietnamica</i> Ma van Lac, 1985					
<i>Arenoparrella</i> sp.				**	
<i>Asiarotalia holocenica</i> Nguyen Ngoc, 1986					
<i>Asiarotalia mekongensis</i> Nguyen Ngoc, 1986					
<i>Asterorotalia multispinosa</i> (Nakamura, 1937)			**		
<i>Asterorotalia pulchella</i> (d'Orbigny, 1839)			**		
<i>Asterorotalia</i> sp.					
<i>Biloculina</i> sp.					
<i>Bolivina</i> sp.		**			
<i>Brizalina variabilis</i> (Williamson, 1858)					
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny, 1826					
<i>Bulimina</i> cf. <i>aculeata</i> d'Orbigny, 1826					
<i>Bulimina</i> sp.			**		
<i>Cibicides</i> sp.					
<i>Cornuspira</i> sp.			**		
<i>Cribrulinoides curta</i> (Cushman, 1917)					
<i>Cribronion</i> sp.					
<i>Cyclamina</i> sp.					
<i>Discorbis</i> sp.					
<i>Elohiella</i> sp.					
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman 1922)					
<i>Elphidium craticulatum</i> (Fichtel & Moll, 1803)					
<i>Elphidium</i> sp.					
<i>Eponides</i> sp.					
<i>Fontbotia wuellerstorfi</i> (Schwager, 1866)			**		
<i>Gaudryina exilis</i> Cushman & Brönnimann, 1948			**		
<i>Glandulina laevigata</i> (d'Orbigny, 1826)					
<i>Globigerina</i> sp.					
<i>Globigerinoides</i> sp.			**		
<i>Globorotalia</i> sp.					
<i>Haellophragmoides</i> sp.					
<i>Lagena</i> sp.					
<i>Miliammina</i> sp.					
<i>Miliolinella</i> sp.					
<i>Nonion</i> sp.					
<i>Orbulina</i> sp.					
<i>Parrellina hispidula</i> (Cushman, 1936)					
<i>Pseudoeponides japonicus</i> Uchio, 1950					
<i>Pseudoeponides</i> sp.					
<i>Pseudorotalia schroeberiana</i> (Carpenter, Parker & Jones, 1862)					
<i>Pseudorotalia</i> sp.					
<i>Pygmaeosestron hispidula</i> (Cushman, 1913)					
<i>Quinqueloculina boueana</i> d'Orbigny 1846					
<i>Quinqueloculina ferussacii</i> d'Orbigny, 1826					
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny, 1839					
<i>Quinqueloculina philippinensis</i> (Cushman, 1921)					
<i>Quinqueloculina poeyana</i> d'Orbigny, 1839					**

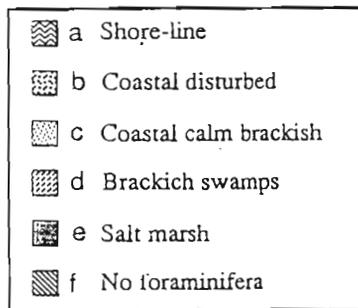
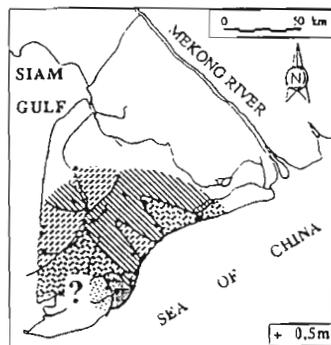
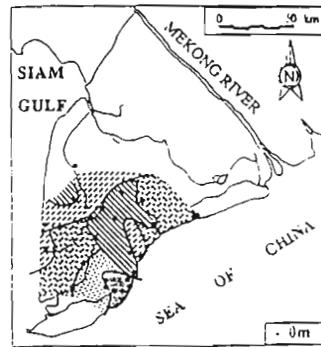
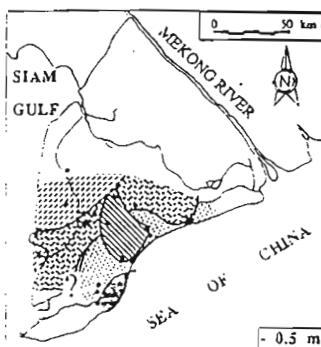
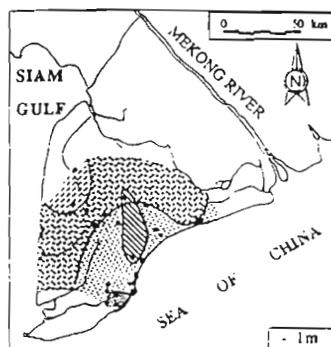
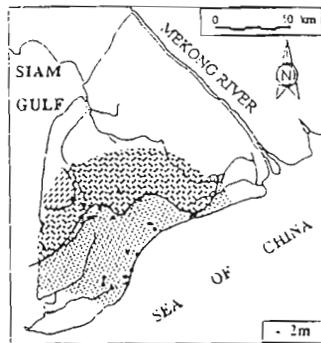
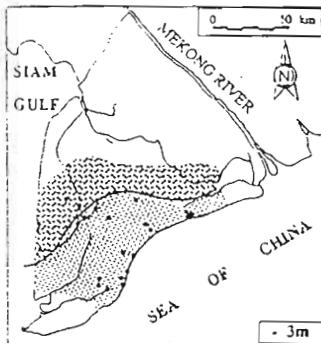
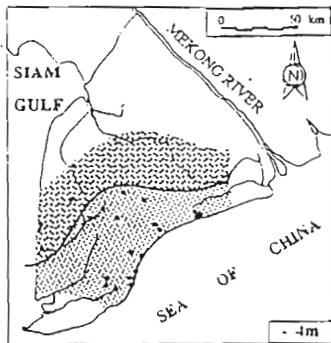
<i>Quinqueloculina polygona</i> d'Orbigny, 1839					
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linné, 1758)					
<i>Quinqueloculina tropicalis</i> Cushman, 1924					
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny, 1826					
<i>Quinqueloculina</i> sp.					
<i>Rotalia japonica</i> Hada, 1931					
<i>Rotalia</i> cf. <i>japonica</i> Hada, 1931					
<i>Rotalia</i> sp.					
<i>Rotalidium annectens</i> (Parker et Jones, 1865)					
<i>Spiroloculina eximia</i> (Cushman, 1922)					
<i>Spiroloculina lucida</i> (Cushman & Todd, 1944)					
<i>Spiroloculina milletti</i> (Wiesner, 1912)					
<i>Spiroloculina</i> sp.					
<i>Textularia</i> sp.			**		**
<i>Triloculina</i> sp.					
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny, 1826	**				
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck, 1804)	**				
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)					
<i>Trochammina</i> sp.					
<i>Uvigerina</i> sp.			**		
<i>Virgulina</i> ? sp.			**		

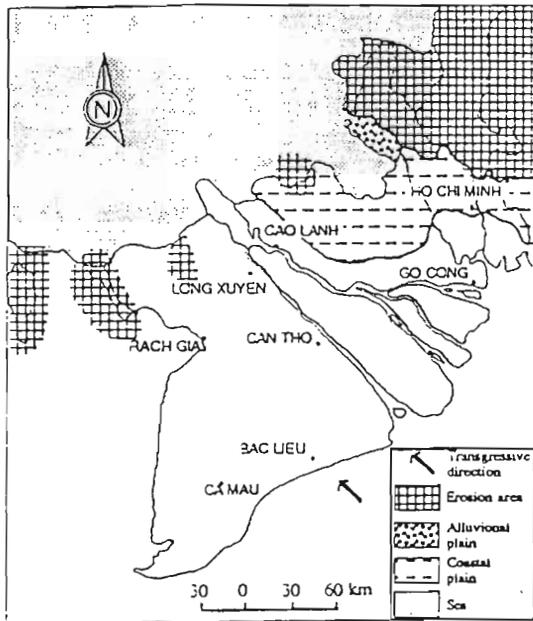
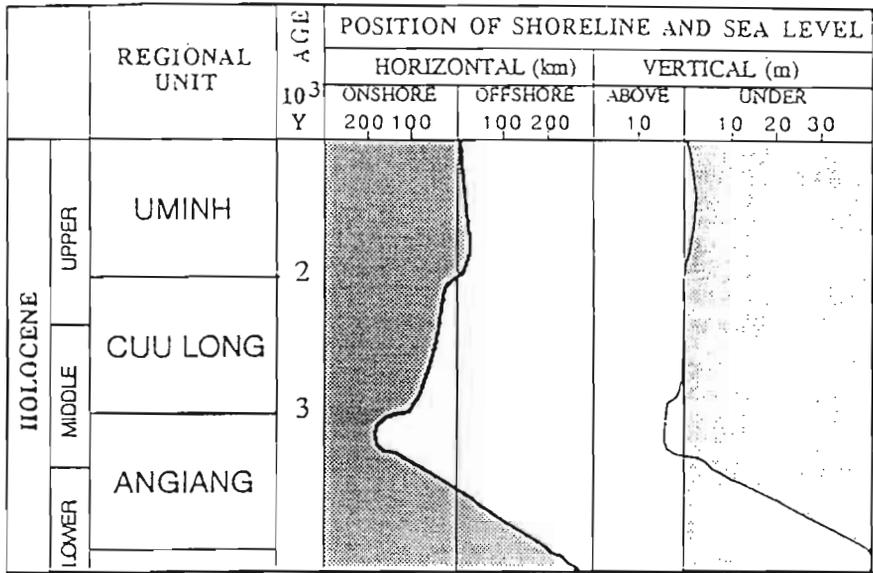
Very rare	**
Rare	
Frequent	
Very frequent	











GEOCHIMIE DES SOLS DE LA MANGROVE DE CAMAU

Lexuan-Thuyen & C. Marius

1. Le Milieu Naturel

Située à environ 150 km au Sud du bras principal du Mékong entre 8°34' et 8°53' de latitude Nord et 104°43' et 105°43' de longitude E, la mangrove de CAMAU couvre une superficie de 250 000 ha. C'est sans doute l'une des mangroves les plus riches en espèces du monde. En effet la flore comprendrait d'après Bocquillon, 59 espèces réparties en 4 groupes, et toutes les espèces de *Rhizophora*, *Bruguiera* et *Avicennia* sont représentées. Parmi les espèces les plus importantes, on citera :

- *Rhizophora apiculata*, *Rh. mucronata*, *Rh. stylosa*
- *Avicennia alba*, *Av. officinalis*, *Av. marina*
- *Bruguiera gymnorhiza*, *B. parviflora*, *Br. Cylindrica*
- *Sonneratia alba*, *Ceriops tagal*, *Nypa fruticosa*

La pluviométrie totale, à CAMAU est de 2383 mm répartie sur 7 mois.

Toutes les eaux qui circulent dans le delta du Mékong sont influencées par la marée dont l'amplitude varie d'une côte à l'autre. Sur la côte Est, la marée est semi-diurne avec une amplitude de l'ordre de 4 m, alors que sur la côte Ouest elle est diurne et voisine de 1 m. Par ailleurs, un grand chenal de marée qui relie la mer de Chine au Golfe de Thaïlande est drainé par des chenaux secondaires perpendiculaires à cet axe et qui forment un réseau plus dense dans la partie Sud. Du point de vue topographique, on peut distinguer 4 zones principales :

- une zone plate en limite de la plaine deltaïque de CAMAU, en domaine suprotidal, au Nord de la zone d'étude. Les sols sont bien développés sur un relief ancien.

- une zone de base centrale, vaste région plate et inondée régulièrement par les marées. Les dépôts de couleur gris foncé, se forment par décantation et sont très riches en matière organique. L'accumulation des sédiments est plus forte dans la partie sud et l'horizon superficiel moins organique.

La partie Nord-Est de la côte est soumise à une érosion rapide.

Dans le Golfe de Thaïlande, c'est une côte de progradation avec une vaste zone intertidale et la terre progresse rapidement près des embouchures de Cù Lôn et du Rach Tau.

2. Matériels et Méthodes

Plusieurs transects ont été étudiés longitudinalement et perpendiculairement en fonction des 4 grandes zones géomorphologiques. (fig. 2)

Des carottes de 1 m ont été prélevées et le pH a été souvent mesuré sur le terrain.

Sur les échantillons séchés, on a procédé aux analyses suivantes, dans les laboratoires de l'ORSTOM à Bondy et à l'Institut de Géologie de Strasbourg.

- Mesure du pH
- Analyse des sels solubles sur un extrait aqueux au 1/10
- Analyse des éléments majeurs et traces par spectrométrie d'absorption atomique.

3. Résultats

88 échantillons de sols séchés à l'air, provenant de 28 profils, ont été analysés. Sur les extraits aqueux au 1/10, on a dosé les ions majeurs solubles : Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ et mesuré la conductivité à 25°C et le pH à 1/1.

3.1 Le pH

La valeur de pH sur sol sec varie de 2,98 à 8,01. Il est assez stable dans les profils de sols sous *Avicennia*, mais il devient moins stable et diminue en passant des sols sous *Avicennia* aux sols sous *Rizophora*. (profils cam 16, cam 15, cam 52; cam 20 et cam 21).

3.2. La salinité

Tous les sols sont salés à très salés. En effet, la conductivité de l'extrait au 1/10 est relativement élevée et indique que la salinité de ces sols est nettement supérieure à 4mS/cm. La salinité moyenne est de l'ordre (4,58mS/cm). Par ailleurs, cette salinité varie le long d'un même profil (ex Cam 21). Il y a une seule valeur de à 15,09 mS/cm pour l'échantillon Cam 030. Il existe une bonne corrélation entre la somme des anions (exprimée en meq/100 g) et la conductivité : $r = 0,969$ pour 88 échantillons $\Sigma A = 11,018$ CE - 8,222 (fig. 3).

3.2.1. Anions solubles

a) *Les Sulfates* : Marius (1985) a montré qu'il y avait entre les sulfates solubles et le soufre total une bonne corrélation. Cette relation est intéressante dans la mesure où elle permet, de relier aisément cette valeur à l'acidité potentielle de ces sols.

Dans les sols de la mangrove de CAMAU, le taux de sulfates solubles a une valeur variable, de 1,30 meq/100 g à 47,9meq/100g. Entre le pH et les sulfates solubles on trouve une corrélation négative significative ($r = 0,800$), mais celle-ci est moins bonne entre les sulfates solubles et la conductivité ($r = 0,768$). Les teneurs en sulfates solubles sont différentes dans les profils des sols sous *Avicennia*, sous *Avicennia-Rhizophora* et sous *Rhizophora*. (profils : cam 16, cam 20, cam 15, cam 21, cam 42, cam 52).

b) *Les Chlorures* : la teneur en Cl^- varie entre 17 et 65 méq/100 g; un seul échantillon (cam 030) a une valeur anormalement élevée puisqu'elle atteint 131,31 méq/100 g. La teneur en chlore est inférieure à 10 méq/100 g dans les sols à rizières (profils cam 40, cam 41, cam 51) et elle est élevée dans les sols les moins recouverts à marée haute, indiquant une salinisation par évaporation.

3.2.2. Cations solubles

Il existe une bonne corrélation entre Ca^{+2} , Mg^{+2} et SO_4^{-2}

$$\text{SO}_4^{-2} - \text{Ca}^{+2} \quad r = 0,927$$

$$\text{SO}_4^{-2} - \text{Mg}^{+2} \quad r = 0,975$$

$$\text{Ca}^{+2} - \text{Mg}^{+2} \quad r = 0,948$$

Elles sont moins bonnes entre Ca^{+2} , Mg^{+2} et Cl^- .

La corrélation entre Na^+ et Cl^- est meilleure qu'entre K^+ et Cl^- .

$$\text{Cl}^- - \text{Na}^+ \quad r = 0,985$$

$$\text{Cl}^- - \text{K}^+ \quad r = 0,742$$

Ces résultats indiquent que les principaux sels dans ces sols sont constitués de chlorure de sodium et de magnésium et d'un peu de sulfate de magnésium.

3.2.3. Al et Fe solubles

Nous n'avons dosé ces cations que sur 4 échantillons

Echantillon	pH	Ec ms/cm	Al ⁺³ meq/100g	Fe ⁺³ meq/100 g
Cam 012	4,75	4,15	0,163	0,007
Cam 020	7,78	5,01	0,28	0,004
Cam 030	2,98	15,09	5,269	2,709
Cam 041	3,15	7,97	2,828	1,615

D'une manière générale, les sols à pH acide, inférieur à 4, contiennent des quantités notales de Fe^{+3} et Al^{+3} .

3.3. Géochimie

L'analyse chimique totale a été effectuée par spectrométrie de flamme sur 45 échantillons. Dix éléments majeurs et la perte au feu ont été dosés : Si, Al, Fe; Ti, Ca, Mg, Na, K, Mn, et P. Le dosage de 9 éléments-traces est encore en cours : Sr, Ba, V ; Ni, Co, Cr, Zn, Cu, Zr.

Nous avons calculé et représenté graphiquement les corrélations entre éléments majeurs pour l'ensemble des échantillons et par faciès géomorphologiques.

Nous voyons que :

La perte au feu est en grande partie liée à la teneur en matière organique. Leur corrélation est excellente. ($r = 0,995$ pour 12 échantillons ; fig. 4a). En outre, les corrélations entre la perte au feu, le soufre et les sulfates solubles sont bonnes elles aussi :

Pf - S $r = 0,932$ pour 12 échantillons

Pf - SO_4^{-2} $r = 0,894$ pour 43 échantillons

Les alcalins : le sodium se corréle très bien aux valeurs de Cl^- dans l'extrait à 1/1 Na - Cl^- ($r = 0,969$ pour 43 échantillons). De plus, les relations significatives entre le sodium et la perte au feu ($r = 0,774$) et entre la perte au feu et le chlore ($r = 0,628$) montrent que la matière organique (fibres et racines) absorbent une partie du chlorure de sodium. (fig. 7c)

Il n'existe pas de relation significative entre Na et K.

Les éléments - traces : Il existe de bonnes corrélations entre Ba, V, Cr, Sc, Zr et entre ces éléments et Si, Al, K, Ti.

Les coefficients de corrélations de tous ces éléments pour 12 échantillons sont :

	Si	Al	K	Ti	Ba	V	Cr	Sc	Zr
Ba	0,905	0,959	0,985	0,948					
V	0,818	0,943	0,932	0,900	0,916				
Cr	0,848	0,938	0,922	0,911	0,911	0,969			
Sc	0,860	0,943	0,943	0,927	0,949	0,969	0,964		
Zr	0,964	0,894	0,830	0,948	0,860	0,848	0,877	0,877	

Par leur bonne corrélation avec la silice, l'aluminium et le potassium, Ba, V, Cr, Sc et Zr sont associés à la phase argileuse.

Pour les autres éléments en traces on constate que le cuivre se corréle bien au chrome, le cobalt au nickel et que le zinc ne se corréle à aucun autre élément.

Le soufre, les sulfates solubles et la matière organique : Les corrélations entre ces trois éléments sont bonnes :

S - SO_4^{-2} $r = 0,943$ pour 12 échantillons

S - C $r = 0,900$ pour 12 échantillons

Cela veut dire que d'une part, on peut utiliser les valeurs de sulfates solubles pour évaluer la valeur du soufre total et l'acidité potentielle des sols de la mangrove de Camau et d'autre part, qu'une grande partie du soufre, compte tenu de la très bonne corrélation entre le soufre et le carbone, est sous forme "organique".

L'aluminium : le traitement statistique ne montre pas une corrélation significative entre Al et Si. Mais sur le graphique des corrélations Al - Si en fonction du faciès nous

On peut associer les éléments à intercorrélation positive de la façon suivante :

- un groupe : Al, K, Ti, Ba, V, Cr, Sc, Zr
- un groupe : Al, K, Fe
- un groupe : Si, Ti, Ba, V, Cr, Sc, Zr

Tous trois caractérisent la phase argileuse détritique

Cr, Cu, Co, Ni et Zn appartiennent, eux aussi, à la phase détritique.

- Na, Cl, Pf représentent les sels d'origine marine
- Mg, Mn, Ca, Sr, Y entrent dans la composition des carbonates
- Pf, S et C représentent la phase organo-sulfureuse
- P est d'origine organique

Le traitement statistique ne donne pas de corrélations significatives entre Ca et Mg et Ti avec Si. Mais lorsque l'on regroupe les échantillons en fonction du facies, il apparaît une bonne corrélation positive Ca / Mg et Ti / sauf pour la vase du domaine intertidal qui est plus sableuse (fig. 7d, 7e).

Dans les sédiments de la mangrove, une partie du Silicium est sous forme dissoute et il précipite sur les fibres de matière organique.

Dans la vase lagunaire olivâtre, la composition chimique des concrétions de calcite magnésienne se différencie de celle du sédiment encaissant par une augmentation de CaO, MgO, P₂O₅ et MnO (cf. tabl.).

Echantillon	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Mn ppm	H ₂ O ₊ %	H ₂ O ₋ %
concrétion	26,64	9,57	3,26	22,3	3,38	0,88	1,17	0,38	0,67	2246	22,89	6,59
Cam 493	50,33	18,87	5,2	0,32	1,95	2,01	1,87	0,76	0,06	310	12,95	4,47

Ces concrétions sont probablement d'origine biochimique de type "chlorozoan". Il faut noter que l'on retrouve souvent des concrétions semblables dans les sédiments du front de delta. Dans certains cas, lorsque les sols sont bien drainés, il se produit une réaction entre Ca et le SO₄ libéré par l'oxydation des matériaux sulfidiques et il se forme des cristaux de gypse qui épigénisent les concrétions carbonatées. On observe ce même phénomène d'épigénie dans les profils des sols sulfatés acides de la dépression au Nord de Camau, à une profondeur d'environ 1,50 m.

4. Discussion et comparaison

La zone de mangrove du cap de Camau est une dépression marécageuse formée derrière un cordon littoral. Elle est ouverte sur le golfe de Thaïlande et séparée de la mer de Chine par un cordon côtier argileux, construit sur des sédiments marins comme l'illustre très bien la répartition verticale des associations de Foraminifères dans le profil Cam 63 et par un relief élevé qui empêche les chenaux de marée de déboucher dans la mer de Chine. Dans le profil Cam 63, implanté sur la côte, les foraminifères disparaissent dans l'horizon intermédiaire, à 60-150 cm de profondeur. Il est possible qu'il existait à cet endroit un cordon sableux plus avancé vers la mer et qui a été totalement érodé. Cependant on ne retrouve pas de traces de cordon sableux dans les échantillons proches de cette zone. Une grande partie de la côte aurait donc été érodée. Cette érosion continue encore actuellement et elle provoque l'élargissement de l'embouchure du chenal Cualon. L'érosion latérale entaille les vagues lagunaires plus anciennes, au bord du chenal, tandis que la côte du golfe de Thaïlande subit un phénomène de progradation, créant une grande slikke intertidale.

En ce qui concerne la géochimie des sédiments, dans la mangrove de Camau, Ti, Ba, V, Cr, Sc, Zr, appartiennent à la phase argileuse. Dans la plaine des Joncs Ti n'a aucune relation significative avec les autres éléments et Zr appartient à la phase sableuse. Dans la mangrove de Camau la distribution des éléments tels que Si, Al, Ti, Ca, Mg, K, Na se corrèle bien avec certaines facies.

Les sols de Camau, sous *Rhizophora* et *Rhizophora-Avicennia*, sont des sols potentiellement sulfatés acides, immergés régulièrement par l'eau de mer. Ils sont différents des sols sulfatés acides évolués que l'on trouve dans la plaine alluviale en amont du delta, et qui sont immergés dans l'eau douce pendant 2 à 3 mois et, ensuite, séchés à l'air pendant 5 à 6 mois. L'aménagement et surtout, le défrichage de la mangrove pour la construction des bassins d'élevage de crevettes sur les sols sulfatés acides provoquent un changement de l'humidité et du potentiel d'oxydo-réduction. Par exemple, on observe des traces de jarosite dans les terres rapportées sur les bords des bassins.

5. Conclusions

Il existe une relation étroite entre la couverture végétale, les sols et la sédimentation dans le système de la mangrove de Camau. On observe deux groupes de sols, des Thiosols sous *Rizophora* et *Rhizophora-Avicennia* et des fluvisols sous *Avicennia*.

Les éléments majeurs et éléments-traces de la mangrove de Camau se répartissent en six phases géochimiques.

Il serait très utile d'avoir des déterminations de microfaune, des analyses palynologiques et des datations afin de mieux connaître la paléogéographie et les oscillations du littoral de CAMAU au cours de l'Holocène.

Les analyses géochimiques détaillées des minéraux diagénétiques et des concrétions carbonatées ou gypseuses devraient aider à mieux connaître la pédogenèse.

Enfin, il manque encore des données concernant les différentes zones géomorphologiques du delta du Mékong pour suivre l'évolution des apports du fleuve et faire la relation avec les données déjà acquises sur la Plaine des Joncs.

RÉFÉRENCES

1. Y.BESNUS, C.MOSSER (1976) - *Les groupes à intercorrélations positives* - C.R.Académie des Sciences Paris - T.283, pp 587-590.
2. C.MARIUS, R.DJUWANSAH (1992) (orthographe à vérifier) - *Geochemistry of mangroves soils of Indonesia and Vietnam, 4th Symposium on A.S.S-Hochiminh city - 3/1992.*
3. C.MARIUS, J.PAGES (1990) - *La mangrove de la péninsule de Ca Mau - Rapport de mission.*

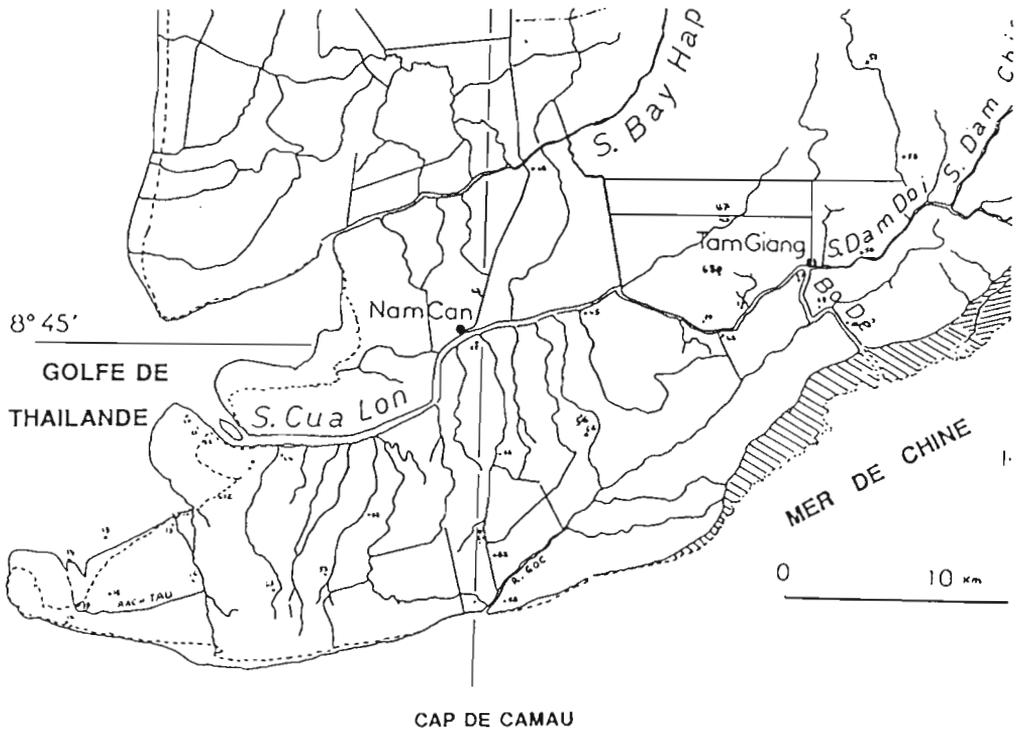
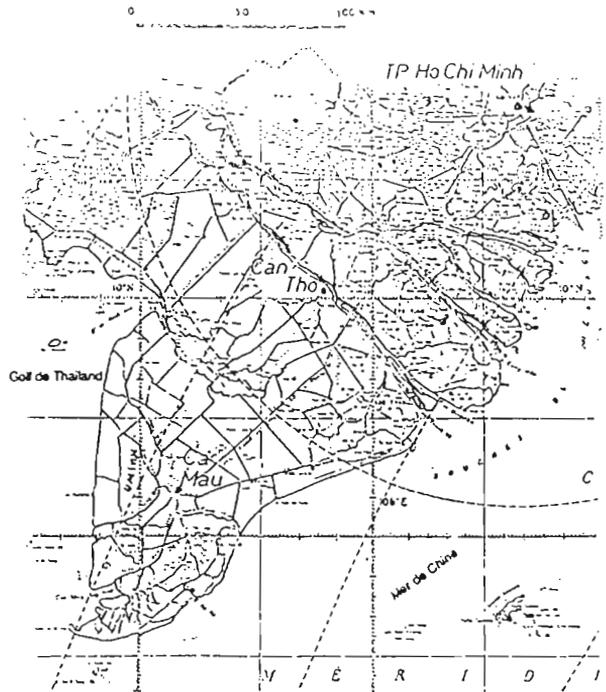
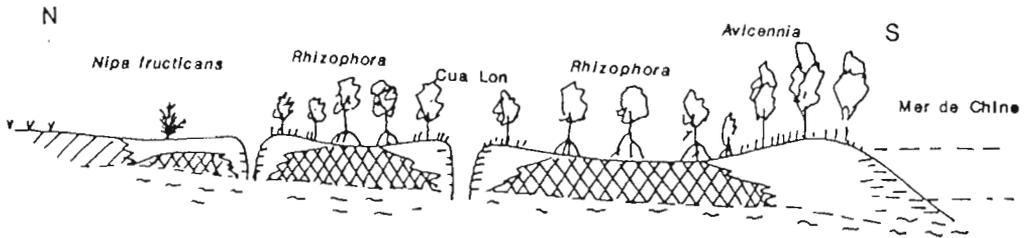
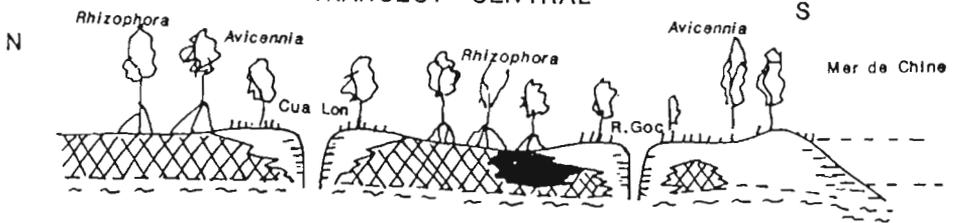


fig.1

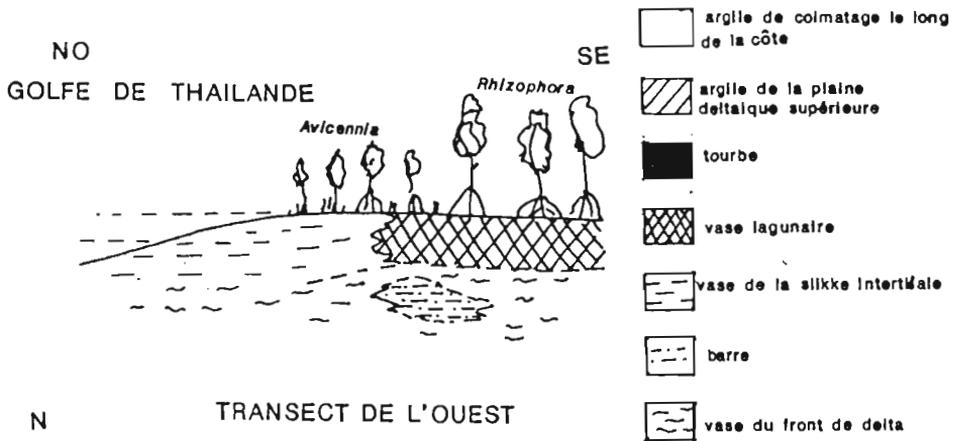
TRANSECT DE L'EST



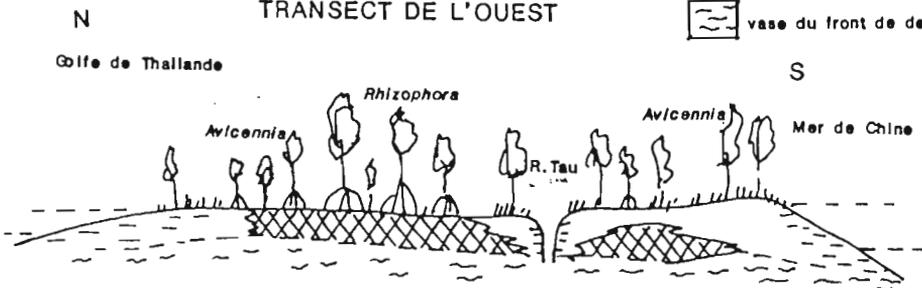
TRANSECT CENTRAL



TRANSECT DE L'EMBOUCHURE DU CUA LON



TRANSECT DE L'OUEST



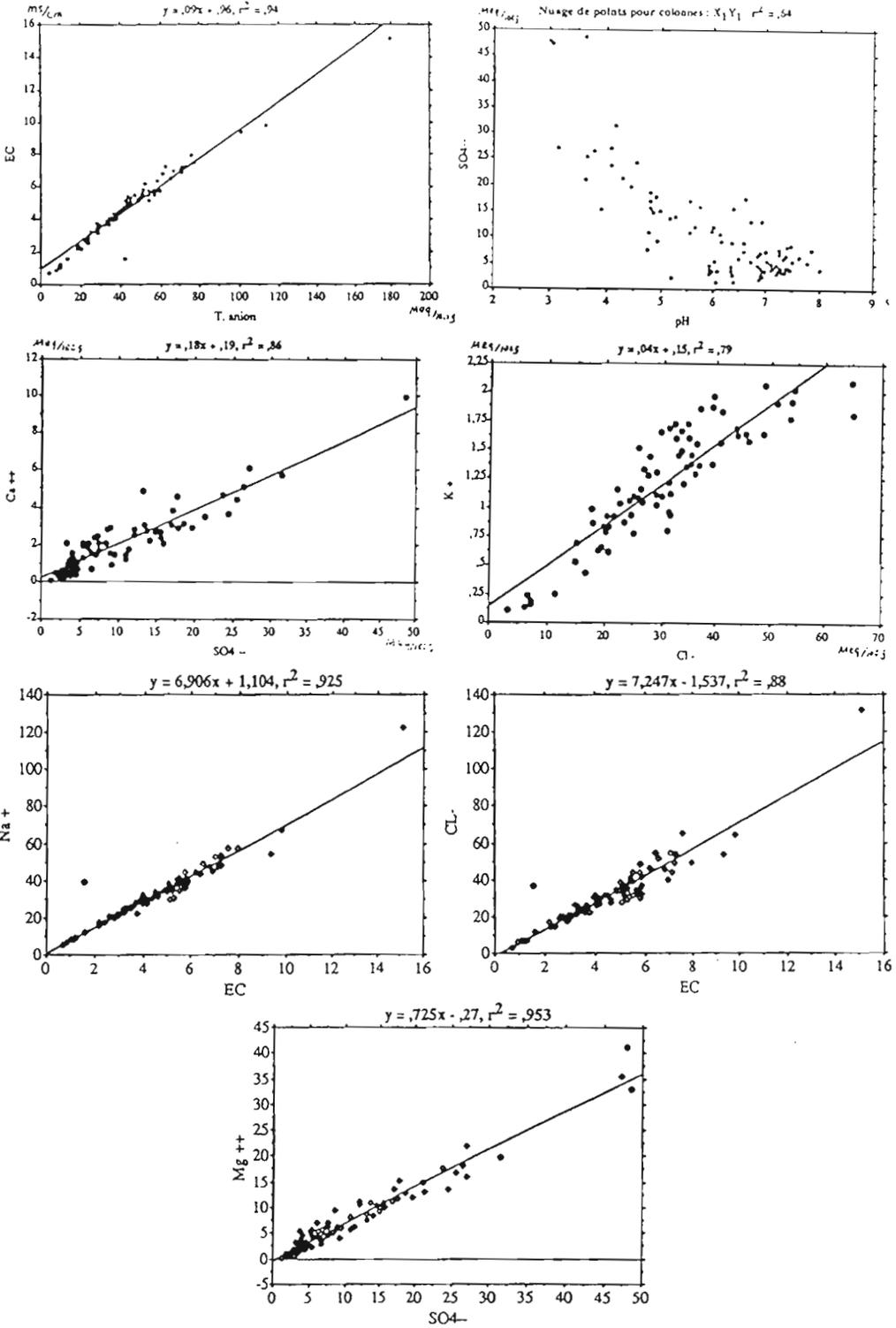


fig. 3

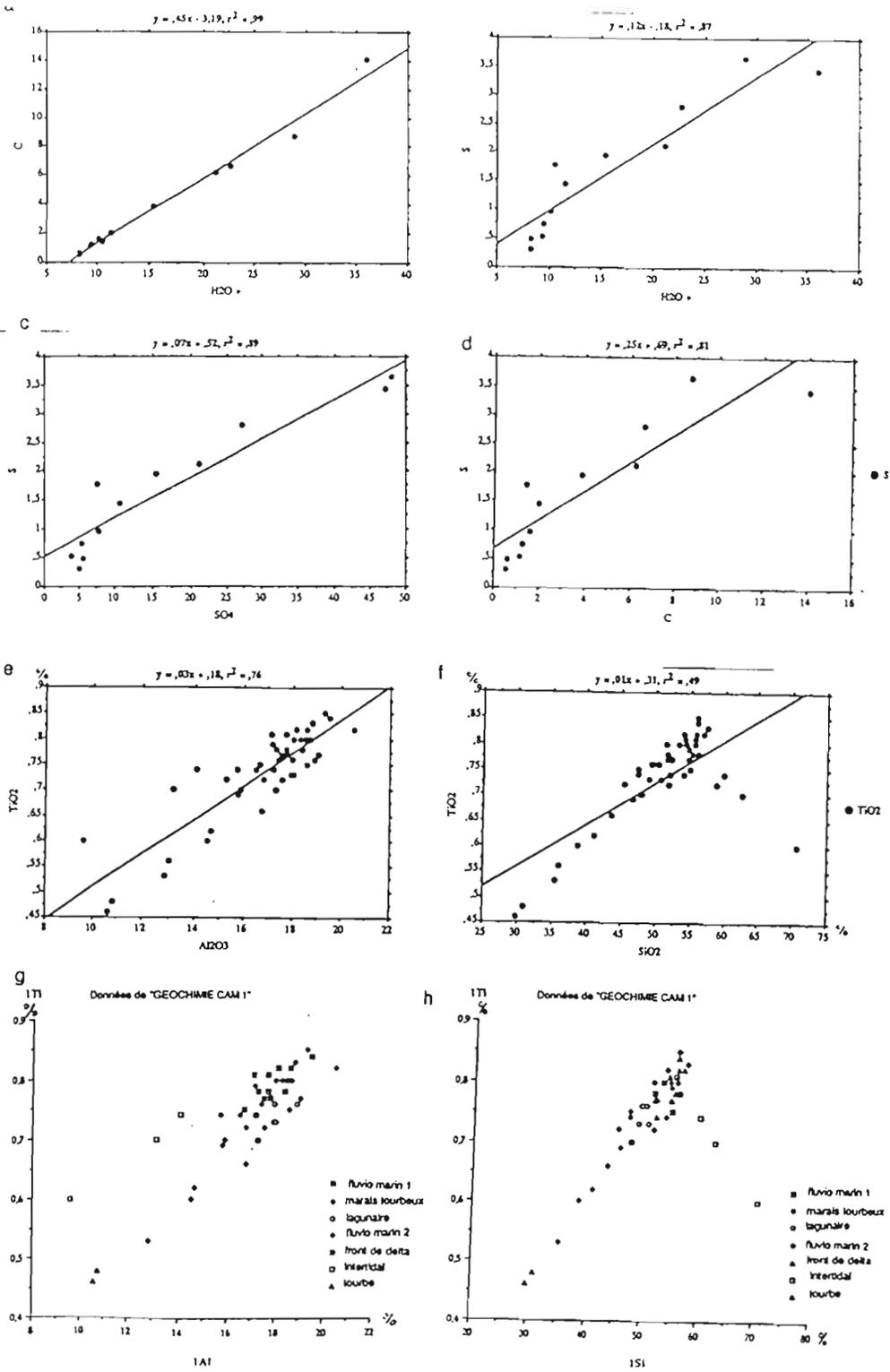


fig. 4

GEOCHIMIE

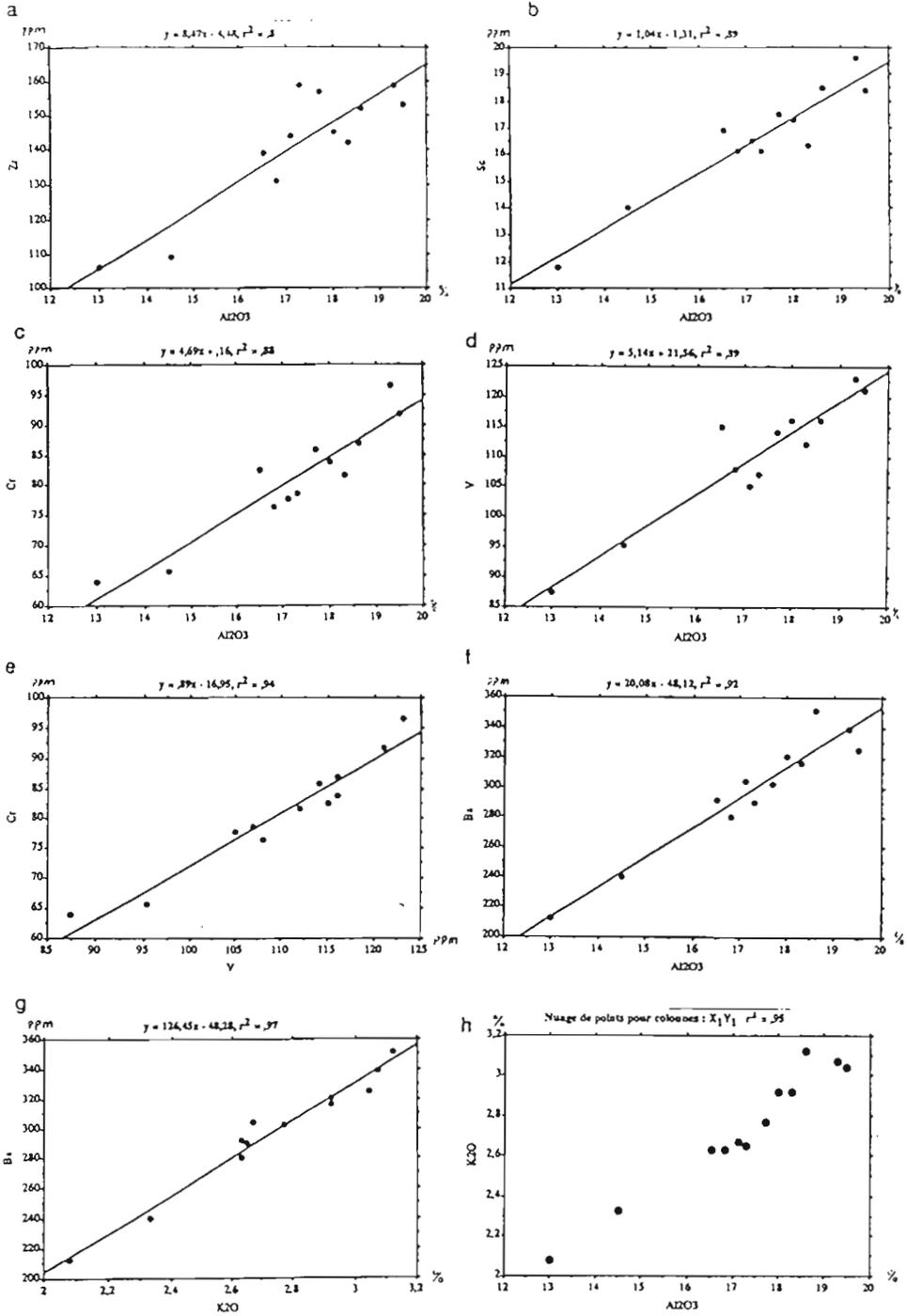


fig. 5

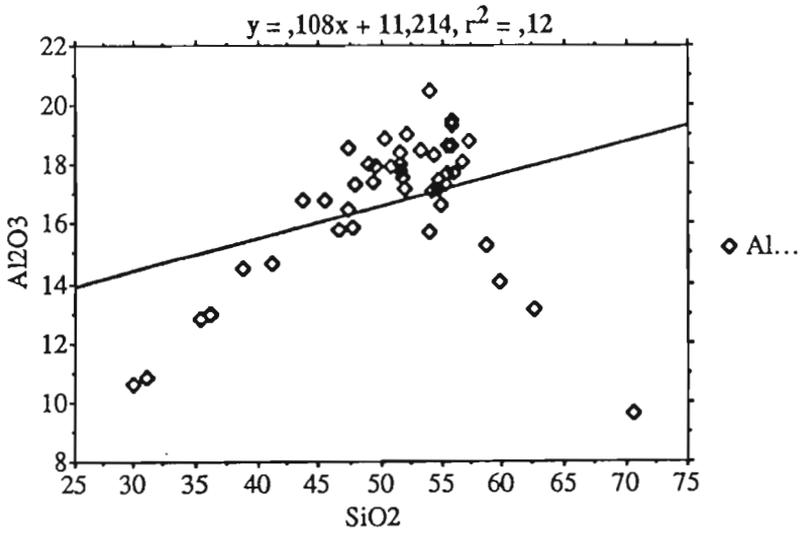
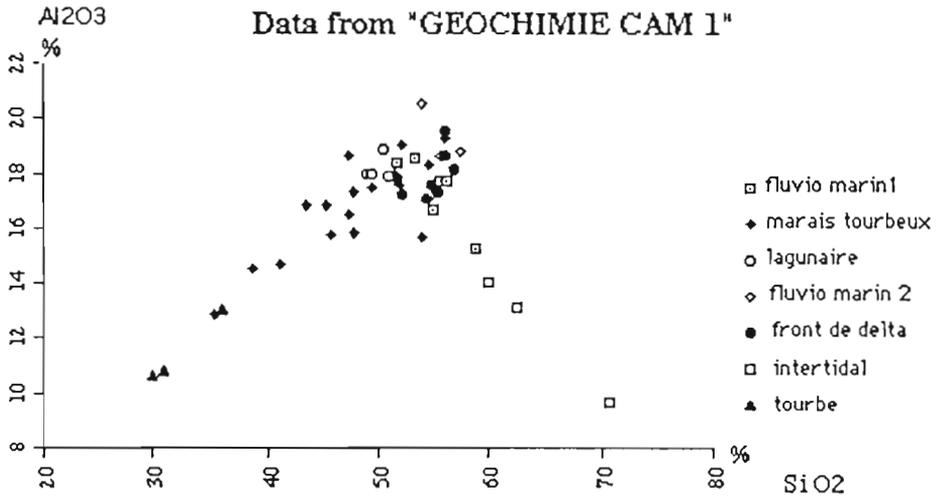


fig. 6

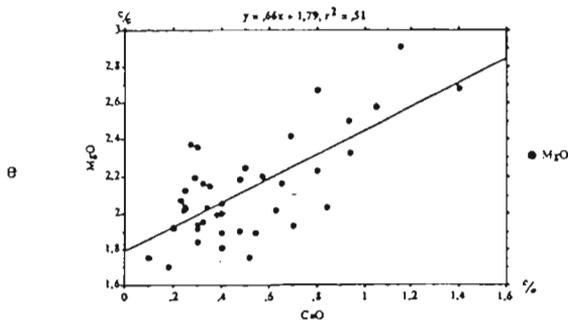
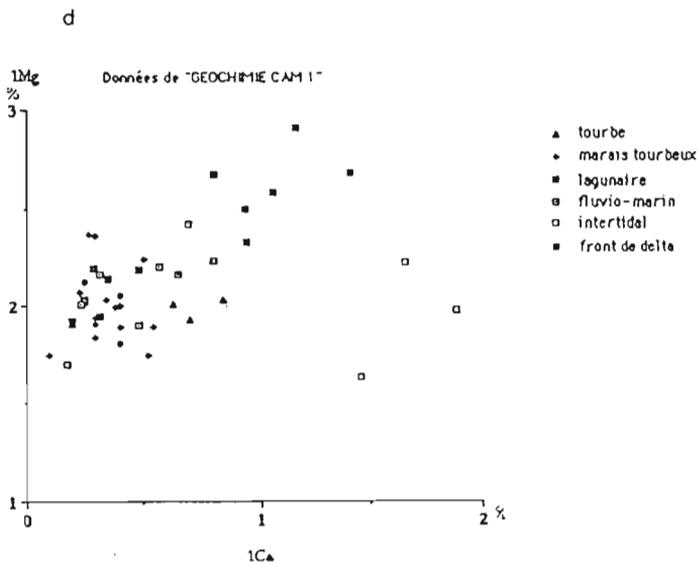
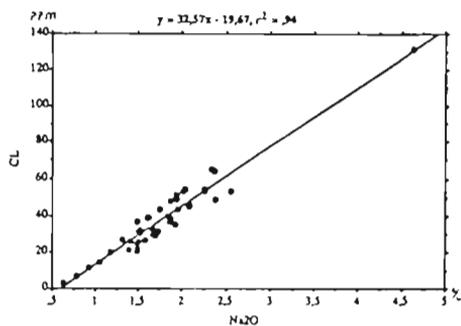
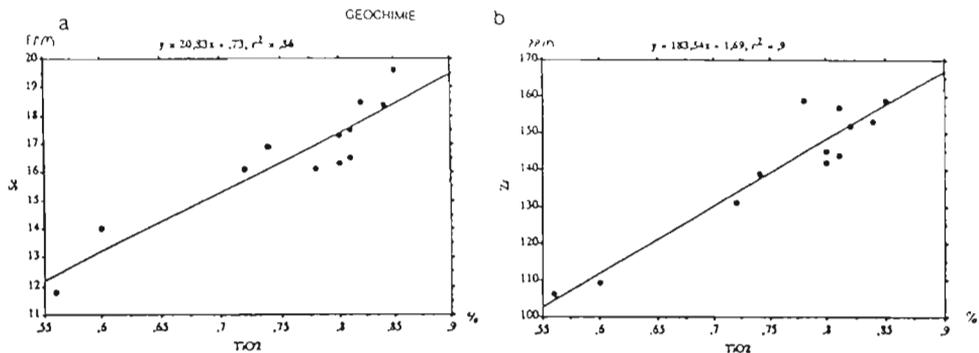


fig. 7

Geochemie - CAMAU

Echantillon	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	CaO %	MgO %	Na2O %	K2O %	TiO2 %	P2O5 %	Mn ppm	H2O+ %	H2O- %	SO4-- mg/100g	Cl- mg/100g
Cam 522	46,84	15,77	8,26	0,4	2	1,93	1,76	0,89	0,08	232	18,12	3,64	23,66	46,87
Cam 523	49,49	17,96	6,4	0,29	2,19	1,62	1,89	0,78	0,08	310	12,17	3,04	14,65	39,15
Cam 524	32	17,2	6,36	1,05	2,58	1,75	1,89	0,74	0,16	1084	10,84	4,54	7,36	43,96
Cam 525	51,59	17,79	6,57	1,15	2,91	1,67	1,85	0,77	0,11	1317	10,35	4,28	5,44	48,48
Cam211	41,01	14,63	3,44	0,54	1,89	2,07	1,83	0,62	0,11	155	26,45	5,63	15,31	45,44
Cam 212	53,93	15,69	6,12	0,34	2,03	1,66	1,8	0,74	0,16	387	12,44	3,16	14,84	33,24
Cam 214	70,61	9,61	4,77	1,45	1,63	1,49	1,35	0,6	0,12	852	6,12	1,43	3,22	20,56
Cam 581	54,88	17,16	6,31	0,24	2,01	1,42	2,06	0,79	0,28	882	8,7	4,1	2,78	25,65
Cam 582	49,35	17,44	6,04	0,3	1,91	1,32	1,92	0,76	0,16	310	13,95	8,01	11,22	24,71
Cam 583	34,84	17,52	6,71	0,48	2,16	1,16	2,1	0,77	0,12	929	9,38	3,78	2,72	19,62

Sels solubles CAMAU- 2

echantillon	pH	EC	mS/cm	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ++	Mg ++	K +	Na +	T. anion
				meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g
cam111	4,92	4,87	33,72	9,419	1,45	5,896				43,14
cam112	4,28	5,8	29,671	21,333	3,52	12,99		1,65	38,47	51,004
cam113	4,8	5,53	31,107	15,525	2,65	10,74		1,88	38,34	46,632
cam121	6,33	2,57	19,182	4,501	0,367	1,875		0,657	20,282	23,683
cam122	6,16	3,67	24,961	9,174	0,878	4,013		1,1	28,305	34,135
cam123	7,24	4,47	31,096	7,542	1,662	4,54		1,22	33,82	38,637
cam131	7,39	4,13	28,855	8,331	2,031	5,082		1,109	29,784	37,186
cam132	8,9	4,6	27,357	13,205	3,066	7,624		1,274	31,69	40,562
cam133	7,63	5,08	36,015	6,382	1,62	5,25		1,296	38,3	42,397
cam141	4,79	5,08	27,653	16,886	3,05	11,02		1,44	34,82	44,539
cam142	4,55	5,73	33,294	24,44	3,63	13,487		1,66	39,045	57,734
cam143	4,44	5,86	37,033	19,634	2,884	12,039		1,862	39,567	58,667
cam151	7,18	2,96	20,55	3,063	0,283	1,505		0,615	21,936	23,613
cam152	6,83	3,66	25,534	6,81	0,689	3,059		1,077	27,827	32,144
cam153	5,75	5,6	34,649	15,825	2,056	9,902		1,6	38,95	50,474
cam154	4,77	4,61	28,799	10,82	1,25	5,65		1,3	33,26	39,619
cam155	4,8	5,84	32,148	18,619	3,15	12,78		1,72	39,3	50,767
cam161	7,37	3,5	24,508	4,144	0,94	2,71		0,93	26,37	28,652
cam162	7,5	1,55	36,804	5,468	1,26	3,94		1,37	38,87	42,272
cam163	7,32	6,2	45,828	6,053	1,81	7,02		1,57	44,61	51,881
cam164	7,48	7,28	53,494	8,482	2,85	9,6		1,77	52,39	61,956
cam171	7,12	2,8	18,719	4,043	0,586	1,981		0,621	20,109	22,762
cam172	6,59	5,12	32,676	8,961	1,52	6,044		1,45	34,914	41,637
cam173	7,39	5,39	39,303	4,006	1,177	4,498		1,383	38,349	43,309
cam174	6,98	5,28	35,246	7,509	2,09	6,151		1,38	36,13	42,755
cam181	7,37	2,9	17,502	6,591	1,501	3,42		0,98	20,522	24,093
cam182	7,18	3,23	22,488	4,64	1,09	3,281		1,032	23,261	27,128
cam183	7,44	3,5	24,058	3,901	1,037	3,116		1,081	25,218	27,959
cam191	7,22	3,23	21,417	3,662	1,13	3,07		0,92	23,04	25,079
cam192	7,35	3,64	26,308	3,406	0,928	2,82		1,04	26,87	29,714
cam201	7,25	4,85	34,212	6,887	2,36	6,66		1,35	34,65	41,099
cam202	7,01	4,38	31,235	5,377	1,893	4,613		1,124	30,522	36,612
cam203	7,09	3,97	28,802	3,943	1,494	4,029		1,016	27,827	32,745
cam211	6,38	6,81	45,44	15,509	2,385	10,444		1,632	47,741	60,949
cam212	4,98	5,26	33,238	14,944	2,729	9,26		1,491	34,305	48,182
cam213	6,97	3	20,262	3,464	1,01	2,69		0,92	21,71	23,716
cam214	7,29	3	20,562	3,221	2,09	3,24		0,84	21,15	23,783
cam221	6,84	3,39	23,148	4,577	0,743	2,45		0,87	25,02	27,725
cam222	6,89	3,58	22,015	7,118	1,43	4,39		1,15	26,19	29,133

Sais solubles CAMAL- 2

cam223	7,28	2,83	17,814	4,014	1,4	2,94	0,86	19,56	21,828
cam421	3,82	9,805	64,821	48,561	9,92	33,06	2,092	67,285	113,182
cam422	3,66	6,515	31,052	26,468	4,441	16,761	0,962	34,645	66,52
cam423	6,7	6,148	36,364	13,106	4,886	8,783	1,445	35,584	48,469
cam461	4,91	5,16	36,343	17,777	2,894	15,149	1,555	35,862	54,12
cam462	4,16	6,925	39,401	31,42	5,74	19,98	1,97	45,04	70,821
cam463	4,08	5,76	32,279	27,104	6,123	15,971	1,594	35,862	59,383
cam471	5,92	2,721	19,939	3,762	0,319	1,6	0,785	20,892	23,701
cam472	5,26	5,148	34,565	14,071	2,171	8,273	1,724	36,662	48,636
cam473	6,36	5,393	40,784	8,901	2,884	6,234	1,56	40,871	49,665
cam481	5,92	3,983	31,378	4,671	0,676	3,059	0,939	31,827	36,049
cam482	5,15	6,521	51,033	13,695	2,71	10,978	1,906	49,045	64,728
cam483	5,99	7,011	54,333	12,062	2,834	10,625	2,034	52,785	66,395
cam491	6,32	3,922	30,755	3,485	0,709	2,952	0,798	30,679	34,24
cam493	5,55	7,231	53,682	17,066	3,802	13,602	1,921	53,741	70,748
cam501	5,97	3,309	25,013	3,593	0,421	2,319	0,773	25,114	28,606
cam502	5,55	4,044	26,189	10,975	1,467	5,971	1,154	30,297	37,164
cam503	3,78	7,109	43,745	26,396	5,14	18,126	1,883	47,263	70,141
cam504	6,61	5,822	40,956	17,561	4,601	11,76	1,829	41,115	58,517
cam511	5,91	1,226	6,621	2,879	0,128	0,391	0,235	8,974	9,5
cam512	6,08	2,169	16,608	3,48	0,414	1,271	0,427	17,305	20,088
cam513	6,48	3,922	29,939	6,103	2,031	4,301	1,091	29,323	36,042
cam521	5,64	7,538	64,854	12,053	2,516	11,053	1,811	57,176	76,907
cam522	4,08	7,231	46,867	23,659	4,626	17,813	2,069	47,898	72,526
cam523	4,86	5,515	39,154	14,65	2,695	10,214	1,875	38,088	53,804
cam524	6,59	5,515	43,958	7,362	2,44	6,275	1,622	41,423	51,32
cam525	6,71	5,761	48,48	5,439	2,086	5,773	1,632	44,002	53,919
cam581	6,34	3,186	25,645	2,788	0,452	1,916	1,507	24,501	28,433
cam582	5,97	3,983	26,712	11,219	1,732	6,078	1,328	28,592	37,931
cam583	6,89	2,623	19,815	2,722	0,579	1,39	0,842	20,631	22,538
cam401	5,19	1,164	7,135	2,184	0,321	1,118	0,187	8,261	9,319
cam402	6,04	0,674	3,117	1,299	0,08	0,25	0,11	5,11	4,416
cam403	6,92	1,054	7,234	2,346	0,204	0,477	0,161	8,56	9,58
cam404	6,86	1,693	11,255	1,896	0,439	1,007	0,251	12,574	13,151
cam406	6,9	2,206	14,849	3,497	0,934	2,364	0,527	16,357	18,346
cam411	6,38	0,882	6,155	1,299	0,077	0,243	0,141	7,044	7,464
cam412	6,88	2,39	14,915	4,198	1,23	2,722	0,686	17,231	19,113
CAM 011	3,63	5,76	35,107	21,038	5,285	14,933	1,41	36,65	56,146
cam 012	4,75	4,147	26,869	7,762	1,42	4,9	1	27,913	34,632

CARTE MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUE

DU DISTRICT DE NGỌC HIỂN

Lê Xuân Thuyên (1)

I. LE MILIEU NATUREL

1. Situation:

La mangrove de Cà Mau est située à environ 150 Km au Sud du bras principal du delta du Mékong, entre 8°34' et 8°53' de latitude nord et 104°43' et 105°43' de longitude est. Elle est bordée par la mer de Chine au nord-est et au sud, par le golfe de Thaïlande à l'ouest.

Le cap de Cà Mau a été construit au cours du dernier millénaire, vraisemblablement après la formation de la dépression U Minh, située au Nord et qui est datée 902±64 BP (Hoàng Ngọc Kỳ, 1991)

2. Climat:

La température est assez régulière avec une moyenne mensuelle de 26-28°C, la pluviométrie totale annuelle pour les périodes 1930-1944 et 1957-1979 est de 2383mm à Cà Mau et de 2265mm à Năm Căn. Le climat se caractérise par deux saisons contrastées: la saison sèche débute vers décembre pour se terminer vers avril; la saison des pluies débute vers mai pour se terminer vers novembre.

Les régimes du vent sont différents sur les côtes de la mer de Chine et du golfe de Thaïlande par la vitesse et la direction.

Directions du vent sur les côtes de la mer de Chine et du golfe de Thaïlande

mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Golfe de Thaïlande	E	SE	SE	SE	SE	W	W	W	SW	NE	E	ENE
Mer de Chine	NE	NE	E	SE	SE	SW	SW	SW	SW	NW	ENE	NE

	<i>Mer de Chine</i>	<i>Golfe de Thaïlande</i>
Vitesse moyenne du:		
vent NE	4.4 m/s	3.6 m/s
vent SW	3.5 m/s	3.4 m/s

(1) Ingénieur de Recherche, Filiale de l'Institut des Sciences du Vietnam à Ho Chi Minh ville, collaborateur de l'IRDDM

3. Hydrologie:

Les régimes hydrologiques sur les deux zones côtières sont différents. Sur la côte est, la marée est semi-diurne avec une amplitude de l'ordre 3m. Sur la côte ouest, la marée est diurne avec une amplitude de l'ordre 1m. La région est entaillée par deux grands chenaux de marée (sông Bảy Háp et Cửa Lớn). Les chenaux de marée de II^{ème} et III^{ème} niveau prennent des directions rectilignes à une densité élevée sur le flanc sud de la péninsule.

*Courant littoral.

Les courants littoraux jouent un rôle important dans les processus géomorphologiques, surtout, dans les processus d'accumulation et d'érosion.

a. En saison sèche où le vent est nord-est, le courant longe la côte est avec une vitesse moyenne de 40 à 90 cm/s vers l'ouest. À la pointe, il remonte vers le nord dans la zone intertidale du golfe de Thaïlande. Ce courant transporte un grand volume de suspension qui se dépose dans le golfe de Thaïlande.

b. En saison des pluies, lorsque le vent est sud-ouest, le courant se déplace en sens inverse.

* Houle.

a. Sur la côte est, les houles ont une amplitude moyenne (0.8-1.2m) et parfois de 1.5 à 3.0m. La côte est donc soumise à une érosion intense.

b. Sur la côte ouest, les houles ont une amplitude de 0.5-1.0m

4. Végétation:

Les espèces de palétuviers *Rhizophora*, *Avicennia* et *Nypa* dominent le couverture végétale. Les *Avicennia* colonisent les berges de chenaux de marée et la zone haute de la côte est. Les *Rhizophora* se disposent à l'intérieur et à la pointe de la péninsule.

II. GÉOLOGIE RÉGIONAL

La plaine de Ngọc Hiên se trouve dans la dépression extérieure du delta du Mékong. Les sédiments se sont déposés sur un seuil de roche cristallins. Dans le sondage à Năm Căn, le socle apparaît à la profondeur de 405 à 418m. Ce seuil se prolonge parallèlement à la côte du golfe de Thaïlande et plonge dans le bassin de Cà Mau à l'est (Carbonnel, 1972). Dans le sondage de Phụng Hiệp à l'est, il se trouve à une profondeur de 800m.

Dans le sondage de Năm Căn, on observe, de bas en haut, les formations suivantes:

- Le Miocène (N^3_1) à faciès continental formé d'argiles (Kaolinite), de sables et de gravillons sur une épaisseur de 35m.

- Le Pliocène (N^2) à faciès littoral est représenté par des sables, limon-sableux passant sans transition à une argilo-limoneuse. L'épaisseur de cette formation est de 115m.

- Le quaternaire atteint une épaisseur de 250m. Pendant cette période, il y a eu deux grandes régressions au début du Pléistocène inférieur Q^1_I et à la fin du Pléistocène supérieur-début du Holocène inférieur $Q^3_{III}-Q_{IV}$. Elles sont marquées par deux surfaces d'érosion et d'alteration (argile brune à taches rouilles fer-rugineuses et laterite). À l'alternance des deux surfaces érodées, dans la région s'accumulaient des sédiments argilo-limoneux, sablo-limoneux de faciès littoral de transgression avec des foraminifères. Ces transgressions ont occupé presque toute la surface actuelle du delta et passaient à la fin du Pléistocène inférieur Q^{2-3}_I , au milieu du Pléistocène supérieur Q^2_{III} , au Flandrien (Phạm Thế Hiện, 1991; Hoàng Ngọc Kỳ, 1991). Hoàng Ngọc Kỳ a remarqué encore une transgression mineure U Minh existé depuis Holocène supérieur Q^3_{IV} (Hoàng Ngọc Kỳ, 1991).

À Năm Căn, l'épaisseur des sédiments holocènes est de 40m pour 10.000 BP.

III. LES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Dans les études géologiques sur des deltas, plusieurs auteurs ont utilisé la méthode morpho-sédimentologique (H.E.Reineck, H.G.Reading, G.P.Allen...)

Le delta du Mékong a été étudié depuis longtemps par les auteurs: E.Saurin, Hồ Mãn Trung, Fisher, Trần Kim Thạch, Hồ văn Chin et Võ Đình Ngô)

1. Méthodologie:

1.1. Sur le terrain

Les formations superficielles de la mangrove de Ngọc Hiến ont été étudiées par des sondages de 2 à 5 m de profondeur. Pour chaque horizon, on décrit la structure, la densité, la couleur, la nature de la matière organique, la granulométrie et le degré de la fer-ruginisation. Après cette caractérisation, les sédiments sont séchés à l'air.

1.2. En laboratoire

En laboratoire nous avons procédé aux analyses suivantes:

- Analyse granulométrique sur échantillon total après destruction de la matière organique. La granulométrie de la fraction inférieur à 50μ a été faite au microgranulomètre Sedigraph et celle des sables par tamisage à sec à l'ORSTOM.

- Analyse des éléments majeurs et traces par spectrométrie d'absorption atomique à l'ORSTOM.

- Analyse des minéraux primaires des sols et des minéraux argileux par diffraction X à l'ORSTOM.

- Observation des éléments de fraction sableuse au MEB à l'ORSTOM.

- Analyse des microfaunes (foraminifères) au CNRS du Vietnam.

- Utilisation des photos aériennes et des images de Soyuz et SPOT pour la cartographie des différentes unités sédimentaires.

2. Milieu de sédimentation:

2.1. Granulométrie:

Les analyses nous montrent que les sédiments sont surtout représentés par la fraction fine. Les indices d'évolution N (Rivière, 1977) qui caractérisent la compétence du milieu sont soit proche de zéro, ce qui correspond à des dépôts deltaïques proches du niveau de base, soit négatifs. Ces derniers caractérisent les sédiments déposés dans des zones calmes (lagunes, marais). Dans le golfe de Thaïlande, les valeurs de N sont positives et montrent que les sédiments ont subi une dynamique plus forte

2.2. Microfaunes:

Dans la mangrove de Ngọc Hiến, les foraminifères sont présents, ce sont des associations de milieu marin désalé (Nguyễn Ngọc, 1988)

2.3. Datation par le carbone 14 (C14)

Une datation C14 des débris végétaux prélevés à la profondeur de 0.65m à Năm Căn est de 590 ± 150 BP. Cette date est plus récente que celle des débris végétaux situés à la profondeur de 1 à 3m dans les dépôts transgressifs de la dépression de U Minh située au nord (902 ± 64 BP, 906 ± 72 BP, 1080 ± 60 BP) (Hoàng Ngọc Kỳ, 1991). De plus, dans des sondages implantés auprès des chenaux de marée de Đầm Chim, Đầm Dơi au nord-est, la vase de la mangrove en discordance sur l'argile à tâches ferrugineuses qui affleure en surface plus loin au nord dans la plaine deltaïque tidale. L'argile deltaïque tidale surmonte la vase marécageuse de la transgression de U Minh (Hồ Văn Chín et Võ Đình Ngô, 1989).

2.4. Lithologie:

Les coupes implantées dans la mangrove nous montrent de bas en haut des horizons suivants:

- Vase argilo-limoneuse du front de delta de couleur beige

avec des lentilles de sable fin à la base.

- Vase argileuse lagunaire olivâtre plastique épaisse d'environ 0.5m, à odeur de H_2S . Sa disposition est discontinue. Dans ce niveau, on trouve fréquemment des concrétions magnésiennes de couleur gris clair et ce qui différencie de celle du sédiment encaissent par leur chimisme (augmentation de CaO , MgO , P_2O_5 , MnO)

- Vase argileuse gris foncé des marais maritimes, riche en matière organique, sur une épaisseur de 1.5 à 2.0m, à odeur de H_2S . Le soufre total varie de 2 à 3%. Par endroit, il existe des couches de tourbe de 0.5 à 1.0m d'épaisseur.

- Argile fluviomarine assez compacte épaisse de 0.5 à 1.0m, à taches ferrugineuses brun foncé

Dans la zone intertidale, une vase argilo-limonieuse fluide se dépose sur la vase du front de delta.

3. Les grandes formes géomorphologiques

Dans la zone d'étude on observe quatre zones principales:

3.1. *Une zone plate à l'altitude de 2 à 3m en limite de la plaine deltaïque supratidale au nord de la zone d'étude.* Elle n'est recouverte qu'aux grandes marées. L'horizon argileux superficiel est altéré avec des taches ferrugineuses. Les sols sont bien développés sur ce relief déjà ancien.

3.2. *Une zone de base centrale à l'altitude de 1 à 2m et inondée régulièrement par la marée.* Les dépôts fins de couleur gris foncé, se forment par décantation et sont très riches en matière organique. Cette zone est entaillée par deux grands chenaux de marée, le Cửa Lón et le Báy Háp et des chenaux de II^{mo}, III^{mo} niveau qui leur sont perpendiculaire. Ces chenaux de II^{mo} et III^{mo} niveaux prennent des directions rectilignes et parallèles vers le sud, où leur densité augmente, probablement, en raison du régime des marées.

3.3. *Une zone côtière haute en mer de Chine.* C'est une bande de 1 à 2Km de large de 3m de haut environ, parallèle à la côte et dont la pente est redressée vers la mer et plus douce vers l'intérieur. Cette zone n'est recouverte qu'à marée haute. Les dépôts de couleur beige à brun, plus indurés que dans les zones précédentes, contiennent moins de matière organique et on observe, vers 30 à 50cm de profondeur, de petites concrétions ferrugineuses qui s'écrasent sous les doigts. Les *Avicennia* dominent sur cette zone. La partie nord-est de la côte est soumise à une érosion rapide.

3.4. *Une zone côtière dans le golfe de Thaïlande à une altitude inférieure à 1m.* C'est une côte de progradation avec un vaste domaine intertidal. La terre progresse très rapidement près des embouchures des chenaux de Cửa Lón et Rạch Tàu. Toute cette zone est recouverte par une vaste vase fluide argilo-limonieuse. La partie supérieure est colonisée par les jeunes *Avicennia*

IV. RÉPARTITION DES FACIÈS MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUES

La répartition des faciès morpho-sédimentologiques suit celle des quatre zones géomorphologiques. Ces faciès sont les suivants:

1. *Plaine deltaïque supratidale:*

Elle correspond à l'argile fluvio-marine de couleur gris brun clair à taches ferrugineuses qui est située au nord de la zone d'étude. Son altitude est de 2 à 3m et elle n'est inondée qu'aux grandes marées. Le sédiment se caractérise par une diminution des indices Rivière N et des valeurs de grain moyen de base en haut.

2. *Marais maritimes:*

Ils sont situés dans la zone de base centrale à une altitude de 1 à 2m. La mangrove recouvre la plus grande partie de ce faciès. Les dépôts argileux, de couleur gris foncé sont très riches en matière organique (fibre de *Rhizophora*) et se forment par décantation. Leur épaisseur varie de 1.5 à 2.0m. Les indices d'évolution N (Rivière, 1977) sont négatives et proches de zéro. Dans la partie du Sud, où les chenaux de marée sont arrêtés en amont, et où les apports de sédiment diminuent, se forment souvent des couches de tourbe de 0.5 à 1.0m d'épaisseur. Ces dépôts, sur lesquels se développent des sols sulfatés acides, se caractérisent par une teneur de soufre élevée (la valeur du soufre total est de 2.0 à 3.5%)

3. *Cordon ancien*

Il est affleure dans la zone de base centrale près de Trại Lưỡi Cù (à l'ouest) et Gò Chù (à l'est). Son faciès est caractérisé par une argile de couleur beige clair, assez plastique à taches ferrugineuses sur une épaisseur de 0.5 à 1.0m. La granulométrie passe graduellement d'une argile à une argile limoneuse de haut en base dans la vase de delta-front.

Le relief y est un peu élevé par rapport à celui de la zone de marais maritimes. Les cordons anciens se sont formés, probablement, sous l'influence de la marée et des courants littoraux le long d'une ancienne ligne de rivage.

4. *Levées naturelles:*

Elles sont situées sur la zone côtière de la mer de Chine, de l'embouchure de Rạch Gốc à la pointe sud et s'élargissent le long des berges à l'embouchure du Bó Đé et sur les berges des chenaux de marée. C'est un horizon argileux à taches ferrugineuses d'une épaisseur de 0.5 à 1.0m et qui repose sur la vase de marais maritimes.

Les indices d'évolution N dans les profils augmentent vers les horizons superficiels. Il montre une compétence du milieu de transport de plus en plus active.

La formation de cet horizon peut s'expliquer par la grande amplitude de la marée et de la houle dans la mer de Chine. Entre l'embouchure de Bô Đẽ et Rạch Gốc, la côte de la mer de Chine est érodée rapidement. Le matériel d'érosion, dont une partie se dépose vers l'intérieur de la côte sous l'influence de la marée haute et de la houle. Tandis qu'une autre partie est transportée par les courants littoraux et le chenal de Cửa Lớn vers la côte du golfe de Thaïlande. Ainsi, la levée naturelle se forme sur la berge des chenaux de marée et sur la côte sud. L'épaisseur et la largeur de cette formation diminuent du sud-est vers l'ouest.

Les résultats des analyses de foraminifères sur les échantillons de sondage CAM.63 et des sondages implantés sur la zone nord-est du chenal de Đãm Chim du chenal de Gành Hào, présentent des associations de foraminifères indiquant une grande influence de la marée (Bùi Thị Luận, 1993).

5. *Slikke intertidale haute:*

Elle est située sur la zone côtière du golfe de Thaïlande à une altitude inférieure à 1m. Elle est composée d'une argile limoneuse à faciès littoral recouverte d'une vase fluide à épaisse de 10 à 20cm. Les indices d'évolution N sont positives (se varient de 0.16 à 0.00) et diminuent vers l'horizon superficiel. La granulométrie passe de bas en haut d'un limon argileux à une argile lomoneuse. Cela indique une compétence diminuée de transport du milieu pendant le développement de cette zone, dont la vitesse moyenne de progradation est de plusieurs dizaines de mètres par an. Cette zone est colonisée par des jeunes *Avicennia*.

6. *Slikke intertidale basse:*

Elle fait suite à la slikke intertidale haute. Elle est recouverte d'une couche de vase argilo-limoneuse fluide d'une épaisseur d'environ 1m.

Cette zone n'est découverte qu'à marée basse.

7. *Barres tidales:*

Ces barres se forment à l'embouchure du chenal de Cửa Lớn. Leur profil est identique à ceux de la slikke intertidale. Mais ici, les foraminifères sont moins abondants (Phan Nguyễn Hồng, 1992). Les barres tidales se forment, probablement, par l'action de la marée et des courants sur la suspension transportée par chenal de marée de Cửa Lớn.

8. *Levées anthropiques:*

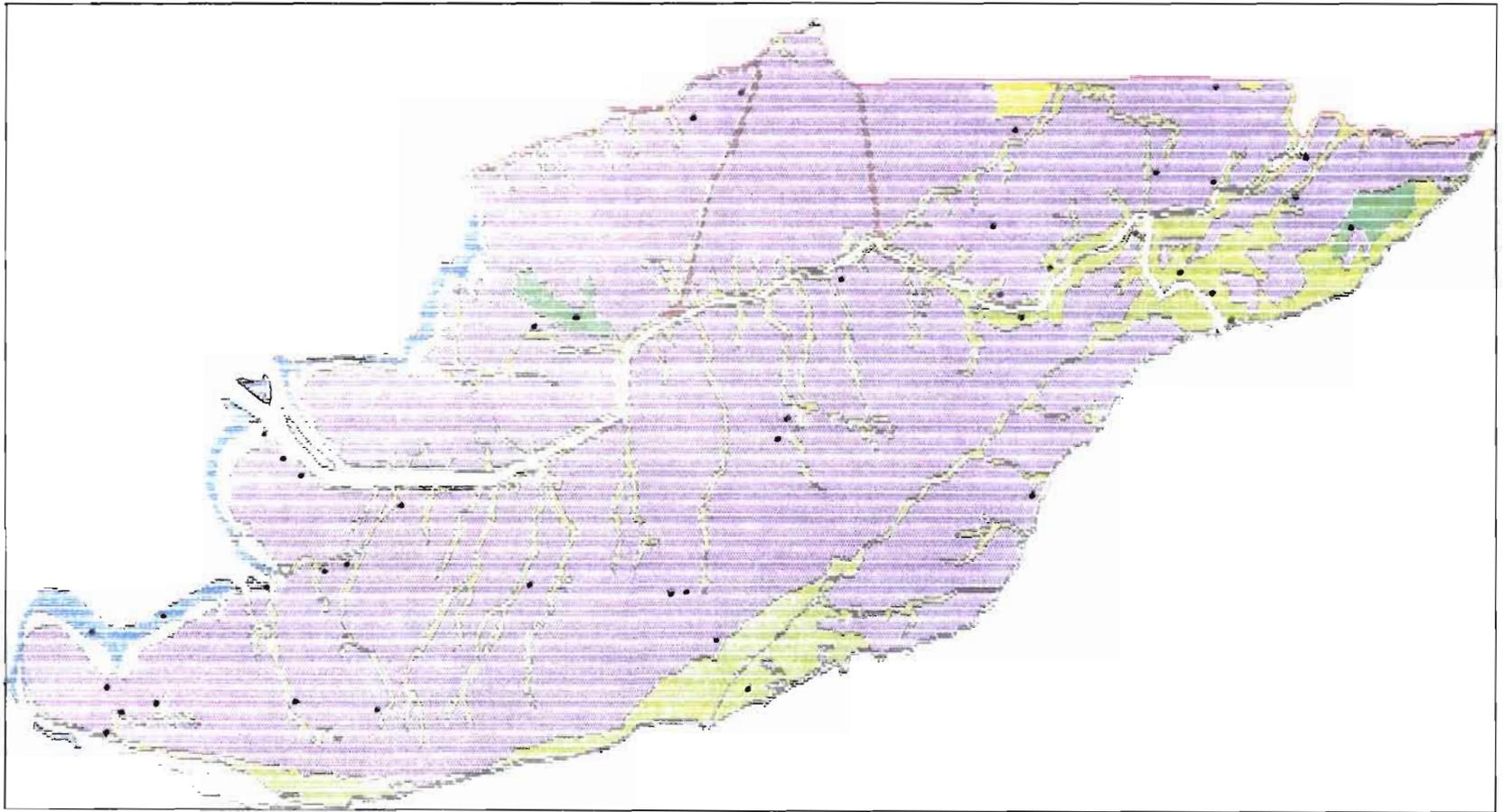
Ce sont des digues édifiées au bord des canaux.

V. CONCLUSION

La mangrove du district de Ngoc Hiên est bordée par deux mer (mer de Chine et golfe de Thaïlande) dont les régimes hydrologiques sont très différents. Pour cette raison, la zone côtière de la mer de Chine est soumise à une érosion rapide alors que la zone côtière du golfe de Thaïlande prograde très rapidement. Les processus géomorphologiques et sédimentologiques continuent à évoluer après le dépôt. Par ailleurs, les actions humaines comme le défrichement de la mangrove, la construction des barrages, des bassins à crevettes et des canaux peuvent modifier ces processus, notamment en accélérant l'érosion

RÉFÉRENCES

1. G.P.Allen, D.Laurier et J.Thouvenin - *Étude sédimentologique du delta de Mahakam* - 1972.
2. G.P.Allen - *Les deltas et les bassins deltaïques - Dynamique et méthodes d'étude des bassins sédimentaires* - 1989.
3. E.J.Anthony, C.Marius - *Géomorphologie, sédiments et sols de la baie de Sherbro* - Cahier-ORSTOM, sér.pédol vol XXI, 1984-1985.
4. J.P. Carbonnel - *Le quaternaire cambogien : structure et stratigraphie* - Mémoires ORSTOM. 1972.
5. Hồ văn Chin, Võ Đình Ngộ - *La carte des sédiments de quaternaire de la péninsule de Cà Mau. Échelle de 1/50.000* - Programme scientifique d'État 60B, 1989.
6. Hoàng Ngọc Kỳ - *Stratigraphic correlating quaternary deposits of transgression and regression in Vietnam and adjacent countries* - 1991.
7. C.Marius - *Rapports de mission sur la mangrove de Cà Mau* - 1990 - 1991.
8. Phạm Thế Hiện, Nguyễn Ngọc Hoa, Lê văn Lon - *La paléogéographie pendant le Quaternaire dans le delta du Mékong* - 1991
9. H.G.Reading - *Sedimentary environments and facies* - 1978
10. H.E.Reineck, I.B.Singh - *Depositional sedimentary environments* - 1973
11. A.Rivière - *Méthode granulométrique. Technique et interprétation* - 1977.
12. Trần Kim Thạch - *La carte de la morpho-pédologie du delta du Mékong. Échelle de 1/500.000* - Programme scientifique d'État 60B, 1986



BẢN ĐỒ ĐỊA MẠO TRẦM TÍCH HUYỆN NGỌC HIỂN, TỈNH MINH HẢI
TÁC GIẢ: LÊ XUÂN THUYỀN

CARTE MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUE DU DISTRICT DE NGỌC HIỂN, PROVINCE DE MINH HẢI
AUTEUR: LÊ XUÂN THUYỀN

CHÚ DẪN - LEGENDES



BÃI TRIỀU THẤP - Slikke intertidale basse.



BÃI TRIỀU CAO - Slikke intertidale haute.



ĐÊ TỰ NHIÊN - Levée naturelle.



ĐÀM LẦY MẶN - Marais maritime.



CÒN BÃI CỎ - Cordon ancien.



ĐỒNG BÀNG CHÂU THỐ NGẬP TRIỀU - Plaine deltaïque supratidale.



ĐẤT ĐÁP - Levée anthropique.



CÒN BÃI TRIỀU - Barre tidale.



SỐ LỖ KHOAN - Numéro de la carotte.

CARTE MORPHO-PÉDOLOGIQUE DU DISTRICT DE NGỌC HIỂN

Bùi Đắc Tuấn (1)

Lê Xuân Thuyên (2)

I. MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE.

1. Ouvrages de références.

- Carte pédologique du district de Ngọc Hiến, échelle 1/50.000 (Nguyễn Văn Nhân et col., 1991).

- Carte pédologique de la province de Minh Hải, échelle 1/100.000 (Nguyễn Bảo Vệ et col., 1986).

- Carte morpho-sédimentologique du district de Ngọc Hiến, échelle 1/50.000 (Lê Xuân Thuyên et col., 1993).

- Carte de l'occupation des sols des mangroves de Ngọc Hiến, échelle 1/50.000 (Bùi Đắc Tuấn et Nadine Dessay, 1993).

- Photos aériennes 1992 et l'imagerie SPOT 1991 de la région du district de Ngọc Hiến.

2. Vérifications de terrain.

Nous avons fait 6 tournées de vérification sur le terrain:

- En novembre 1991.
- En mars, Avril, Septembre, Novembre 1992.
- Et en janvier 1993.

Quelques échantillons des sols ont été analysés à ORSTOM Bondy par Lê Xuân Thuyên.

3. Méthodologie.

Dans la région de Ngọc Hiến, les processus de sédimentation se développent de manière intensive et les processus de formation des sols sont à leur début. Les sols sont peu développés, et les horizons présentent des caractéristiques des sédiments.

De plus, les caractéristiques géo-morphologiques de cette région sont très importantes pour déterminer la manière d'utiliser ces sols, car à chaque unité géo-morphologique, il correspond une unité sédimentologique.

Pour ces raisons, nous avons établi la carte morpho-pédologique du district de Ngọc Hiến (échelle 1/50.000) selon le principe suivant:

(1) *I.R.D.D.M.*

(2) *Filiale de l'Institut des Science du Vietnam à Ho Chi Minh ville; collaborateur de l'I.R.D.D.M.*

- La carte est basée sur les unités morpho-sédimentologiques.

- Nous classons les sous-groupes des sols et ses phases d'après chaque unité morpho-sédimentologique.

II. LES SOUS-GROUPES DES SOLS ET SES PHASES.

1. *Plaine deltaïque tidale.*

1.1. *Salic Pale Sulfic Tropaquents.*

(Sols peu évolués tropicaux potentiellement sulfatés acides, salés, la couche de Pyrite existe en profondeur.

Sp2M).

-Surface: 540 ha (0.4%).

-Distribution spatiale: au Nord du district.

-Utilisation actuelle : bassins à crevettes.

2. *Levée naturelle.*

2.1. *Salic Typic Fluvaquents*

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est inférieure à 50cm.

(Sols peu évolués alluviaux, salés

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est inférieure à 50cm.

Mm1).

-Surface: 280 ha (0.2%).

-Distribution spatiale: le long de la côte orientale.

-Utilisation actuelle : forêt mélangée d'*Avicennia-Exoecaria* peu denses.

2.2. *Salic Typic Fluvaquents*

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est supérieure à 50cm.

(Sols peu évolués alluviaux, salés

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est supérieure à 50cm.

Mm2).

-Surface: 6980 ha (5.5%).

-Distribution spatiale: le long de la côte orientale.

-Utilisation actuelle : forêt mélangée d'*Avicennia-Exoecaria* ou *Avicennia-Rhizophora*, de assez denses à denses.

2.3. *Salic Sulfic Fluvaquents*

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est supérieure à 50cm.

(Sols peu évolués alluviaux potentiellement sulfatés acides, salés

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est supérieure à 50cm.

Sp2Mm2).

- Surface: 10420 ha (8.2%).
- Distribution spatiale: le long des chenaux.
- Utilisation actuelle : forêt mélangée d'*Avicennia-Bruguiera* ou *Avicennia-Rhizophora*.
bassins à crevettes.

3. Cordon ancien.

3.1. *Salic Sulfic Fluvaquents*

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est inférieure à 50cm.

(Sols peu évolués alluviaux potentiellement sulfatés acides, salés

phase: l'épaisseur de la couche supérieure est inférieure à 50cm.

Sp2Mml).

- Surface: 1330 ha (1.0%).
- Distribution spatiale: le long des rivières de Trai Luoi Cũ et Gò Chũa.
- Utilisation actuelle : bassins à crevettes.

4. Slikke intertidale haute.

4.1. *Salic Typic Hydraquents*.

(Sols peu évolués, salés typiques.

Bb).

- Surface: 2180 ha (1.7%).
- Distribution spatiale: le long de la côte en progradation à l'Ouest.
- Utilisation actuelle : bassins à crevettes.
forêt d'*Avicennia*.

5. Slikke intertidale basse.

5.1. *Salic Typic Hydraquents*.

(Sols peu évolués, salés typiques.

Bb).

- Surface: 3060 ha (2.4%).
- Distribution spatiale: le long de la côte en progradation à l'Ouest, hors d'haute intertidale slikke.
- Utilisation actuelle : le terrain est en cours de surélévation.

6. Marais maritime.

6.1. *Salic Typic Sulfaquents*.

(Sols potentiellement sulfatés acides, salés.

Sp1Mm).

- Surface: 13120 ha (10.3%).
- Distribution spatiale: à l'Ouest de la rivière Rạch Gõc.
- Utilisation actuelle : la plupart de la surface est couverte par des forêts plantés de *Rhizophora*.

6.2. *Salic Thapto-Histic Sulfaquents*
 phase: l'épaisseur de la couche de Histic
 est inférieure à 50cm.

(Sols potentiellement sulfatés acides, salés,
 tourbeux

phase: l'épaisseur de la couche tourbeuse est
 inférieure à 50cm.

Sp1Mmh1).

-Surface: 10790 ha (8.5%).

-Distribution spatiale: cap de Cà Mau et le long de la rivière
 de Dăm Chim.

-Utilisation actuelle: forêt mélangée de *Rhizophora-Avicennia*
 ou *Avicennia-Rhizophora*.
 bassins à crevettes.

6.3. *Salic Thapto-Histic Sulfaquents*
 phase: l'épaisseur de la couche de Histic
 est supérieure à 50cm.

(Sols potentiellement sulfatés acides, salés,
 tourbeux

phase: l'épaisseur de la couche tourbeuse est
 supérieure à 50cm.

Sp1Mmh2).

-Surface: 64850 ha (50.8%).

-Distribution spatiale: la plupart de la surface du marais
 maritime.

-Utilisation actuelle : bassins à crevettes.

il reste une petite zone de forêt mélangée
Rhizophora-Avicennia le long des rivières
 de Ông Trang, Ông Định.

6.4. *Salic Histic Sulfaquents*.

(Sols potentiellement sulfatés acides, salés,
 tourbeux

phase: le horizon de surface tourbeux.

Sp1Mmh3).

-Surface: 5910 ha (4.6%).

-Distribution spatiale: le long des rivières de Ông Trang, Biện
 Nhạn, Nhung Miên.

-Utilisation actuelle : *Rhizophora* presque purs.

6.5. *Salic Thapto-Histic Sulfic Fluvaquents*.

(Sols peu évolués alluviaux, potentiellement
 sulfatés acides, salés, tourbeux.

Sp2Mmh).

-Surface: 1530 ha (1.2%).

-Distribution spatiale: au Nord de la rivière de Cửa Lớn.

-Utilisation actuelle : bassins à crevettes.

6.6. *Salic Sulfihemists*.

(Sols semi-tourbeux, potentiellement sulfatés
 acides, salés.

TspM).

- Surface: 310 ha (0.2%).
- Distribution spatiale: le long des rivières de Ông Trang, Biện Nhạn, Nhung Miên.
- Utilisation actuelle: *Rhizophora* presque pures.

III. RELATIONS ENTRE LES SOUS-GROUPES DES SOLS AVEC LES UNITÉS MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUES ET LA VÉGÉTATION.

1. Relations avec les unités morpho-sédimentologiques.

Les caractéristiques de classification des sols dépendent strictement de la morphologie du sol et des processus de sédimentation: à chaque unité morpho-sédimentologique correspond des sous-groupes de sols et ses phases.

2. Relations avec la végétation.

Les relations entre les sols et la végétation s'effectuent en deux directions:

- Sur chaque unité géo-morphologique (avec de propres sous-groupes des sols et régimes hydrologiques), il existe de propres associations de végétation.

- Parallèlement, la présence de la végétation fait changer la dynamique de sédimentation. De ce fait, il participe à la formation des sols par ses débris organiques, notamment par la formation de Pyrite.

Les *Avicennia* existent souvent sur des zones dont les processus sédimentologiques sont intensives. Ses débris ne sont pas abondants et la durée de décomposition de ces débris est rapide. Par conséquent, sous les zones d'*Avicennia* existent souvent des sols salés ou sols potentiellement sulfatés acides avec une couche de Pyrite en profondeur, à plus de 50cm.

Au contraire, les *Rhizophora* poussent sur des zones dont les processus sédimentologiques ne sont pas intensives. Ces espèces laissent beaucoup de débris qui se décomposent lentement. Par conséquent sous des zones de *Rhizophora* dominants, reforment des sols potentiellement sulfatés acides avec la couche de Pyrite près de la surface, spécialement riche en matière organique. La couche de tourbe caractérise une période dont la végétation dominante était *Rhizophora*.

Nous avons donc trouvé dans la région du district de Ngoc Hiên:

- Sur les sous-groupes de Salic Fluvaquents des forêts d'*Avicennia-Exoecaria*.

- Sur des sous-groupes de Salic Sulfic Fluvaquents des forêts en mélanges où les *Avicennia* dominent.

- Dans les zones où les *Rhizophora* dominant, ce sont souvent des sous-groupes de Thapto-Histic Sulfaquents.

Les activités humaines ont provoqué des phénomènes spéciaux: sur les sous-groupes de Salic Typic Sulfaquents, nous trouvons des forêts plantées par des plantations d'Etat depuis 1980, la couche tourbeuse est très mince (3-5cm).

III. L'UTILISATION DES SOLS

1. Dans des zones de plaine deltaïque supratidale, levée naturelle et cordon ancien

Il existe des forêts en mélange d'*Avicennia* - *Exoecaria*.

Le plupart des bassins à crevettes dans ces zones ont été abandonnés à cause de la côte élevée de terrain où le phénomène sur la couche superficielle s'accumulent les sels.

2. Slikke intertidale

Sur le sous-groupe de Salic Hydraquents, on a établi des bassins à crevettes. D'après Phan Nguyễn Hồng et col.(1992), ces activités peuvent accélérer intensivement les processus de formation de la Pyrite. Des analyses ont montré que les quantités de Fe, Al, SO₄, H₂S dans le sol des bassins sont plus élevées que celles dans le sol de la plage.

3. Marais maritime

On note des phénomènes intéressants quand on a détruit des forêts pour établir des bassins à crevettes:

- D'une part le phénomène d'oxydation de la couche de Pyrite quand on a creusé des canaux pour faire pénétrer l'eau de mer, il ya alors formation de Jarosite et acidification du sol et de l'eau.

- D'autre part, il y a accumulation de sels dans la partie du sol surélevé.

- D'après les observations de terrain, il semble qu'il existe une relation entre la couche tourbeuse et le rendement des crevettes: la matière organique peut être un important élément dans la chaîne nutritive des crevettes.

IV. QUELQUES SUGGESTIONS POUR L'UTILISATION DES SOLS.

1. Dans Les zones de la plaine deltaïque supratidale, levée naturelle et cordon ancien.

Il est nécessaire de replanter des forêts d'*Avicennia* pour limiter le phénomène d'accumulation du sel en surface

2. Slikke intertidale.

Il faut éviter d'y installer des bassins à crevettes dans cette région, car c'est la côte en progradation à l'aide des mangroves

(surtout les *Avicennia*). L'arrêt de l'installation de la mangrove peut provoquer la disparition de la mangrove actuelle, situé en arrière, par salinisation des sols.

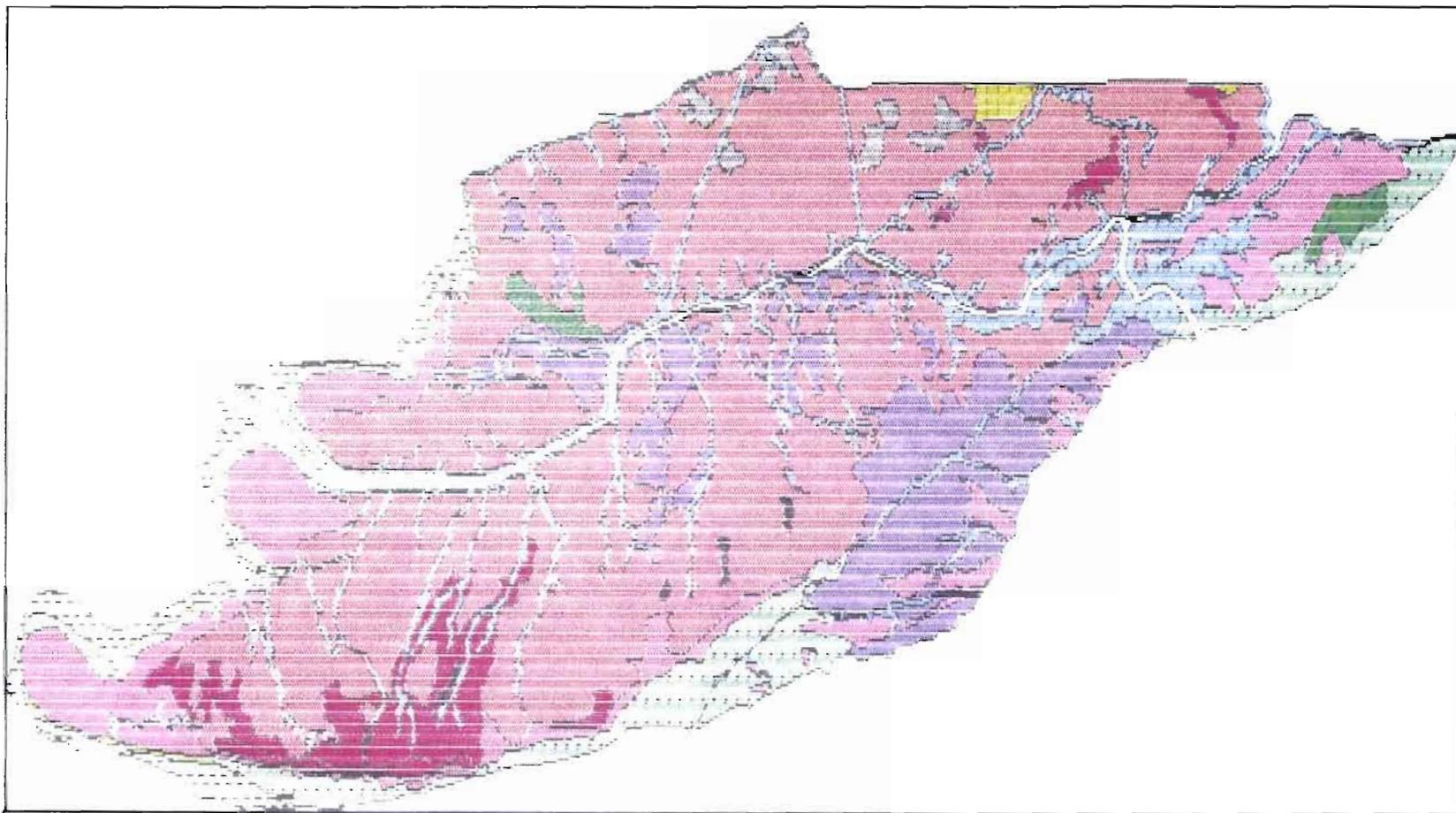
3. *Marais maritime.*

-Il est nécessaire d'étudier le rôle des matières organiques dans la couche Histic dans la chaîne nutritive des crevettes (avec des limites pour les indices: proportion de sulfure, l'épaisseur de cette couche, la possibilité d'oxydation de la Pyrite...).

-Il faut assurer une superficie minimale de couverture végétale dans les bassins à crevettes afin de réduire les phénomènes négatifs: surchauffement de l'eau, sursalinisation, etc...

RÉFÉRENCES.

1. MINISTÈRE DES FORÊTS - *Les modèles Agri-Sylviculture* - 1989.
2. BÙI ĐẮC TUẤN, NADINE DESSAY - *L'occupation de sols des mangroves de Cà Mau d'après l'imagerie SPOT* - IRDDM 1993.
3. LÊ XUÂN THUYỀN et col. - *Carte morpho-sédimentologiques du district de Ngọc Hiến, échelle 1/50.000* - IRDDM 1993.
4. M.R.DJUWANSAH, C.MARIUS - *Les sols potentiellement sulfatés-acides de l'estuaire du Bario (Kalimantan, Indonésie)* - ORSTOM 1989.
5. NGUYỄN BẢO VỆ et col. - *Carte pédologique de la province de Minh Hải, échelle 1/100.000* - Programme scientifique d'État 60B
6. NGUYỄN VĂN NHÂN et col - *Carte pédologique du district de Ngọc Hiến, échelle 1/50.000* - Institut de planifications agricoles 1991.
7. PHAN NGUYỄN HỒNG, LÊ ĐỨC AN - *Caractéristiques du milieu et problèmes de l'utilisation de la côte en progradation du district de Ngọc Hiến* - Ministère des sciences et du milieu 1992.
8. TÔN THẮT CHIẾU et col. - *Utilisation du système de classification pédologique de FAO / UNESCO dans la condition des sols au Vietnam* - Institut de planifications agricole 1989.
9. USDA - *Soil Taxonomy of the National Cooperative Soil Survey* - Soil Conservation Service USDA 1970.
10. *Photos aériennes de la région de Ngọc Hiến 1992.*
11. *L'imagerie SPOT de la région de Ngọc Hiến 1991.*



BẢN ĐỒ ĐỊA MẠO THỔ NHƯỞNG HUYỆN NGỌC HIỂN, TỈNH MINH HẢI
TÁC GIẢ: BÙI ĐẮC TUẤN và LÊ XUÂN THUYỀN

CARTE MORPHO-PÉDOLOGIQUE DU DISTRICT DE NGỌC HIỂN, PROVINCE DE MINH HẢI
AUTEURS: BÙI ĐẮC TUẤN et LÊ XUÂN THUYỀN

CHÚ DẪN - LEGENDES

ĐƠN VỊ ĐỊA MẠO	DANH PHÁP VIỆT NAM		DANH PHÁP SOIL TAXONOMY		DANH PHÁP PHÁP		DIỆN TÍCH (HA)	TỈ LỆ (%)
	LOẠI ĐẤT	PHIA	SUBGROUP		SOUS-GROUP	PHASE		
BÃI TRIỀU CAO (Slikke intertidale haute) 	Đất bãi bồi		Salic Hydraquents		Sols peu évolués, salés typiques		2180	1.7
BÃI TRIỀU THẤP (Slikke Intertidale basse) 	Đất bãi bồi		Salic Hydraquents		Sols peu évolués, salés typiques:		3060	2.4
DỒNG BẰNG CHÂU THỔ (Plaine deltaïque supratidale) 	Đất phèn tiềm tàng sâu mặn		Pale Sulfic Salic Tropaquents		Sols peu évolués tropicaux potentiellement sulfatés acides salés		540	0.4
BÃI BỒI ĐÊ SÔNG (Levéé naturelle)   	Đất mặn dưới rừng ngập mặn	Tầng mặt < 50cm	Salic Fluvaquents	Tầng mặt < 50cm	Sols peu évolués alluviaux, salés	La couche supérieure < 50cm	280	0.2
	Đất mặn dưới rừng ngập mặn	Tầng mặt > 50cm	Salic Fluvaquents	Tầng mặt > 50cm	Sols peu évolués alluviaux, salés	La couche supérieure > 50cm	6980	5.5
	Đất phèn tiềm tàng sâu dưới rừng ngập mặn	Tầng mặt > 50cm	Sulfic Salic Fluvaquents	Tầng mặt > 50cm	Sols peu évolués alluviaux potentiellement sulfatés acides salés	La couche supérieure > 50cm	10420	8.2

ĐƠN VỊ ĐỊA MẠO	DANH PHÁP VIỆT NAM		DANH PHÁP SOIL TAXONOMY		DANH PHÁP PHÁP		DIỆN TÍCH (HA)	TỈ LỆ (%)
	LOẠI ĐẤT	PHA	SUBGROUP	PHA	SOUS-GROUP	PHASE		
CỜN BÃI CỎ (Cordon ancien) 	Đất phèn tiềm tàng sâu dưới rừng ngập mặn	Tầng mặt <50cm	Sulfic Salic Fluvaquents salés	Tầng mặt <50cm	Sols peu évolués alluviaux potentiellement sulfatés acide	La couche supérieure <50cm	1330	1.0
BUNG LẦY (Marais maritime)      	Đất phèn tiềm tàng nông dưới rừng ngập mặn		Salic Sulfaquents		Sols potentiellement sulfatés acides, salés		13120	10.3
	Đất phèn tiềm tàng nông dưới rừng ngập mặn, giàu hữu cơ	Tầng hữu cơ <50cm	Thapto-Histic Salic Sulfaquents	Tầng Histic <50cm	Sols potentiellement sulfatés acides, salés, tourbeux	La couche tourbeuse <50cm	10790	8.5
	Đất phèn tiềm tàng nông dưới rừng ngập mặn, giàu hữu cơ	Tầng hữu cơ >50cm	Thapto-Histic Salic Sulfaquents	Tầng Histic >50cm	Sols potentiellement sulfatés acides, salés, tourbeux	La couche tourbeuse >50cm	64850	50.8
	Đất phèn tiềm tàng nông dưới rừng ngập mặn, giàu hữu cơ	Tầng hữu cơ trên mặt	Histic Salic Sulfaquents		Sols potentiellement sulfatés sulfatés acides, salés, tourbeux		5910	4.6
	Đất phèn tiềm tàng sâu dưới rừng ngập mặn, giàu hữu cơ		Thapto-Histic Sulfic Salic Fluvaquents		Sols peu évolués alluviaux potentiellement sulfatés acides salés, tourbeux		1530	1.2
	Đất than bùn phèn tiềm tàng, mặn		Salic Sulfihemists		Sols semi-tourbeux, potentiellement sulfatés acides salés		310	0.2

L'hydrobioclimat des mangroves de la province de Minh Hai (Vietnam)

J. Pagès (1)

Résumé

Cette description préliminaire des eaux continentales de l'extrême Sud de la péninsule vise à fournir une base pour la mise en valeur des mangroves du district de Ngoc Hien. Nous tentons une synthèse - très provisoire - de 5 couvertures, en saison sèche et en pluies, afin de préciser les acquis et les orientations futures de recherche.

Les eaux des chenaux de marée sont dessalées (15-25 g.l⁻¹) sauf en avril (30-35 g.l⁻¹) et très turbides (disque de Secchi à 0,3 m). Leur teneur en phytoplancton est assez faible (5 µg chl.l⁻¹) ; la matière organique dissoute est moyennement abondante (6-10 mg C.l⁻¹). Dans ces conditions, les teneurs en oxygène dissous restent modérées, autour de 50 % de la saturation

Le fonctionnement trophique général des eaux naturelles semble basé sur des apports de matière organique et d'eau douce à partir des zones de mangroves. La photosynthèse aquatique (phytoplanctonique) maintiendrait l'oxygénation, mais la production de biomasse utilisable serait surtout due aux hétérotrophes.

L'actuelle destruction des mangroves, en liaison avec la culture extensive des crevettes, semble ainsi une démarche contre-productive à moyen et long terme.

The aquatic environment in the mangroves of Minh Hai province (Vietnam).

Abstract

This preliminary description of inland waters of the southernmost tip of Vietnam aims at providing a basis for rational utilization of mangroves in the Ngoc Hien district. We try a provisional synthesis of 5 field trips (during rains and dry season, mostly in 1992) to determine present knowledge and future research needs.

The tidal channels are occupied by brackish waters (15-25 g TDS.l⁻¹) during most of the time ; salinities are somewhat higher (30-35 g.l⁻¹) in April. Secchi disk depths are low (0,30 m). Phytoplankton chlorophyll concentrations are moderate (5 µg chl.l⁻¹). Dissolved organic matter is moderately abundant (2-6 mg DOC-C.l⁻¹). These conditions lead to dissolved oxygen concentrations hovering around 50 % saturation at any time of the day.

The overall trophic web thus appears to be based upon imports of freshwater and organic matter from mangroves. Planktonic photosynthesis yields oxygen, while most of utilizable biomass production would stem from heterotrophic processes.

Mangroves in Minh Hai province are presently being converted into extensive shrimp farms. This course appears counter-productive from medium- and long-term viewpoints.

Introduction

Les zones côtières en général sont l'objet d'une attention toute particulière, ces dernières années, et les problèmes liés à un éventuel effet de serre ont encore avivé les préoccupations. Ceci est particulièrement vrai en zone intertropicale, où nous assistons à une prise de conscience de plus en plus nette des multiples menaces auxquelles sont exposés ces milieux côtiers, face à un "développement" souvent anarchique, mené par des populations souvent démunies qui mettent, de façon compréhensible, leur survie immédiate avant une "protection de l'environnement" à plus long terme.

Dans le cas particulier du Vietnam, nous avons été amenés à considérer les problèmes que pose la mise en valeur des mangroves du Sud de la province de Minh Hai (fig. 1). Cette zone a été depuis plusieurs années soumise à une colonisation peu contrôlée. Les autorités ont parfaitement, et très tôt, senti les dangers d'une telle exploitation.

Nous nous bornerons ici, en ce qui concerne les résultats acquis, à une description des caractéristiques des eaux au niveau de la chimie et du phytoplancton, et nous tenterons d'interpréter les données dans l'optique du fonctionnement trophique du milieu aquatique.

Il s'agit ici d'un essai de synthèse sur les résultats de cinq campagnes ; un tel document, proposé pour discussion avec nos homologues, ne saurait être ici dans sa forme définitive.

1 - Le milieu : cadre général

Le cadre géologique sera décrit par nos collègues. Nous ne rappellerons ici que quelques points ayant une incidence sur le milieu aquatique continental dans l'extrême Sud de la péninsule.

1.1 - Climat

Située par environ 10°S, la province de Minh Hai est soumise à un climat tropical humide. La saison des pluies est liée à la propagation vers le Nord de la mousson d'été. Le plus fort de la saison des pluies dure de mai à octobre (fig. 2), avec des vents modérés de secteur Sud-Ouest. Ceci induit en Mer de Chine un courant général modéré partant au Nord-Est (fig. 3). La forte nébulosité entraîne une nette diminution de la "durée du jour".

La pluviométrie annuelle est de 2300 mm en moyenne, tandis que l'évaporation est de 1750 mm par an (tableau I). Ces chiffres indiqueraient un excédent de 600 mm mais ils ne doivent pas masquer le fait que, pendant la saison froide, l'évaporation est nettement supérieure aux pluies : entre décembre et avril, le déficit hydrique est d'environ 560 mm. En saison sèche, les vents, plus forts, sont de secteur Est ; cependant, les courants marins, plus intenses, portent alors au Sud-Ouest en Mer de Chine (fig. 3).

1.2 - Marées

Le régime de marée est remarquable. La marée en Mer de Chine est de type semi-diurne avec inégalité de jusant, et l'amplitude peut atteindre 4 m. La côte orientale de la province est soumise à une érosion intense, à laquelle contribuent, dans des proportions variables a) le fort marnage, b) la forte houle du vent en saison sèche et c) la présence d'une couche de tourbe à environ 3 m sous le niveau actuel du sol.

Sur la côte Ouest, en Baie de Thaïlande, la marée est par contre de type diurne, avec une amplitude faible (0,7 m environ). La côte, soumise à des courants faibles portant au Sud, est en accretion constante depuis au moins une centaine d'années (fig. 1). Ces dépôts successifs proviennent aussi bien de l'érosion locale sur la côte Est que des alluvions du Mékong.

De façon compréhensible, la circulation des eaux dans les multiples rivières, chenaux de marée et canaux est fort complexe. Il semble cependant que dans la rivière Cua Lon (qui fait communiquer les deux côtes), le transport net se fasse vers la Baie de Thaïlande, à l'Ouest, la plupart du temps. Des observations qualitatives ont été faites ; nous n'avons pas, jusqu'ici, tenté de les relier aux prévisions de marée en mer.

Nous tenterons plus loin d'utiliser nos relevés de salinité pour décrire les grandes lignes du fonctionnement hydraulique général.

2 - Matériel et méthodes

La zone étudiée couvre l'extrême Sud de la péninsule, et à peu près la moitié Sud de la province de Minh Hai. La grille des stations a été définie, avec plusieurs a priori, en avril 1992 mais quelques stations supplémentaires y ont été ajoutées ensuite.

Les tournées de terrain, bien que partant de Ca Mau, rayonnent autour de Nam Can. Un sampan couvert est utilisé ; sa vitesse (env. 8 noeuds) permet d'effectuer une couverture complète en 3 jours. Une mission de reconnaissance eut lieu en octobre 1990. Cinq tournées ont été effectuées en mars, avril, septembre et novembre 1992 et en janvier 1993 par MM. Le Quang Thuong, Le Xuan Thuyen et Bui Dac Tuan. Une rapide tournée en fin février 1993 fournit quelques chiffres supplémentaires de salinité. La plupart des mesures sont réalisées sur le terrain (voir ci-dessous).

Les cartes employées sur le terrain (et jetables) combinent les feuilles IGN au 1/100 000 (relevé de 1934, ré-édition en 1953), des relevés de côte effectués en 1990 et, parfois, des éléments de scènes SPOT de 1990-1992. Le positionnement est vérifié, si besoin, au moyen d'un GPS (Sony IPS 360 Pyxis).

Les conditions locales de marée sont notées qualitativement lors des stations.

La salinité est mesurée au moyen d'un réfractomètre à main Atago 5.10.

La conductivité fut mesurée avec un conductimètre (Cole Parmer 1481-55 d'après rapport mars 92 ; Hanna Instruments d'après rapport novembre) mais les chiffres deviennent suspects dès la tournée d'avril.

Le pH est mesuré avec un pH mètre de terrain Quick 93 314, avec électrode HI.1332. L'étalonnage a parfois posé quelques problèmes.

L'oxygène dissous est mesuré, en sub-surface le plus souvent, au moyen d'un oxymètre YSI 57 avec compensation automatique de salinité. Le calcul du pourcentage de saturation (%sat) est fait d'après les tables de Weiss (1970) et les résultats de Sherwood et al (1991).

La transparence est mesurée au disque de Secchi (disque blanc de 30 cm de diamètre).

Pour la chlorophylle phytoplantonique, les filtrations sont faites sur place ; un échantillon (100-200 ml) est filtré sur filtre Whatman GF/C, en employant des porte-filtres en polystyrène et une pompe à main. Les filtres sont transférés dans des tubes à vis (polystyrène, Falcon) conservés au froid (0-4°C) et à l'obscurité, puis sont séchés au froid. Le transport (aérien) s'est fait à température ambiante. Le dosage s'effectue sur les filtres secs extraits par 5 ml de méthanol (24 h à température ambiante, sans broyage ; Nusch, 1980). Les échantillons de mars et avril furent dosés par spectrophotométrie (Beckman DU 90) ; ceux d'octobre et novembre furent dosés par fluorimétrie (Turner 111, avec calibration sur chlorophylle a pure, et vérification par spectrophotométrie sur les échantillons les plus concentrés). L'emploi du méthanol exclut une correction pour les phéopigments.

La matière organique dissoute a été dosée, ou estimée, de différentes façons. En mars 1992 et en février 1993, quelques échantillons furent filtrés (GF/F) ; le dosage n'eut lieu que de retour en

France par une méthode spectrophotométrique (Pagès & Gadel, 1990), fournissant des chiffres de carbone organique dissous (DOC). Nous utiliserons aussi les mesures réalisées par Phan Nguyen Hong & Le Duc An (1992), employant les méthodes classiques pour déterminer la DBO5 (demande biochimique en oxygène), l'azote total dissous (TDN) et le phosphore total (TDP).

3 - Résultats

A ce stade au moins, la marée ne peut être prise en compte. La grille de stations ayant varié, certaines des comparaisons entre situations sont quelque peu hasardeuses. Les résultats bruts par campagne sont donnés en annexe; nous avons aussi compilé les chiffres de salinité, d'oxygène dissous et de biomasse, avec une carte de l'ensemble des stations.

3.1 - Salinité

Les mesures réalisées par Phan Nguyen Hong & Le Duc An sur les eaux côtières montrent que les eaux sont le plus souvent de l'eau de mer plus ou moins diluée par de l'eau douce (H_2O), avec parfois quelques anomalies : excès de SO_4 (à 25 mmol SO_4 -S.l. $^{-1}$), de Ca (à 2-4 méq.l. $^{-1}$), déficit de K (de 2-4 méq.l. $^{-1}$).

Nous utiliserons ici surtout les données de salinité obtenues au réfractomètre ; la gamme des salinités pour lesquelles nous disposons de relevés de conductivité fiables simultanés est encore trop étroite pour comparer les deux méthodes. En incluant les chiffres de Phan Nguyen Hong & Le Duc An, nous obtenons la relation provisoire: $S = 0,78.EC + 3,3$ (S en g.l. $^{-1}$, EC en mS.cm $^{-1}$).

Sur l'ensemble des stations, à chaque campagne, nous observons une variation générale des salinités liée au bilan hydrique ((Pluie- Evaporation), en mm par mois):

	jan	fev	mar	avr	jun	sep	oct	nov
	'93	'93	'92	'92	'92	'92	'90	'92
M	25,6	31,7	28,1	33,0	31,3	24,7	20,1	23,6
T	2,3	1,0	2,8	2,8	2,9	2,3	2,3	3,3
n	43	16	15	18	11	38	13	44
max	32	33	32	36	34	29	29	26
min	22	30	24	30	-	20	0	15
P-E	-131	-145	-152	-79	+176	+203	+203	+44

M: moyenne; T: écart-type; n: nombre de valeurs

Les valeurs maximales relevées correspondent le plus souvent à celles de l'eau de mer côtière, dont les variations reflètent elles aussi le bilan hydrique. Il est remarquable que les salinités, à chaque campagne, soient très homogènes. Cette distribution statistique laisse présager une forte homogénéité

spatiale. Il faut relever cependant que les campagnes ne couvrent pas exactement les mêmes stations; les deux tournées rapides d'octobre (1990) et février (1993) comprennent plus de stations "continentales". En regroupant par "saison", la salinité moyenne de saison sèche est de $28,5 \text{ g.l}^{-1}$ (de janvier à avril), tandis que la salinité moyenne de saison des pluies est de $23,6 \text{ g.l}^{-1}$ (de septembre à novembre). Mais il faut considérer aussi les variations spatiales (fig. 4).

Contrairement à nos a priori (basés sur d'autres écosystèmes), il n'existe pas de gradient général, ou uniforme, de variabilité. L'hypothèse de départ était qu'une zone confinée devrait voir sa salinité augmenter fortement en saison sèche, mais diminuer fortement en pluies. Nous avons en fait plusieurs ensembles spécifiques.

a) le Song Bay Hap est très variable. En pluies, la distribution de la salinité est analogue à celle d'un estuaire classique; cependant, une estimation rapide des ordres de grandeur indique qu'un écoulement net d'eau douce ne serait pas mesurable. La salinité est nulle en "amont", avec une augmentation progressive vers l'"aval". Le panache d'eau dessalée, s'appuyant sur la rive Nord, s'étend au moins à 5 km en mer. En saison sèche, la moitié inférieure du cours du Song Bay Hap est pratiquement de l'eau de mer ($30-35 \text{ g.l}^{-1}$), tandis qu'une légère dessalure ($27-29 \text{ g.l}^{-1}$) existe en amont.

b) l'axe Cua Lon-Bo De est souvent proche de l'eau de mer, et assez homogène. En pluies, les salinités moyennes sont d'environ $24-26 \text{ g.l}^{-1}$; elles passent à $30-32 \text{ g.l}^{-1}$ en saison sèche.

Pour les autres stations, nous avons tenté de définir la variabilité saisonnière en comparant les salinités moyennes de saison sèche (S_s) et de pluies (S_p). La variabilité entre saison sèche et saison des pluies. Cette comparaison délimite trois groupes d'importance inégale:

- c) le Rach Cai Ngay, et quelques eaux "continentales", confinées, avec $S_s = 32$ et $S_p = 12 \text{ g.l}^{-1}$.
- d) un groupe stable, au SW, avec $S_s = 25-26 \text{ g.l}^{-1}$ et $S_p = 21-25 \text{ g.l}^{-1}$
- e) un groupe variable, au S et à l'E, avec $S_s = 31-35 \text{ g.l}^{-1}$ et $S_p = 20-25 \text{ g.l}^{-1}$; ce groupe comprend les stations #ML, #11, #5 et toute la partie E (Bo De, Dam Doi, etc)

A part cette distribution, nous pouvons encore relever que les rachs sont généralement moins salés dans leur partie distale; quelques points remarquables cependant:

- la st. #10D est peu salée en toute saison, bien que très proche de la mer
- la série des st. #3-5B ne dessale pas vraiment en pluies; un apport d'eau de mer par le Sud (st. #5B) serait une explication. Une communication identique existe aux stations #7A et #9A.

Nous avons remarqué, en octobre 90, quelques cas de nette stratification verticale dans des bassins sans circulation. Cet aspect devra être quelque peu poursuivi: une stratification saline (ou thermo-haline) peut correspondre à un déficit marqué d'oxygène dans les couches profondes des bassins concernés.

3.2. Transparence

L'impression générale est celle d'une forte turbidité, avec des profondeurs de disparition du disque de Secchi (DS) de l'ordre de 0,2 à 0,5 m (les valeurs extrêmes sont 0,05 et 0,58 m). Nous n'avions pas discerné de tendance spatiale pour chaque tournée prise isolément. Nous n'avons pas non plus distingué de correspondance entre l'état de la marée et la turbidité.

L'examen de l'ensemble des mesures ne fait pas apparaître de zonation répétitive. Les valeurs de DS de novembre sont, dans l'ensemble, beaucoup plus faibles que celles de septembre 92 ou que les quelques-unes relevées en octobre 90.

Nous ne disposons pas de mesure simultanée de la charge solide; cependant, Phan Nguyen Hong & Le Duc An (1992) trouvent en eaux côtières des teneurs de 50 à 500 mg l⁻¹ de solides en suspension.

3.3 - pH

Nous disposons de trois séries de mesures raisonnablement fiables (pour septembre, novembre et janvier) dans les eaux intérieures. Les valeurs s'étalent entre 6,8 et 7,9, avec une médiane vers 7,2 (7,23 pour septembre, 7,18 pour novembre, 7,45 pour janvier). L'ensemble des eaux intérieures est donc faiblement alcalin ; les eaux côtières marines montraient en juin des pH légèrement plus élevés, vers 7,6 (Phan Nguyen Hong & Le Duc An, 1992).

Une comparaison des pH et des salinités pour les trois campagnes ne fait apparaître aucune tendance statistiquement significative. L'adjonction des données pour les eaux côtières indiquerait une tendance à des pH plus élevés en eaux plus salées, mais cette tendance s'inverse avec les données de janvier.

3.4 - Oxygène dissous

L'évolution journalière des concentrations relatives (%sat) semblait suivre - d'assez loin - la courbe de la lumière incidente en septembre 92. Ce n'est pas le cas en novembre et janvier, où des teneurs assez faibles peuvent être observées même autour de midi. Sur l'ensemble, il n'est donc guère plausible de procéder à une correction pour tenir compte de l'heure d'observation.

3.4.1: Distribution

Sur l'ensemble des chiffres, des teneurs (relatives) assez fortes sont plus fréquentes lors de la tournée de novembre, tandis que des valeurs faibles (30-40 %sat) étaient observées plus fréquemment en septembre et surtout en avril; la moyenne était de 45,5 %sat en janvier.

La répartition géographique des teneurs (relatives ou absolues) en O₂ ne présente aucun trait constant; à chaque station, les fortes variations d'une tournée à l'autre ne permettent pas de reconnaître des stations systématiquement (et significativement) différentes. Notons que les statistiques paramétriques ne peuvent guère être efficaces ici et que des moyennes ne signifient plus grand'chose. Le seul trait à peu près fixe est que l'axe Cua Lon-Dam Doi est plutôt mieux oxygéné, ainsi que la portion st # 5-5A et, dans le Sud-Ouest, la st. #10B. A l'inverse, la st. #10 serait plutôt mal oxygénée.

3.4.2 : Oxygène et salinité

La distribution des teneurs en O₂ en fonction de la salinité semblait donner des indications utiles en septembre, avec une corrélation positive entre ces deux paramètres. Les données des autres campagnes ne s'alignent pas sur cette régression, mais nous obtenons des corrélations positives pour 4 campagnes, tandis que janvier donne une corrélation négative:

mars:	%sat = +35,3 + 1,39.S (n=10; r=0,29 n.s.)
avril	%sat = -87,5 + 4,40.S (n=14; r=0,44 n.s.)
septembre	%sat = + 9,5 + 2,10.S (n=31; r=0,48; P<0,01)
novembre	%sat = +22,1 + 1,93.S (n=31; r=0,52; P<0,01)
janvier	%sat = +172 - 5,07.S (n=36; r=-0,70; P<0,01)

Afin d'unifier ces résultats, nous avons été amenés à considérer d'une part les campagnes de saison sèche (mars 92 et janvier 93), d'autre part les sorties de fin de saison des pluies (septembre et novembre); la sortie de début des pluies, en avril, doit rester séparée. Nous obtenons alors à nouveau des corrélations positives entre O₂ et salinité (voir figure 4):

saison sèche	%sat = -31,8 + 3,23.S (n=36; r=0,51; P<0,01)
saison des pluies	%sat = 12,0 + 2,12.S (n=67; r=0,37; P<0,01)

Nous pouvons remarquer que ces régressions, extrapolées, indiquent que O₂ serait à peu près nul à des salinités très faibles: 10 g.l⁻¹ en janvier-mars, 20 g.l⁻¹ en avril, 0 g.l⁻¹ en septembre-novembre.

3.4.3 : Oxygène et pH

Sur les trois campagnes de septembre, novembre et janvier, nous avons comparé la distribution du pH et de la concentration en oxygène (en prenant les teneurs relatives, en %sat.). Le graphe paraît tout d'abord confus (fig. 6). Un examen plus détaillé montre des différences entre campagnes: pH plus élevés en janvier, pH et O₂ plus faibles en septembre. Les stations à forte biomasse phytoplanctonique ont souvent des valeurs plus faibles de pH et de O₂.

En considérant chaque campagne isolément, pH et O₂ sont corrélés; nous avons calculé les régressions, soit "restreintes" (pour B < 7 µg chl.l⁻¹), soit "globales" (toutes biomasses confondues), sous la forme $\text{pH} = A + B \cdot [\% \text{sat}]$. Les corrélations sont toutes hautement significatives, sauf la régression "globale" en "pluies", combinant les données de septembre et novembre:

	restreinte				globale			
	A	B	n	r	A	B	n	r
janvier	6.69	.0170	23	.79	6.68	.0166	41	.77
sept.	6.59	.0123	29	.71	6.72	.0102	35	.68
nov.	6.27	.0160	23	.59	6.08	.0174	35	.59
pluies	6.61	.0116	52	.66	n.s.	n.s.	70	n.s.

Nous aurions ainsi, dans des eaux à salinité de 22 à 30 g.l⁻¹ et/ou avec des biomasses (phytoplanctoniques) modérées, une corrélation positive entre pH et %sat. Une telle relation est en soi logique puisque les deux paramètres peuvent être modifiés, dans ce sens, par la photosynthèse ; il est surprenant, cependant, que des eaux de mer (certes partiellement diluées) réagissent à ce point et montrent donc peu de pouvoir tampon.

3.5 - Eléments nutritifs

Dans le cadre de notre étude, nous n'avons pas prévu un suivi systématique des éléments nutritifs "classiques" (nitrate, ammonium, etc), peu plausible avec les moyens initialement envisagés. Nous avons obtenu communication des résultats de mesures faites sur des eaux côtières marines, sur la côte occidentale de la province (Phan Nhuyen Hong & Le Duc An, 1992) ; nous rappellerons ici quelques-uns de ces chiffres.

3.5.1 - Carbone :

La DBO₅ (demande biochimique en oxygène) est de l'ordre de 20 à 30 mg O₂.l⁻¹ en eaux côtières. En admettant (en première approximation; voir paragr. 3.5.3.) que la plus grande partie des réducteurs soit du carbone organique, ceci correspondrait à 600-900 µmol DOC-C.l⁻¹, du moins pour la portion dégradable en 5 jours.

Nous n'avons procédé qu'à quelques mesures de carbone organique dissous, en mars (à la st. #11) et en février (sur 5 emplacements). Nous avons obtenu les concentration suivantes

station	situation	mg DOC-C.l ⁻¹
# 11		9
"a"	Song Dam Doi	10
"b"	Song Dam Doi	17
"c"	plantation de Rhizophora mature	11
"d"	Rach Bo Gui	8
"e"	Song Bay Hap	17
"f"	Song Bay Hap	12

Ces quelques dosages sont trop dispersés pour détecter un schéma de répartition; le seul point plausible est la teneur minimale observée sur le Rach Bo Gui, très près de la mer. Nous retiendrons que les teneurs varient entre 700 et 1400 $\mu\text{mol DOC-C.l}^{-1}$.

Ces quantités de DOC sont à mettre en regard des concentrations de carbone minéral dissous ("DIC", en fait HCO_3^-) trouvées en eaux côtières. Par rapport à une eau de mer standard, ces eaux présentent un excès de près de 1 méq. l^{-1} , (donc de 1000 $\mu\text{mol DIC-C.l}^{-1}$), tandis que l'excès de Ca^{++} , nous l'avons signalé, est de 1-2 mmol $\text{Ca}^{++}.\text{l}^{-1}$.

3.5.2 - Azote

L'azote total dissous (TDN) est présent dans les eaux côtières à des concentrations de 60-120 $\mu\text{mol TDN-N.l}^{-1}$. Les formes minérales identifiables sont nettement moins abondantes : 0,6-3 $\mu\text{mol NO}_3^-.\text{l}^{-1}$, 3-6 $\mu\text{mol NH}_4^+.\text{l}^{-1}$.

3.5.3 - Phosphore, et rapports de constitution

Le P total dissous est relativement abondant en valeur absolue, dans les eaux côtières, avec des teneurs de 2 à 6 $\mu\text{mol TDP-P.l}^{-1}$. Les rapports molaires N/P (TDN/TDP) en eaux côtières sont de l'ordre de 25.

En ce qui concerne le DOC et son estimation à partir de la DBO5, nous devons tenir compte des concentrations non négligeables de TDN, qui peut être oxydé. Nous admettrons schématiquement la réaction d'oxydation : $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \text{ ----> NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$. A supposer que tout le TDN soit sous forme NH_4^+ (et si il est entièrement oxydable en 5 jours à 25°C), nous devons "corriger" la DBO5 en fonction de l'équation ci-dessus (tableau II).

Nous aboutissons ainsi à une matière organique dissoute à des concentrations de 500 à 1000 $\mu\text{mol DOC-C.l}^{-1}$, avec des rapports molaires C/N de l'ordre de 8 (de 4,4 à 19,2, sauf une station aberrante; moyenne 8,40, $\tau = 3,8$) des rapports C/P de l'ordre de 200 (moyenne : 202, $\tau = 58$) et des rapports N/P de l'ordre de 25 (moyenne 26,2, $\tau = 9,0$).

Les considérations ci-dessus portent sur l'ensemble des résultats. Nous pouvons considérer de plus près les conditions dans les bassins de crevetticulture. Plutôt qu'une démarche statistique classique, nous pouvons employer une comparaison qualitative, en notant par + que la concentration d'un élément donné est plus élevée dans le bassin que dans l'eau naturelle; - indique une diminution, = une absence de différence significative. Nous n'avons pris en compte que les stations où le couple (bassin/eau naturelle) est explicite. La dernière ligne ("théor") représente l'évolution prévisible en cas d'enrichissement et de confinement hydraulique, avec amplification des situations micro-aérobies ou anaérobies.

stat	NH4	NO3	NO2	TDN	PO4	TDP	SO4	S-	TSS
I	+	--	-	+	++	+	+	+	--
II	++	-	--	++	=	=	+	=	-
IV	++	--	--	++	++	+	-	+	+
VI	-	--	++	-	--	-	=	+	++
IX	++	--	-	=	=	=	--	-	--
XV	++	--	--	++	=	=	+	-	=
XVII	=	=	=	=	++	=	-	=	++
théor	+	-	-	+	+	+	-	+	-

Nous voyons que , sauf à la station VI, les bassins évoluent qualitativement dans le sens prédictible. Seul le cycle du soufre est souvent "anormal"

3.5.4 - Silicates

Les mesures en eaux côtières marines montrent des concentrations anormalement fortes (pour des eaux de mer) en SiO_3^- . Des teneurs de l'ordre de $50 \text{ mmol Si.l}^{-1}$ témoignent d'une influence continentale nettement sensible. Cependant, les teneurs de SiO_3^- n'évoluent pas en fonction (inverse) de la salinité d'une façon compatible avec un diagramme de mélange (graphe non présenté).

3.6 - Biomasse phytoplanctonique

Nous rappelons que les chiffres disponibles furent obtenus par deux méthodes, de sensibilité et de précision fort différentes ; les comparaisons sont donc risquées.

3.6.1 - Distribution

La plupart des concentrations sont assez faibles, avec de nombreuses valeurs autour de $3 \mu\text{g chl.l}^{-1}$; quelques chiffres forts, le plus souvent isolés, apparaissent cependant, de façon très irrégulière. La moyenne générale (pour autant qu'elle ait un sens) est de $5,3 \mu\text{g chl.l}^{-1}$.

Une évolution générale est de ce fait difficile à discerner en considérant toutes les valeurs. Nous avons tenté une comparaison entre campagnes, en appliquant une méthode analogue au "jack-knife" sur les valeurs les plus fortes. L'effet de ces dernières étant ainsi gommé, nous voyons qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre saisons:

	Mars	Avril	Sept	Nov	Jan
n		17	38		41
M		6,8	7,2		6,9
τ		5,7	13,2		4,4
n	10	15	35	40	36
M	2,2	5,2	3,7	6,0	5,7
τ	0,8	2,7	2,8	3,3	3,2

n: nombre de données; M: moyenne; τ : écart-type

D'éventuelles tendances géographiques sont également difficiles à distinguer du fait de la distribution des observations. Au prix de quelques approximations, nous pouvons cependant faire apparaître quelques traits répétitifs, avec des portions de "rach" homogènes (fig. 7):

* certaines stations sont toujours relativement pauvres :

- la série st. #6 - #7A, dont la portion proximale (#6-#7) reste à moins de $3 \mu\text{g chl.l}^{-1}$
- la st. #10 et, sur un autre rach, la portion distale #9-#9A
- la zone st. #5A-5B (qui pourrait, nous l'avons vu, correspondre à une incursion marine)
- la portion st. #1-#2
- la st. #11, et peut-être la st. #RD
- la st. #ML4, et peut-être ML3

* à l'inverse, certaines séries ont toujours des valeurs hautes :

- la zone Sud-Ouest, avec la série st. #8-#8C continuée par la série #10A-10E (la st. #10 reste à l'écart) de même que la portion distale #9-#9A.
- la série #3-#5 (en contraste avec la partie distale)
- la série #11A-11E (la st. #11 étant à part)
- la portion #1A-1B
- la station #ML2 (et peut-être ML1)

Nous avons ainsi une alternance de rach à biomasses faible ou forte ; cette alternance avait déjà été relevée en novembre.

3.6.2 - Relations avec les facteurs du milieu

Une simple inspection des cartes à répartition, à chaque campagne, ne fait pas apparaître de concordance entre les biomasses B et les descripteurs du milieu (surtout la salinité). Nous n'avons aucune corrélation entre B et la salinité (que ce soit sur les valeurs individuelles ou sur les moyennes par station).

3.6.3 - Effets de la biomasse sur le milieu

Bien que les concentrations de phytoplancton soient relativement faibles, l'activité photosynthétique peut modifier le milieu au niveau du pH ou de O_2 .

Nous ne trouvons aucune corrélation entre B et O_2 (en %sat aussi peu qu'en valeur absolue; graphe non présenté). Les seules corrélations qui sembleraient émerger sont des relations négatives, valables seulement sur quelques séries de stations (st. #08-8C de novembre, et st. #11A-11E de septembre, dont nous devons rappeler l'occupation très matinale). Nous avons vu plus haut (§ 3.3) que la distribution du pH en fonction de O_2 ne s'éclaircit qu'à condition de séparer un ensemble de stations à forte B, qui présentent des pH plus faibles (pour une même teneur en O_2) que le groupe principal.

4 - Discussion

Dans cet essai d'une description générale du milieu naturel, nous avons quelque peu négligé l'étude systématique des milieux (artificiels) des bassins de crevetteculture. Cette optique était étrangère à nos préoccupations officielles au début de cette étude. Dans ce qui suit, nous traiterons principalement du milieu naturel, avec quelques remarques accessoires quant aux bassins à crevettes ("shrimp farms"). Nous tenterons en conclusion quelques remarques générales.

4.1 - Milieu aquatique

4.1.1 - Climat et bilan hydraulique

Notre schéma a priori était basé sur ce que nous avons pu observer dans un système infiniment plus simple en ce qui concerne le réseau hydrographique (Pagès & Savenije, 1990). Nous n'avons pu, ici, utiliser les observations qualitatives de marée faites durant les missions ; il est possible, mais non certain, que des observations simultanées en un grand nombre de points eussent permis un début de compréhension générale semi-quantitative.

Ce voeu d'une description générale quantifiée (= modélisation) est un réflexe dont on peut mettre en doute l'utilité pratique réelle. Ce point devra être discuté par d'autres instances.

A un niveau purement qualitatif, il était prévisible que l'axe Cua Lon - Dam Doi serait la portion la plus influencée par la mer. Les rach dans leur ensemble ressentent de moins en moins cette influence marine et sont plus soumis aux échanges avec l'atmosphère (pluie et évaporation), directement ou à travers les terres émergées. Aucune différence significative n'apparaît entre les différents rach étudiés. La notion de confinement hydraulique reste certes valable, mais les faibles temps de séjour (dus aux faibles distances) brouillent ses manifestations.

La presque totalité de nos données correspondent à des échantillons de sub-surface. Quelques prélèvements réalisés dans des bassins à crevettes en octobre 90 avaient montré une nette stratification saline, avec des salinités plus fortes de 6 à 7 g.l⁻¹ à 1 m de profondeur. Il serait utile de rechercher l'existence de telles stratifications (halines, mais peut-être aussi thermiques) dans quelques installations d'aquaculture représentatives. La présence d'une structure verticale stable peut en effet conduire, d'une part à des "blooms" phytoplanctoniques (voir plus loin), d'autre part à une anoxie plus ou moins grave dans les couches profondes. Une destruction "mécanique" de la stratification est peu plausible, de même qu'une aération forcée, dans les présentes conditions matérielles locales. Une

gestion minutieuse de l'eau, en prêtant attention à la profondeur du soutirage, serait sans doute la seule démarche possible pour éliminer les éventuelles saumures.

4.1.2 - Salinité et ions majeurs

Un réflexe "océanographique" nous fait considérer les analyses d'ions majeurs comme souvent superfétatoires, et/ou d'un coût excessif. Cependant, les analyses faites sur les eaux côtières (Phan Nguyen Hong & Le Duc An, 1992) montrent une nette influence continentale (SiO_3^-) dans des eaux par ailleurs indiscutablement marines. D'autres anomalies dans les rapports ioniques confirment l'effet de phénomènes locaux, chimiques ou bio-chimiques, qui modifient les eaux de mer de départ au-delà d'une simple dilution. Nous n'avons pu tracer l'équivalent d'un diagramme de mélange pour les différents ions "anormaux". Ceci semble indiquer un mélange prolongé, et une homogénéisation poussée des masses d'eau.

En ce qui concerne les méthodologies, nos propres données sont insuffisantes pour comparer salinité (S, en g.l^{-1}) et conductivité (C, en mS). Dans un autre milieu estuarien, par ailleurs hyperhalin, des mesures en parallèle (Gac, comm. pers.) ont donné deux relations possibles:

$$S = 0,0038 C^2 + 0,564 C + 0,128 \text{ (qui sur-estime S)}$$

$$\ln S = -0,9843 + 1,2239 \ln C \text{ (qui sous-estime S)}$$

Une approximation linéaire tolérable, dans la gamme $0 < S < 40 \text{ g.l}^{-1}$, est donnée par $S = 0,806 C + 0,4$.

Dans l'ensemble, la salinité se révèle ici un marqueur (un traceur) beaucoup moins efficace que nous l'avions espéré en fonction de notre expérience passée dans d'autres milieux, plus simples hydrauliquement. La remarquable homogénéité des eaux sur l'axe Cua Lon-Bo De nous amène à considérer qu'il ne s'agit pas d'un estuaire, au sens classique, mais d'un bras de mer sous influence continentale, avec des sources non ponctuelles ("non-point sources") d'eau douce. A l'inverse, la Bay Hap (et la partie "amont" du Dam Doi) se comportent comme un estuaire "normal" en saison des pluies. En saison sèche, la Bay Hap pourrait fonctionner en estuaire inverse; il ne s'agit que d'une impression ("educated guess"), qu'il serait intéressant de confirmer ou d'infirmar par des mesures fines de salinité.

4.1.3: Éléments nutritifs et matière organique

Le dosage des éléments nutritifs minéraux ("inorganic") est classique dans toute étude d'un milieu aquatique; cependant les milieux estuariens, de mangrove surtout, présentent quelques traits particuliers. D'autres points, que nous rappellerons aussi, sont par contre communs à la plupart des milieux aquatiques.

Parmi les formes minérales, le nitrate (NO_3) est classiquement la forme prédominante, et la plus importante, en milieu marin bien oxygéné; c'est sur cette forme oxydée qu'est basée la production "nouvelle", par exemple dans les upwellings. En milieux estuariens, le NO_3 est souvent d'origine terrestre, et sa concentration diminue assez rapidement quand on s'éloigne du domaine des eaux douces; Selvam et al. (1992) observent des concentrations passant de 20 à 5 $\mu\text{mol NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ au passage de l'eau douce aux eaux de mangrove. Cette diminution peut être due à l'assimilation (Horrigan et al., 1990). Par contre, la dénitrification peut être très active en milieu peu oxygéné, riche en matière organique (Ward & Twilley, 1986; revue par Seitzinger, 1988). Une mol NO_3 oxyde 1,25 mol C organique si la réduction va jusqu'à N_2 (Brettar & Rheinheimer, 1992). A teneur égale en NO_3 , la dénitrification est accélérée par de fortes teneurs en carbone labile (ibid.). De même, la dénitrification est plus probable quand le rapport N/P global est élevé (Levine & Schindler, 1992). A l'inverse, l'ammonium (NH_4) est plus abondant en milieux mal oxygénés (Ward & Twilley, 1986) et/ou dans des milieux soumis à de forts apports en matière organique (donc sous forme réduite) (Schaeffer-Novelli et al., 1990; Selvam et al., 1992). En haute mer, une ample littérature fut consacrée à la détermination du "relative preference index", comparaison de la cinétique d'assimilation de NO_3 et de NH_4 (l'assimilation de ce dernier, moins abondant, étant plus facile quant au coût énergétique). Ces études ont débouché sur la définition du "f ratio" (voir p. ex. Harrison, 1990), quotient de la "production nouvelle" (basée sur NO_3) à la "production de régénération" (basée sur NH_4). Dans les milieux côtiers, estuariens et surtout en mangroves, les formes minérales de l'azote (NO_3 et NH_4 principalement) constituent souvent une fraction faible de l'azote total dissous (TDN), du fait de l'importance de l'azote organique dissous (DON) (Harrison et al., 1992 p. ex.).

La matière organique dissoute (DOM) joue en effet un grand rôle dans ces milieux. Les teneurs en carbone organique dissous (DOC) sont de l'ordre de 2 à 6 mg DOC-C.l^{-1} dans des fleuves tropicaux (Richey et al., 1980; Levine & Weibezahn, 1986) ou dans des eaux côtières (Moran et al., 1991); dans des eaux de forêt ou de mangrove, des teneurs de 10 à 80 mg DOC-C.l^{-1} peuvent être observées (Flores-Verdugo et al., 1990; Tan et al., 1990). A titre d'exemple, nous avons mesuré dans un milieu de mangroves non exploitées d'Afrique de l'Ouest les concentrations suivantes: 4-7 $\mu\text{mol PON-N.l}^{-1}$, 0,2-0,5 $\mu\text{mol POP-P.l}^{-1}$, 15-40 $\mu\text{mol TDN-N.l}^{-1}$, 0,3-0,8 $\mu\text{mol TDP-P.l}^{-1}$ (Pagès et al., in prép.). Les concentrations en DOM que nous avons calculées, ou estimées, dans les eaux côtières de la province sont donc assez vraisemblables. Outre ses divers effets physico-chimiques (chélation, etc), la DOM représente un réservoir d'éléments nutritifs, directement pour les hétérotrophes aussi bien qu'indirectement pour les autotrophes. Son importance dépend naturellement à la fois de sa concentration totale et de sa nature (Ertel et al., 1986). Laird & Scavia (1990) montre que seule une fraction (de 3 à 40 % selon le cas) du DOC est utilisable par les bactéries. La composition, par exemple décrite par le rapport C/N/P, est un assez bon indice de l'"âge" et de la valeur nutritionnelle de la DOM. Les rapports inférés des mesures de Phan Nguyen Hong & Le Duc An (1992) sont d'environ 200/25/1,

et donc dans les ordres de grandeur d'une DOM assez ancienne et déjà probablement relativement réfractaire.

Cet aspect de rapports élémentaires nous amène à quelques remarques au sujet de l'azote et du phosphore en général. Les eaux côtières de la province de Minh Hai présentent un rapport (molaire) N/P (TDN/TDP) de 25 environ (Phan Nguyen Hong & Le Duc An, 1992). Or Downing & McCauley (1992) montrent qu'un rapport N/P < 28 correspond à une limitation par l'azote, tandis que les milieux oligotrophes présentent des N/P élevés amenant à une limitation par P. Ces résultats ont été acquis sur des lacs (voir aussi Levine & Schindler, 1992) mais sont confirmés en estuaires (Fisher et al., 1992). Il semblerait donc que les eaux côtières étudiées ici soient limitées en azote; une telle limitation azotée passait pour habituelle en eaux marines (Ryther & Dunstan, 1971), mais cette optique est actuellement discutée (Hecky & Kilham, 1988). Nous pouvons relever que les rapports élémentaires sont plus décisifs que les concentrations (en valeur absolue) pour déterminer une limitation (Hecky & Kilham, *ibid.*; Davies & Sleep, 1989).

Dans cet ordre d'idées, Phan Nguyen Hong & Le Duc An (1992) mesurent dans les eaux côtières des concentrations relativement fortes de silicates (SiO_3), qui indiquent des apports continentaux diffus. Le rapport Si/N/P a autant d'importance que les concentrations absolues en Si, et détermine, au moins partiellement, les limitations et donc la composition spécifique de la population phytoplanctonique (Lehman, 1988; Kilham & Hecky, 1988).

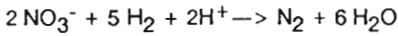
4.1.4 - Les bassins de culture

La discussion ci-avant concerne plutôt les milieux côtiers et continentaux en général. Dans le cas particulier des bassins de crevetticulture étudiés par Phan Nguyen Hong & Le Duc An (1992), nous avons remarqué (par. 3.5.3) que les eaux y sont souvent assez différentes du milieu naturel. Nous avons vu que les bassins évoluent, dans leur ensemble, comme prévisible; le caractère anormal de la st. VI ne pourrait être expliqué qu'en connaissant mieux les conditions précises de terrain.

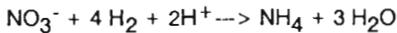
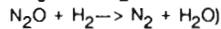
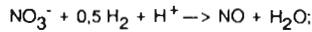
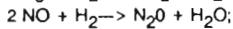
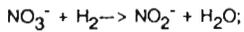
Dans ces bassins, le fait de confiner une certaine masse d'eau aura deux séries de conséquences, hydrauliques et chimiques. Hydrauliquement, l'arrêt de la circulation et la forte diminution de la turbulence devraient amener, d'une part un début de stratification thermique (ou thermohaline), d'autre part une sédimentation des matières en suspension. Ce dernier point a été observé qualitativement plusieurs fois, sur des bassins présentant des eaux plus claires, du moins par vent faible; cette clarification ne semble pas constante dans les bassins étudiés quantitativement ici. La stratification haline, elle, a été observée plusieurs fois en octobre 1990; elle était dans doute en liaison avec des pluies sporadiques, créant une couche dessalée en surface.

Le confinement hydraulique, et la stratification résultante, ont des conséquences chimiques, même en absence d'apports anthropiques. Le temps de séjour accru permet une décomposition plus

poussée des déchets organiques et une accumulation des produits résultants. La stratification permet l'apparition d'un déficit d'oxygène (sinon d'une réelle anoxie) dans les couches profondes, favorisant l'existence de NH_4 d'une part, le relargage de PO_4 à partir des sédiments d'autre part. La dénitrification peut aussi s'exercer, selon les deux réactions possibles (Brettar & Rheinheimer, 1992):



(qui se décompose en:



La première réaction (dénitrification au sens strict) aboutit à une perte nette d'azote. Quelle que soit la réaction dominante, les proportions relatives des formes oxydées et réduites de N sont inversées.

Il est évident que des apports (anthropiques ou non) de matière organique supplémentaire exacerbent cette évolution vers un milieu risquant l'anaérobiose. Nous verrons plus loin que ces milieux riches sont favorables aux Cyanophycées.

4.2 - Phytoplancton et milieu

Dans l'optique la plus classique des chaînes alimentaires aquatiques, la concentration de chlorophylle phytoplanctonique est un indicateur des potentialités trophiques (de la "richesse") du milieu. Dans des milieux traditionnels à chaîne alimentaire relativement linéaire, l'abondance des producteurs autotrophes est un bon estimateur de la production tertiaire (Nixon, 1988; Day et al., 1989; Downing et al., 1990). Mais ceci suppose, entre autres, que la biomasse autotrophe soit prépondérante dans le seston, autant comme consommateur de nutriments que comme ressource alimentaire pour les prédateurs tertiaires. Un autre trait des milieux classiques est l'importance (déjà relevée) des formes oxydées de l'azote, liée justement à la prépondérance de la photosynthèse. Dans les milieux de mangrove (entre autres), par contre, interviennent des apports de matière organique allochtone et réduite, avec une nécessaire activité hétérotrophe qui se traduit à la fois par une production de biomasse et par un recyclage des éléments nutritifs. Tous ces caractères sont assez spécifiques des eaux "organiques" estuariennes; ils ne sont certes pas nouveaux, mais obligent dans chaque cas à un examen légèrement différent.

4.2.1 - Le phytoplancton: nature et rôle dans le seston

Nos quelques analyses spectrophotométriques de pigments ne fournissent guère matière à commentaire. Par contre, les comptages effectués en eaux côtières et dans des bassins d'élevage (Phan Nguyen Hong & Le Duc An, 1992) montrent une nette différence entre les eaux naturelles et les bassins.

Les Diatomées sont dominantes, en nombre d'espèces et en nombre d'individus, dans les eaux naturelles. En termes de variété spécifique, Phan Nguyen Hong & Le Duc An comptent 57 espèces (sur 66 au total); ces chiffres se comparent assez bien à ceux trouvés dans des milieux analogues (Schaeffer-Novelli et al. (1990) avec 74 espèces, Kannan & Vasantha (1992) avec 67 espèces). Nous avons déjà remarqué que les concentrations en silicates peuvent favoriser les Diatomées. En outre, la turbulence assez élevée (d'après les fortes charges solides) devraient également fournir des conditions favorables (Harris, 1986; Estrada et al., 1988).

Les Cyanophycées sont abondantes dans les eaux enrichies des bassins. Ces algues, fréquentes en été dans les lacs européens (voir p. ex. Schwaerter et al., 1988), sont sans doute favorisées ici par des eaux plus calmes. De fortes teneurs en nutriments (et en matière organique) et les rapports N/P observés leur sont également favorables (Hecky & Kilham, 1988, p. 806). De telles conditions font partie de celles qui, selon Paerl (1988) amènent des "nuisance blooms" en général:

- * stratification, eaux chaudes et forte lumière
- * matière organique allochtone, NO₃, PO₄ et métaux
- * recyclage par les bactéries

Il est donc assez prévisible qu'apparaissent des blooms de Cyanophycées, qui sont des "storage specialists" (Kilham & Hecky, 1988). Nous trouvons là une illustration, connue mais toujours spectaculaire, du "continuum r-K" (ibid.), avec d'une part les organismes de type r, "affinity specialists" adaptés à des environnements instables, à fort taux de croissance, d'autre part les organismes de type K, à fortes densités finales.

Au delà de la nature taxonomique du phytoplancton étudié ici, l'état physiologique général (et la nature) du seston seraient à définir. Il est certain qu'une bonne part des particules en suspension est de nature minérale; nous pouvons tenter d'estimer un ordre de grandeur de la concentration en matière organique particulaire (POM) d'après les teneurs de DOM (que nous avons estimée à 6-8 mg DOC-C.l⁻¹) et de chlorophylle (mesurée, environ 5 µg.l⁻¹), en utilisant les chiffres publiés pour d'autres milieux (Richey et al., 1980; Ward & Twilley, 1986; Levine & Weibezahn, 1986; Schaeffer-Novelli et al., 1990; Flores-Verdugo et al., 1990). L'examen des rapports POC/DOC et POC/chl nous donne une concentration probable de POC comprise entre 0,3 et 2,5 mg POC-C.l⁻¹, d'où une teneur de 0,6 à 5 mg.l⁻¹ de matière organique particulaire. Le principe même d'une telle estimation est fort risqué, puisque les compositions élémentaires et les rapports changent, dans le seston, en fonction de nombreux paramètres. Cependant, nous pouvons comparer cet ordre de grandeur de POC-C avec les charges solides mesurées (Phan Nguyen Hong & Le Duc An, 1992), qui varient entre 40 et 500 mg.l⁻¹. Il se confirme, si nécessaire, que les particules solides en suspension sont surtout de nature minérale et non organique.

4.2.2 - Biomasses phytoplanctoniques

Nous ne nous étendrons pas ici sur les questions méthodologiques, bien que nous soyons conscients de plusieurs problèmes potentiels à ce niveau. L'emploi de filtres GF/C est un premier point (Prepas et al., 1988). La question la plus importante concerne la conservation des filtres; le procédé employé tient compte des possibilités matérielles réelles locales. Les avantages respectifs des différentes procédures d'extraction ont fait l'objet de nombreuses publications (Nusch, 1980). Enfin, notre décision de ne pas tenter une estimation de la proportion de phéopigments est basée autant sur des faits (p. ex. Hurley & Watras, 1991) que sur une inspection des procédures en amont du dosage final. L'ensemble de la méthodologie serait donc éventuellement à discuter, et à revoir éventuellement en fonction des développements ultérieurs de l'étude.

4.2.2.1 - Distribution et micro-répartition

Les problèmes purement statistiques liés à l'échantillonnage sont bien connus, et ont fait l'objet de travaux approfondis même sur des milieux a priori homogènes. Le milieu étudié ici présente de plus une hétérogénéité spatiale supplémentaire dans les différents canaux naturels ou artificiels. Nous avons, superposés à la variabilité naturelle, des artefacts méthodologiques liés à la localisation exacte (parfois au mètre près) des prélèvements.

4.2.2.2 - Ordre de grandeur des concentrations

Sur l'ensemble des mesures des quatre campagnes traitées ici, la moyenne est de $5,3 \mu\text{g chl.l}^{-1}$ et la médiane de $4,8 \mu\text{g chl.l}^{-1}$. Nous aurions tendance à considérer ces chiffres comme assez faibles par comparaison à la fois avec des milieux étudiés auparavant et avec la turbidité générale. Cependant, le lac Victoria, avec des concentrations de 1 à $5 \mu\text{g chl.l}^{-1}$, est considéré comme eutrophe (Talling (1966) in Kilham & Hecky, 1988). En zone de mangrove et/ou d'estuaire, les concentrations sont souvent de l'ordre de 3 à $10 \mu\text{g chl.l}^{-1}$ (Flores-Verdugo et al., ; Schaeffer-Novelli et al., 1988; Cloern, 1991), mais Morales-Zamora et al. (1991) observent de faibles biomasses ($9 \mu\text{gPOC-C.l}^{-1}$, soit $0,2 \mu\text{g chl.l}^{-1}$) dans une lagune très turbide. Des teneurs inférieures à $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ sont observées en eaux océaniques, tandis que les upwellings atteignent des concentrations de 10 - $30 \mu\text{g chl.l}^{-1}$ (Dortch & Packard,). A l'autre extrémité, des eaux hypereutrophes peuvent arriver à $6000 \mu\text{g chl.l}^{-1}$ (Robarts & Zohary, 1991); des cultures peuvent fonctionner, sous très faible épaisseur, à 20mg chl.l^{-1} (Boussiba et al., 1988). Au vu de ces différents chiffres, les eaux continentales de la province ne semblent donc pas anormalement pauvres.

Une autre estimation de la biomasse phytoplanctonique est fournie par le nombre de cellules. Il est certain que cet estimateur ne peut être corrélé au précédent que pour des populations de composition identique. Cependant, la comparaison des chiffres de Phan Nguyen Hong & Le Duc An (1992) avec à la fois nos mesures et les comptages sur d'autres milieux (Estrada et al., 1988) confirme

que nous avons ici des concentrations raisonnables de phytoplancton tant que nous considérons les chiffres par unité de volume. Par contre les eaux sont optiquement profondes; le bilan sur la colonne d'eau risque donc d'être défavorable, avec plus de respiration que de photosynthèse.

4.2.2.3 - Répartition spatiale

Nous avons remarqué que, malgré les fortes variations temporelles et spatiales (et le faible nombre de campagnes), des zones relativement homogènes se dessinent, avec des groupes à forte biomasse (X, A, C, D) alternant avec des groupes à biomasse plus faible (A', B, C', E). Notre problème majeur est l'absence de réelle corrélation entre biomasse et facteurs du milieu. A la base de la recherche de telle(s) corrélation(s) est l'hypothèse implicite de l'existence de "facteurs limitants" qui contrôleraient la biomasse phytoplanctonique en "contrôle vers le haut" ("bottom-up control"). Toujours est-il, ici, que la seule correspondance à peu près intelligible (mais qui n'est pas une corrélation) était la distribution de B en fonction de O₂ pour la campagne de Mars 92; nous avons alors mis en regard des zones du plan B/O₂ avec des caractéristiques du milieu terrestre. Ces résultats ne se confirment pas réellement avec les résultats ultérieurs, sauf de façon très schématique. Une des raisons de cette absence de relation entre B et O₂ peut être fournie par l'examen de la distribution de O₂ en fonction de la salinité (fig. 5). Il serait plausible que des eaux de salinité (et donc d'origine) différente soient systématiquement plus ou moins oxygénées; mais nous trouvons sur le diagramme O₂/S des stations "anormales", avec des teneurs "trop fortes" ou "trop faibles" de O₂. Ces divergences s'expliquent principalement par les différences inévitables entre les heures d'observation. L'histoire récente des masses d'eau, en ce qui concerne la lumière reçue, n'est pas comparable.

4.2.3 - Interactions entre biomasse et milieu aquatique

D'un point de vue pratique autant que théorique, il est certain que les flux de matière et d'énergie sont plus importants, quant à l'information apportée, que les concentrations "statiques". Les flux, dynamiques, représentent des transferts par unité de temps; les concentrations ("standing stock") résultent des flux et les intègrent dans le temps. Une part de l'information est donc accessible grâce aux concentrations, souvent plus facilement mesurées.

4.2.3.1 - Rappels: les productions

Nous avons mentionné plus haut que les systèmes classiques, "linéaires", étaient basés sur la photosynthèse, généralement alimentée par le nitrate. Dortch & Packard (1989) identifient (en milieu océanique) la différence fondamentale entre systèmes eutrophes et systèmes oligotrophes comme étant le rapport entre les biomasses autotrophe et hétérotrophe. Dans cette optique, les systèmes oligotrophes sont caractérisés par une pyramide trophique inversée, avec prépondérance des hétérotrophes, quelles que soient les concentrations en valeur absolue. Ainsi, dans un milieu eutrophe,

la production bactérienne est estimée à 50 % de la production primaire (Pedros-Alio & Brock, 1982); en océan oligotrophe, la biomasse bactérienne est équivalente à celle des autotrophes (Li et al., 1992). Morales-Zamorano et al. (1991) décrivent une lagune où les bactéries représentent 10 fois la biomasse du phytoplancton. Les processus de régénération (de "recyclage") deviennent prépondérants dans ces "boucles microbiennes". De tels systèmes peuvent fonctionner en circuit fermé ou importer de la matière organique; dans tous les cas, Quinones & Platt (1991) montrent qu'il faut revoir les concepts relatifs aux deux binômes (production nette/brute) et (production nouvelle/régénérée).

4.2.3.2 - Effets biologiques sur le milieu

A l'intérieur d'un système (clos quant aux flux de matière), l'augmentation de la biomasse équivaut à une séquestration des éléments nutritifs; parmi les nombreux modèles décrivant la cinétique d'assimilation et de croissance, celui de Comtois tient compte explicitement de cet aspect (Morrisson et al., 1987). Nous nous restreindrons ici aux conséquences de la respiration, consommatrice d'oxygène; à la différence d'un élément nutritif classique, celui-ci est produit de novo.

Dans les milieux "eutrophes", le phytoplancton est le principal consommateur de O₂. Sa respiration équivaut à environ 10% de la photosynthèse maximale (Talling, 1957). Exprimé autrement, le taux de respiration des cellules phytoplanctoniques varie entre 0,1 et 1 mmol O₂.(mg chl.hr)⁻¹ ((Schaeffer-Novelli et al., 1990; Martinez, 1992; Kemp et al., 1992; Szyper et al., 1992). Sans aborder le thème de la photo-respiration, nous retiendrons qu'une bonne approximation de ce taux est de 1 mg O₂ (mg chl.hr)⁻¹ (Grande et al., 1989). Dans le cas présent, des biomasses de l'ordre de 5 µg chl.l⁻¹ auraient une consommation de 120 µg O₂.l⁻¹ par 24 hr, à comparer à des DBO₅ de l'ordre de 4 mg O₂.(l⁻¹ jour⁻¹). Bien que ces calculs soient approchés, nous voyons que les ordres de grandeur sont incompatibles et que le phytoplancton n'est pas seul en cause.

Le zooplancton et le sédiment sont également consommateurs d'oxygène, mais nous devons nous limiter à quelques réflexions, et évaluations, sur le compartiment bactérien. L'activité bactérienne s'effectue aux dépens de la matière organique, dont nous admettons que la majorité est sous forme dissoute. Des études sur d'autres milieux fournissent quelques chiffres de respiration bactérienne en fonction de la concentration en DOC (Richey et al., 1980; Schwaerter et al., 1988; Moran et al., 1991); par extrapolation, nous arrivons à des consommations de O₂ comprises entre 0,06 et 0,6 mg O₂.(l⁻¹ jour⁻¹). Par contre, des mesures effectuées en Afrique de l'Ouest (Pagès, en prép.) et liant la consommation de O₂ au carbone organique total (TOC = POC+DOC) donnaient un taux de respiration de 0.006 mol O₂ (mol TOC.hr)⁻¹; ce chiffre nous amène à une consommation globale de 3,1 mg O₂.(l⁻¹ jour⁻¹), très proche des DBO₅ mesurées en eaux côtières. Il se confirme ainsi, de façon semi-quantitative au moins, que l'activité hétérotrophe est le composant principal de la respiration.

Même si le rendement ("molar growth yield") est faible, la production bactérienne sera donc non négligeable, a priori, dans les eaux continentales et côtières que nous avons considérées ici.

4.2.3.3 - Effets du milieu

A tous les niveaux trophiques, la biomasse peut être contrôlée soit par la prédation (contrôle "par en haut", "top-down control") soit par les ressources alimentaires (contrôle "par en bas", "bottom-up control"). Bien que la position hiérarchique du niveau considéré soit décisive dans l'importance relative de ces deux processus, on considère souvent implicitement que le contrôle "par en bas" est le plus important.

En ce qui concerne le phytoplancton, nous avons vu ci-dessus que sa production n'était pas la plus importante dans les systèmes étudiés. Cependant, la production photosynthétique reste souvent liée à la richesse globale d'un écosystème (Cole et al., 1988). Bien que nous n'ayons pu, jusqu'ici, discerner de corrélations entre biomasse (phytoplanctonique) et milieu (aquatique) dans les eaux de la province, nous rappellerons ici quelques points concernant les deux catégories de facteurs limitant la photosynthèse: énergie lumineuse et éléments nutritifs.

4.2.3.3.1 - Lumière

La relation entre énergie lumineuse incidente et photosynthèse aquatique revêt trois aspects. La réaction d'un système photosynthétique à l'éclairement a été analysée, et modélisée de différentes façons (Platt & Jassby, 1976; Platt et al., 1980; Peterson et al., 1987; Bush (1960) in Oswald, 1988; Eilers & Peeters, 1988); la forme mathématique exacte importe souvent assez peu (Golterman, 1990). La propagation de la lumière sous l'eau a également été décrite; l'ouvrage de Kirk (1983) fait encore référence, bien que les milieux très turbides présentent quelques problèmes (Bannister, 1990). Enfin, le problème de l'intégration verticale de la photosynthèse a été résolu par le modèle analytique de Talling (1957) qui reste toujours valable (Platt, 1991). Cependant, sur ce dernier point, d'autres auteurs ont développé des modèles empiriques (Cole & Cloem, 1987; Keller, 1989; revue in Balch et al., 1990). La production (brute) intégrée est alors exprimée sous la forme générale $\sum_z \sum_t A = C \cdot (P_m^b \cdot B / K_d)$, où C est une constante, P_m^b la production spécifique maximum (ou "optimum", en sub-surface), et K_d le coefficient d'atténuation verticale de la lumière. L'intensité de l'éclairement naturel incident est prise en compte par le terme P_m^b . Le terme $(1 / K_d)$ peut apparaître sous la forme Z_{eu} , profondeur de la zone euphotique; ainsi, Lind et al. (1992) aboutissent à l'expression empirique $\sum_z \sum_t A = 2,5 (P_m^b \cdot B \cdot Z_{eu})$ (en négligeant un terme constant).

La turbidité apparaît ainsi explicitement. Il peut s'agir d'une auto-régulation par la biomasse phytoplanctonique elle-même; les exemples les plus extrêmes sont fournis par les cultures à haute densité de micro-algues (Fontes et al., 1989; Grobbelaar et al., 1990). A l'inverse, une forte turbidité

minérale peut limiter la photosynthèse (Lind et al., 1992, p. ex.). Dans tous les cas, le facteur décisif (toutes choses égales par ailleurs) est le rapport Z_{eu}/Z_{mix} , quotient de l'épaisseur de la couche euphotique par celle de la couche homogène. Ce rapport peut augmenter soit par une Z_{eu} plus élevée (transparence accrue) soit par une Z_{mix} plus faible (stratification accrue). Dans les deux cas, la production photosynthétique de la colonne d'eau augment (Powell & et al., 1989; Cloern, 1991).

Dans le cas présent des eaux continentales ou côtières de la province, les turbidités sont fortes. Les profondeurs SD ("Secchi disk") sont de l'ordre de 0,3 m, ce qui équivaut à un coefficient d'atténuation verticale, K_d , de 5 m^{-1} , et à des Z_{eu} de l'ordre de 1 m. Pour des SD de 0,1 m, assez fréquents encore, nous aurions des Z_{eu} d'environ 0,3 m. Dans les chenaux de marée, la turbulence est forte, comme en témoignent justement les charges solides; nous pouvons admettre que Z_{mix} est égale à la profondeur réelle du chenal, bien supérieure à 1 m. La production nette sur la colonne d'eau est donc fortement réduite par la grande "profondeur optique".

Un autre raisonnement, moins analytique, peut aussi être utilisé. Toutes choses égales par ailleurs, le rendement photosynthétique (net ou brut) d'un plan d'eau est fonction de la portion de l'énergie lumineuse incidente disponible pour le phytoplancton. Cette portion est estimée par le rapport $[K_b/K_d]$. Le terme K_b est l'atténuation due au phytoplancton, et peut être estimé d'après B, avec une atténuation spécifique de $0,015 \text{ m}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ (Bannister, 1974). Nous aurions ainsi des rapports $[K_b/K_d]$ de l'ordre de 1% , explicitant autrement la très faible partie de l'énergie lumineuse qui soit disponible pour la photosynthèse.

4.2.3.3.2 - Eléments nutritifs

Le rôle des éléments nutritifs (que nous appellerons ici "nutrients") a été particulièrement étudié dans les lacs européens, en liaison avec les problèmes d'eutrophisation provenant de l'emploi des engrais. L'étude classique de Vollenweider (1976) a montré une étroite relation entre biomasse et phosphore. Plus largement, dans des eaux raisonnablement claires, il est logique que biomasse et production phytoplanctoniques ,soient contrôlées (en "bottom-up") par les nutriments. Nous revenons là sur la définition même d'un facteur limitant selon Liebig. Quoi qu'il en soit, les concentrations en nutriments sous forme minérale ne sont pas l'essentiel. Nous avons rappelé plus haut l'importance du rapport N/P (voir aussi Sterner, 1990; Chow-Fraser, 1991). Un autre point est que toutes les formes (minérales et organiques) doivent être prises en compte; à la limite, le taux de régénération contrôle la production spécifique (en fait, le rendement quantique; Kolber et al., 1990).

Dans le cas présent des eaux côtières, nous avons vu que les concentrations de N et P total sont fortes; une limitation par les nutriments semble exclue. Le rapport TDN/TDP est assez faible, mais une réelle limitation par l'azote semble peu probable en eaux naturelles (en bassins d'élevage, une fixation d'azote serait en outre possible).

4.2.4 - Milieux terrestres

Nous ne disposons pas, pour la mangrove de Minh Hai, de chiffres de biomasse ou de production, et nous n'avons pas de données sur les exportations éventuelles de matière organique. Depuis la "outwelling hypothesis" émise par Odum, la réalité de telles exportations a parfois été controversée (Woodroffe, 1985; Boto & Wellington, 1988). Cependant, la littérature indique qu'une mangrove exporte de la matière organique, et que cette exportation est corrélée positivement à l'amplitude de la marée (Twilley, 1985; Twilley et al., 1986; Lee, 1990; Rezenda et al., 1990; Alongi & Christoffersen, 1992). Une des meilleures preuves d'une réelle exportation est l'existence de marqueurs spécifiques en mer devant une mangrove (Moran et al., 1991 a,b). Les conditions locales le long des chenaux des mangroves de Minh Hai devraient permettre un apport annuel de l'ordre de 500 g C par m² de mangrove vers le milieu aquatique. Il est net qu'il faut replacer ce chiffre dans son contexte, à la fois par le fait de défrichements ... énergiques et par l'intense circulation des eaux, sur des trajets relativement courts. Il est possible qu'une bonne part des exportations organiques aboutisse rapidement dans les eaux marines côtières, sortant ainsi du système des eaux continentales proprement dites. Il nous semble peu plausible, et peu "rentable", d'étudier cet aspect du fonctionnement hydraulique.

Conclusion

Dans le milieu naturel des chenaux de la mangrove de Minh Hai, le phytoplancton est présent à des concentrations assez élevées pour ré-oxygéner partiellement les eaux. La photosynthèse est surtout limitée par la turbulence, qui entretient une forte turbidité minérale et une profondeur optique importante.

La matière organique dissoute (DOM), et éventuellement une fraction particulaire (détritique) moins importante, est en concentration assez élevée pour que les nutriments ne limitent pas la production primaire. Cette même DOM entraîne une consommation d'oxygène qui correspond à une production bactérienne non négligeable. La correspondance entre productions bactérienne et phytoplanctonique a été signalée ailleurs (Cole et al., 1988; Marra et al., 1988); cependant, si relation causale il y a, ce serait plutôt le recyclage qui alimenterait la photosynthèse. Quoi qu'il en soit, la richesse trophique dépend autant des deux processus complémentaires, autotrophie et hétérotrophie, si nous considérons le seston sous son aspect d'aliment pour les prédateurs tertiaires. Cependant, la limitation "bottom-up" de la production tertiaire n'est qu'un aspect; le recrutement d'une part, l'habitat d'autre part contrôlent aussi les populations. De ce point de vue, la modification de l'interface eau/continent peut avoir des conséquences non prévisibles par la présente étude.

En ce qui concerne les bassins, la limitation de la biomasse totale phytoplanctonique par les nutriments est peu probable, sauf avec des rapports N/P défavorables. L'évolution qualitative

(Cyanophycées) est peu contrôlable. Au niveau de la production tertiaire (crevettes surtout), la situation n'est pas claire. La prolifération de phytoplancton ne résoud pas la question de l'alimentation d'un prédateur benthique détritivateur; cependant une certaine sédimentation nocturne est possible. Les conditions hydrodynamiques, par contre, favorisent de faibles concentrations en oxygène; il reste à déterminer les seuils critiques. Mais les conditions de milieu ne sont pas les seuls déterminants de la population tertiaire, là non plus. La question du recrutement reste à examiner.

Enfin, en ce qui concerne le milieu terrestre, et spécialement les mangroves, notre étude semble indiquer que sa contribution, par des apports organiques, est nécessaire pour entretenir une certaine production aquatique "mixte". Cet effet n'est pas obligatoirement cantonné aux eaux continentales, mais pourrait bien s'étendre à une frange d'eaux côtières. Si l'élimination des mangroves n'a pas toujours de conséquences (néfastes) nettes à court terme, il serait imprudent d'engager l'avenir à moyen et long terme.

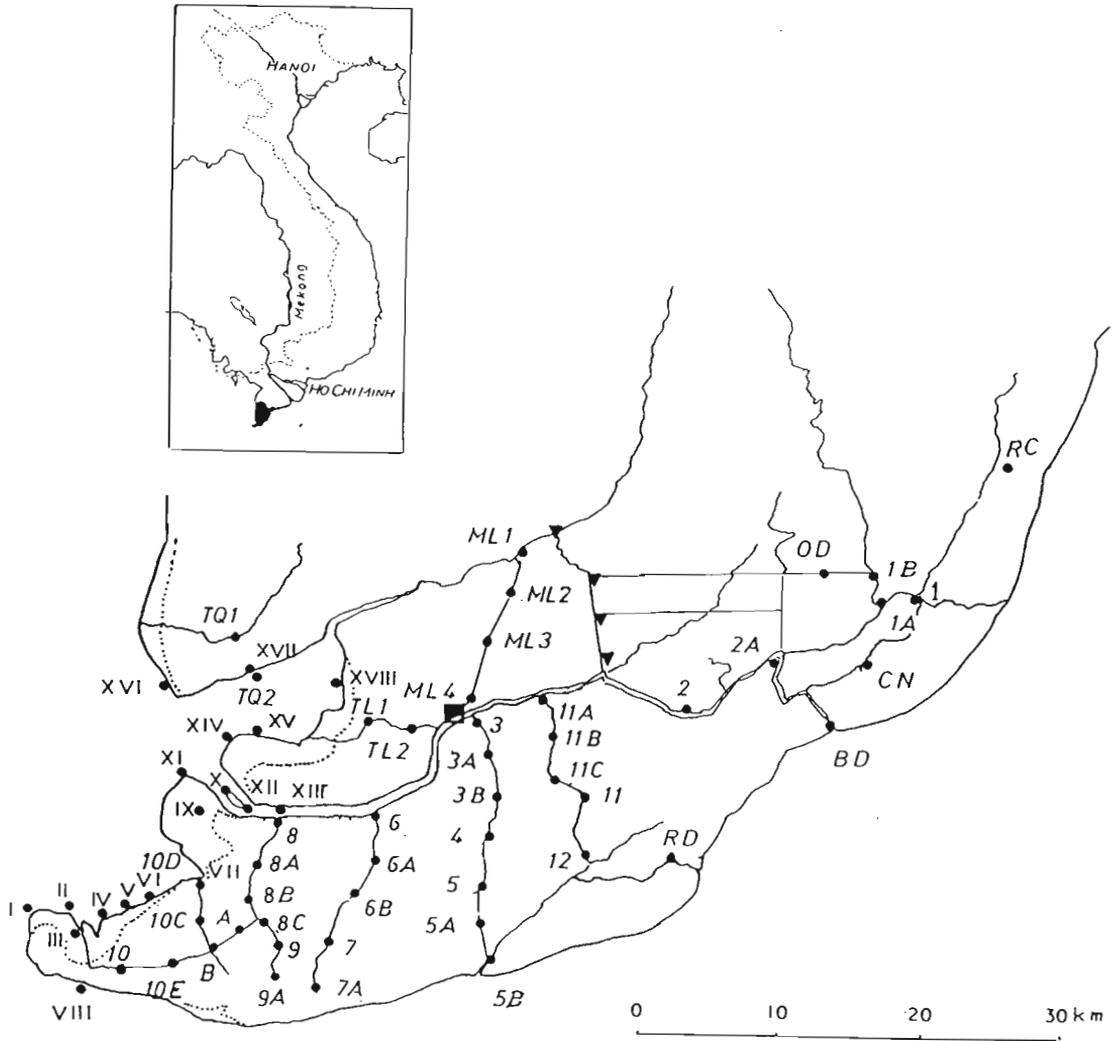


Figure 1: Carte de situation de la zone étudiée et emplacement des stations (en chiffres romains, stations par Phan Nguyen Hong & Le Duc An en juin 1992). En pointillé, ligne de côte de la carte IGN (ré-édition 1953). Le carré indique la position de Nam Can. Dans l'encart, en noir, territoire de la province de Minh Hai.

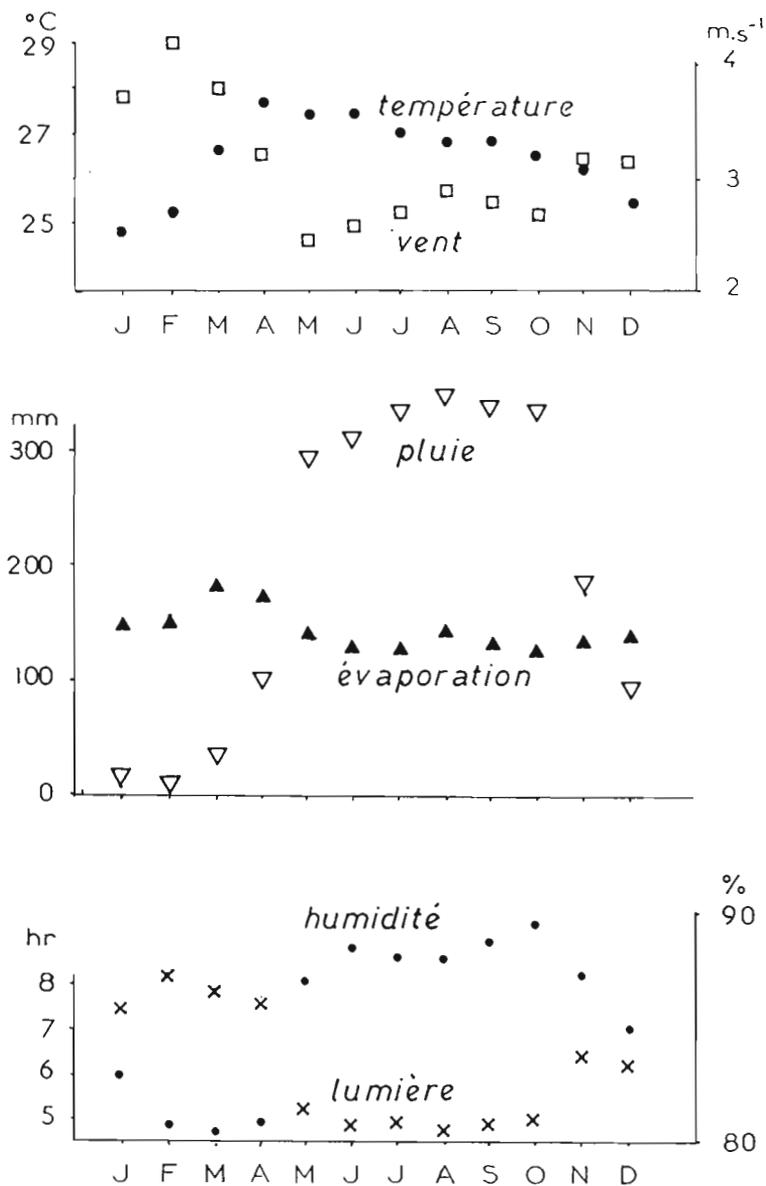


Figure 2: Eléments principaux du climat à Ca Mau (moyennes mensuelles). En haut, température moyenne et vitesse du vent; en bas, humidité relative et durée du jour. Voir texte et tableau I pour données complémentaires.

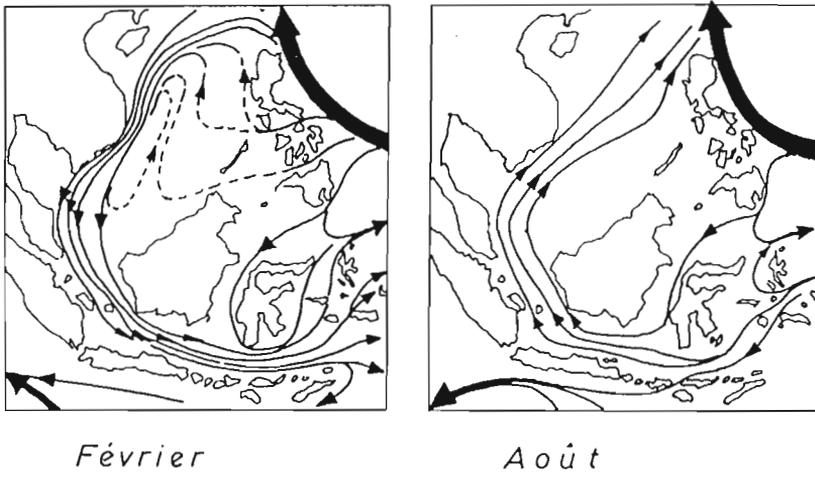


Figure 3: Renversement des courants en Asie du Sud-Est sous l'effet des vents de mousson (d'après Wyrki (1961) in Longhurst & Pauly, 1987).

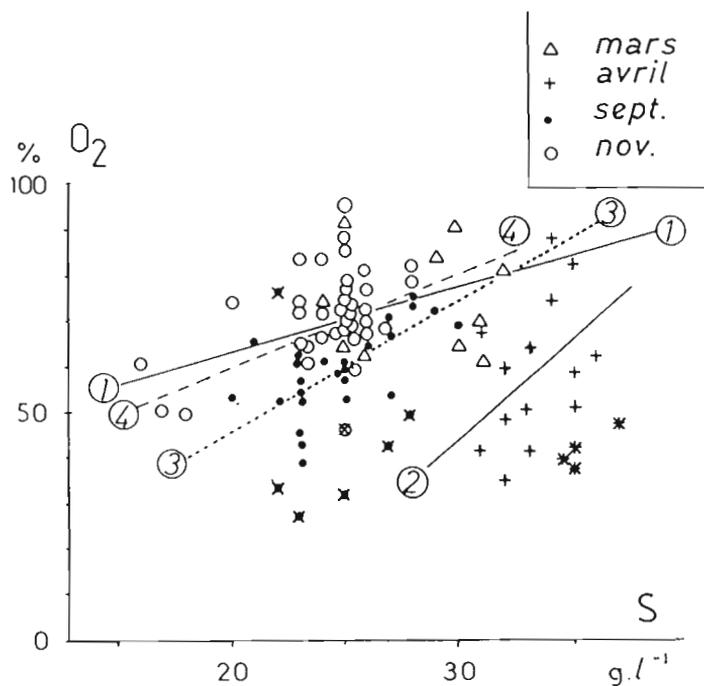


Figure 4: Augmentation parallèle de la teneur en O₂ (%sat) et de la salinité (S) à chaque campagne. Les x repèrent les stations à plus de 10 lg chl.l⁻¹. Les droites représentent les corrélations pour chaque campagne en mars, avril, septembre et novembre:

- 1) %sat = +35,3 + 1,39 . S (n = 10; r = 0,29 n.s.)
- 2) %sat = -87,5 + 4,40 . S (n = 14; r = 0,44 n.s.)
- 3) %sat = + 9,5 + 2,10 . S (n = 31; r = 0,48, P < 0,01)
- 4) %sat = + 22,1 + 1,93 . S (n = 31; r = 0,52, P < 0,01)

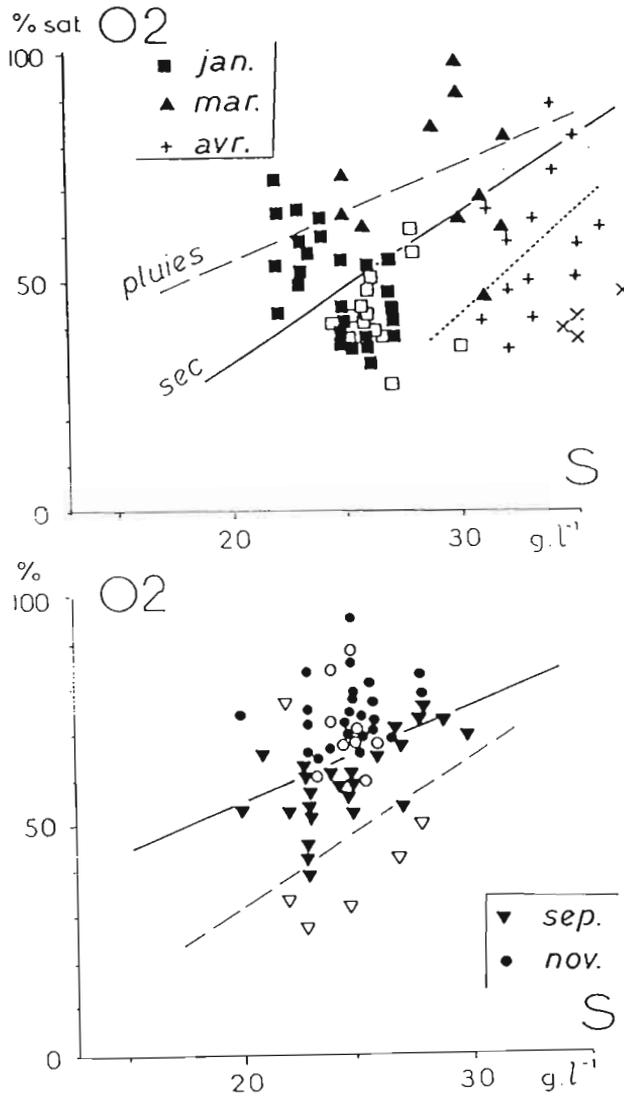


Figure 5: Augmentation parallèle de la teneur en O₂ (%sat) et de la salinité (S) en saison sèche et en fin de saison des pluies. Les données d'avril se retrouvent à l'écart, avec des salinités fortes. Les stations à fortes biomasses ($B > 10 \mu\text{g chl.l}^{-1}$), à plus faible teneur en O₂, sont différenciées (symboles clairs et x) et exclues des corrélations.

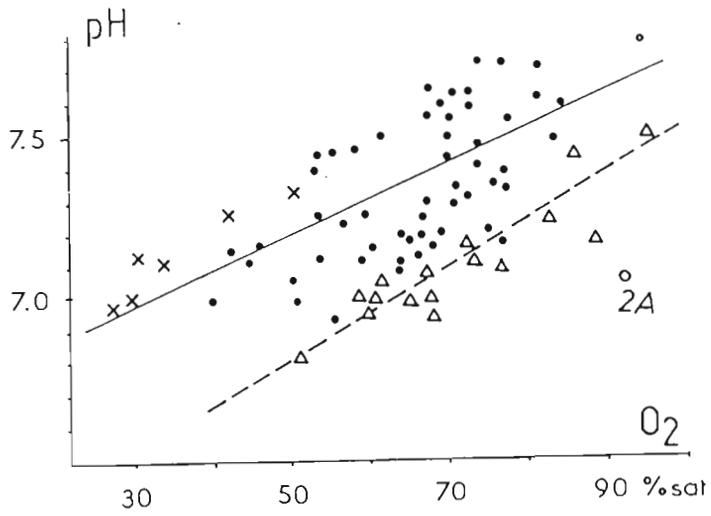


Figure 6: Augmentation parallèle du pH et de la teneur en oxygène en septembre et novembre 1992. Un groupe de stations (Δ) à fortes biomasses présente des pH plus faibles (régression en pointillés: $\text{pH} = 6,07 + 0,015 \text{ \%sat}$). Pour les autres stations (trait continu: $\text{pH} = 6,65 + 0,011 \text{ \%sat}$), nous avons distingué et éliminé les stations à salinité faible (x).

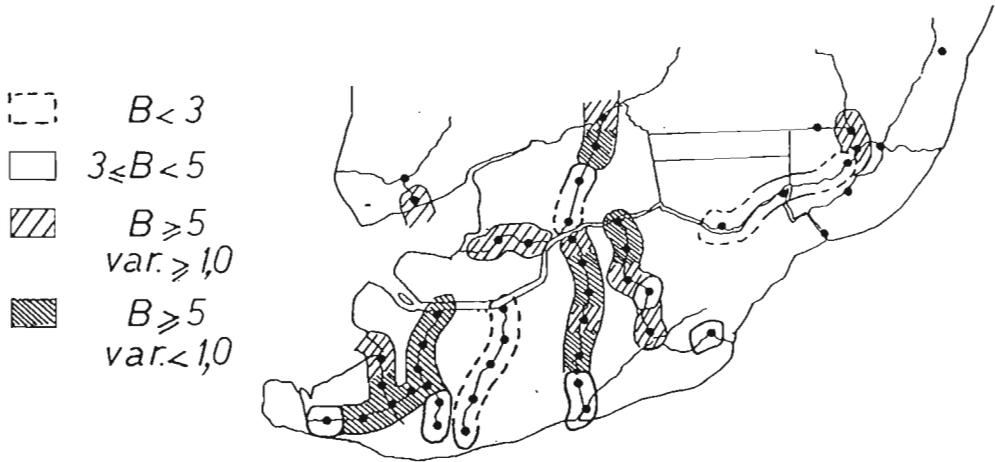


Figure 7: Répartition des biomasses moyennes (en $\mu\text{g chl.l}^{-1}$; moyennes des quatre campagnes). La variabilité (quotient [écart/moyenne]) est utilisée pour subdiviser la classe "riche", à $B > 5 \mu\text{g chl.l}^{-1}$.

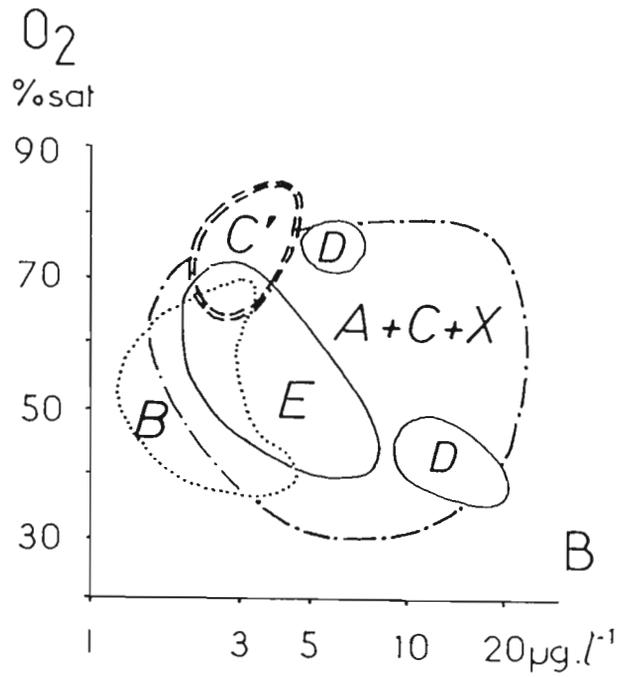


Figure 8: Distribution schématique des groupes de stations (*) selon leur biomasse phytoplanktonique et leur oxygénation. Les quatre campagnes de 1992 et la tournée de janvier 1993 sont utilisées ici.

groupe X: st. 10 à 10E; groupe A: st. 08 à 8C et st. 09-9A; groupe B: st. 06 à 7A; groupe C: st. 03 à 05; groupe C': st. 5A-5B; groupe D: st. 11 à 12 et st. RD; groupe E: st. 01 à 2A, st. BD et CN; groupe N(Nord): st. ML1, ML2, 1B et OD.

Tableau I : Eléments de météorologie

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	an
température moyenne (°C)													
a	25,8	26,7	27,8	28,9	28,0	27,2	26,7	27,0	26,6	26,5	26,3	25,8	26,9
b	24,9	25,4	26,6	27,6	27,4	27,4	27,0	26,8	26,8	26,5	26,2	25,5	26,5
pluie moyenne (mm par mois)													
a	16	3	13	42	220	331	314	269	336	269	115	56	1984
b	18	7	32	97	290	307	330	343	337	332	179	88	2360
c	-	-	-	-	246	364	296	350	370	350	205	-	2265
évaporation moyenne (mm par mois; Piche)													
a	94	106	135	126	78	66	64	67	54	52	59	76	977
b	149	152	184	176	145	131	134	144	134	129	135	138	1751
humidité relative (%)													
b	83	81	80	81	87	88	88	88	89	89	87	85	86
vent													
a*	E	SE	SE	SE	SW	SW-W	SW	SW	SW	SW	var	NE	
b \bar{x}	3.8	4.2	3.8	3.2	2.5	2.6	2.7	2.9	2.8	2.7	3.2	3.2	
durée du jour (heures)													
b	7.4	8.1	7.7	7.5	5.2	4.9	5.0	4.7	4.9	5.0	6.3	6.1	6.1

a: Données pour HoChiMinh Ville (Nieuwolt, 1981; Bruzon et al., 1940); a*: direction dominante

b: données pour Ca Mau ("Données météorologiques standard du Vietnam". Min. Construct. Vietnam); b \bar{x} : vitesse (m.s⁻¹)

c: données pour Nam Can ("Des recherches météorologiques, 1976-1982". Inst. Météorol., 1983)

Tableau II Matière organique dissoute dans les eaux côtières
 (d'après les données de Phan Nguyen Hong et Le Duc An, 1992)
 Toutes concentrations en $\mu\text{mol.l}^{-1}$; DBO5 en $\mu\text{mol O}_2.\text{l}^{-1}$; rapports molaires.

stat.	DBO5	TDN	DOC	C/N	TDP	N/P	C/P
I1	937	71	795	11.2	2.5	28.6	318
I2	906	88	730	8.3	6.0	14.6	122
II1	1094	63	968	15.4	5.9	10.6	164
II2	1187	56	1075	19.2	5.8	9.6	185
II3	844	98	648	6.6	3.5	27.9	185
III2	906	72	762	10.6	3.7	19.2	206
IV1	812	77	658	8.5	2.8	27.4	235
IV2	1000	109	782	7.2	5.2	21.0	150
V1	-	103	-	-	5.4	19.0	-
VI1	1000	157	686	4.4	6.2	25.2	111
VI2	1281	121	1038	8.6	4.2	28.4	247
VII2	812	70	672	9.6	3.9	17.8	172
VII2	937	95	747	7.9	2.6	36.8	287
VIII1	1406	31	1344	43.3	1.5	20.7	896
IX1	844	118	608	5.1	3.2	36.6	190
IX2	844	102	640	6.3	2.6	39.2	246
X1	812	114	584	5.1	3.2	35.3	182
XV1	719	62	595	9.6	2.0	31.5	297
XV2	687	88	511	5.8	2.2	40.1	232
XVII1	844	121	602	5.0	3.7	32.3	163
XVII2	844	116	612	5.3	4.2	27.9	146

Les valeurs de DOC correspondent à la DBO5 "corrigée" du TDN, supposé équivalent chimiquement à NH_4^+ (voir texte)

Résultats de la sortie de Mars 1992

	heure date hh:mn	Sal g/l	temp °C	pH	O2 mg/l	O2 %sat	chl lg.l ⁻¹	DS m	mar.
ML2	09:45 11	31	28.7	*	4.0	62	3.6	*	
01A	12:31 12	29	*	*	5.4	84	2.4	.1	*
02'	10:58 12	30	*	*	4.1	64	1.5	.3	*
03	15:15 11	27	*	*	*	*	*	.1	*
03A	17:05 11	30	*	*	5.8	91	3.1	*	*
03B	15:55 11	26	30.6	*	4.0	62	3.0	*	*
06	11:36 11	25	30.0	*	6.0	91	0.9	.6	*
06A	12:00 11	24	30.4	*	4.8	74	1.8	.4	*
07	13:30 11	25	30.0	*	4.3	65	1.4	.3	*
11	08:30 12	31	29.2	*	3.0	46	3.3	.3	*
11B	07:33 12	32	29.6	*	5.1	81	1.9	.2	*
0,45	15:50 12	27	*	*	*	*	*	*	*
0,65	15:05 12	27	*	*	*	*	*	*	*
0,75	14:16 12	27	*	*	*	*	*	*	*
0,96	07:48 11	25	26.8	*	*	*	*	*	*

Résultats de la sortie d' Avril 1992

	heure date hh:mn	Sal g/l	temp °C	pH	O2 mg/l	O2 %sat	chl lg.l ⁻¹	DS m	mar.
ML1	09:35 18	31	31.3	*	2.6	42	1.2	*	*
ML2	11:30 18	34	31.7	*	4.5	75	6.2	*	*
ML2*	11:30 18	34	33.4	*	5.2	88	9.1	*	*
ML4	12:00 18	35	32.6	*	3.5	59	9.3	*	*
02'	11:50 20	36	32.5	*	3.8	63	1.8	*	*
02A	12:40 20	37	33.2	*	2.8	48	4.1	*	*
03	11:45 18	32	31.5	*	3.0	48	12.8	*	*
03B	15:45 18	35	34.5	*	3.0	52	8.0	*	*
04	12:15 18	33	32.1	*	3.1	51	11.1	*	*
05	12:30 18	32	32.8	*	3.5	58	7.2	*	*
05A	13:15 18	31	32.3	*	4.1	67	3.1	*	*
05B	14:00 18	35	32.3	*	5.0	83	4.6	*	*
06	11:00 19	35	32.0	*	2.5	41	2.3	*	*
07A	15:55 19	33	32.2	*	2.6	42	4.3	*	*
08A	11:00 19	35	32.4	*	2.3	38	4.7	*	*
09	11:30 19	32	33.5	*	2.1	35	8.4	*	*
10D	13:30 19	33	33.6	*	3.8	64	25.2	*	*
11	07:40 20	35	31.7	*	2.5	41	3.5	*	*

Résultats de la sortie de Septembre 1992

	heure	Sal g/l	T°C °C	pH	Oxygène		B (fluo) µg.l ⁻¹	Secchi m	marée
					mg/l	%sat			
ML1	09:30	22	32.4	7.00	4.3	67	11,1	0,25	m
ML2	09:56	25	31.5	7.00	3.8	60	7,5	0,25	m
ML3	10:09	26	30.8	7.00	4.0	62	2,6	0,25	m
ML4	10:32	28	30.8	7.20	4.8	75	2,6	0,17	H
01	10:50	27	32.5	7.37	3.3	53	3,6	0,45	m
01A	14:40	25	34.6	7.43	3.3	53	6,9		m
01B	14:46	22	34.7	7.36	4.7	76	38,3		m
02	09:52	30	33.3	7.61	4.2	69	1,8	0,55	m
02A	10:20	29	32.2	7.60	4.4	71	2,1	0,45	m
03	12:17	25	31.0	7.62	4.6	70	1,3	0,32	d
03A	12:38	24	31.5	7.42	4.3	68	4,3	0,42	d
03B	12:52	23	32.3	7.37	3.9	60	3,3	0,40	d
04	13:14	25	32.4	6.94	3.6	56	1,5	0,58	d
05	13:36	25	32,4	7.36	4.9	77	2,5	0,25	d
05A	13:55	27	31.9	7.54	4.4	70	2,3	0,22	d
05B	14:09	27	32.2	7.58	4.2	67	2,0	0,18	d
06	16:33	25	30.6	7.32	4.6	71	3,0	0,15	B
06A	16:52	25	29.5	7.27	3.9	59	1,6	0,20	d
06B	17:07	23	28.7	7.14	2.9	43	2,9	0,33	d
07	17:19	23	28.6	7.12	3.0	45	1,3	0,28	B
07A	17:29	22	28.4	7.00	3.5	52	1,1	0,38	B
08	08:27	28	32.8	7.49	4.6	75	2,1	0,33	m
08A	08:40	24	32.5	7.18	3.9	61	5,6	0,40	m
08B	09:00	23	32.8	7.00	2.5	39	2,6	0,48	H
08C	09:10	23	32.3	7.12	3.5	54	2,6	0,33	d
09	09:23	23	32.4	7.46	3.4	53	2,5	0,35	d
09A	09:41	23	32.1	7.53	4.0	62	2,5	0,24	d
10	12:50	25	32.0	7.44	3.7	58	4,1	0,45	H
10A	10:07	26	32.5	7.01	1.8	29	1,9	0,28	H
10B	10:45	25	31.8	7.60	4.3	68	2,7	0,20	m
10C	11:08	23	33.6	7.22	3.6	57	2,6	0,32	m
10D	11:25	20	34.6	7.26	3.4	54	4,9	0,37	m
10E	12:00	21	32.5	7.37	4.1	65	2,1	0,40	m
11A	07:21	28	32.0	7.36	3.2	50	10,9	0,17	d
11B	07:41	27	31.3	7.26	2.7	42	11,7	0,18	d
11C	07:53	25	31.1	7.13	2.0	31	39,0	0,18	d
11D	08:09	23	31.9	6.99	1.8	27	5,3	0,19	d
11E	08:16	22	31.4	7.10	2.2	34	68,8	0,25	B

Résultats de la sortie de Novembre 1992

	heure date	Sal	temp	pH	O2	O2	chl	DS	mar.
	hh:mn	g/l	°C		mg/l	%sat	µg.l ⁻¹	m	
BD	10:15 26	18	30.2	7.80	6.40	94		.07	d
CN	08:30 26	16	29.8	7.06	4.25	61		.11	d
ML1	08:05 27	26	29.7	7.73	5.00	76	2.7	.11	d
ML2	07:45 27	26	30.0	7.74	4.70	72	2.5	.15	d
ML3	07:30 27	28	30.1	7.72	5.20	81	2.1	.13	d
ML4	07:11 27	28	30.1	7.55	5.00	78	2.4	.09	d
OD	11:08 25	17	30.4	6.81	3.50	51		.10	B
RC	14:40 25	17	33.4	7.46	5.60	86		.32	m
RD	14:42 28	15	30.8	7.52	6.45	94	4.3	.05	m
TL1	11:20 27	23	30.6	7.48	5.50	84	6.5		d
TL2	11:55 27	24	30.6	7.36	4.75	73	5.4		d
TQ1	09:30 27	15	31.3	6.98	4.60	68		.22	d
TQ2	11:00 27	24	30.4	7.24	5.50	84	10.3	.22	d
01	12:31 25	18	32.8	7.06	3.25	50	2.9	.10	m
02	16:07 25	25	30.1	7.61	5.60	85	3.2	.07	m
02A	15:50 25	25	30.0	7.09	6.20	94	4.2	.07	m
03	10:20 28	26	30.7	7.14	4.25	66	10.4		d
03A	10:33 28	25	30.9	7.16	4.35	67	8.4		d
03B	10:52 28	25	31.1	7.10	3.95	61	9.7		d
04	11:03 28	25	30.6	7.12	4.60	71	10.1		d
05	11:22 28	25	30.9	7.19	5.70	88	10.0		<c>
05A	11:30 28	25	30.7	7.18	5.10	78	4.9		d
05B	11:42 28	25	30.7	7.21	4.45	68	2.5		d
06	08:25 28	20	30.8	7.34	4.70	71	1.8		d
06A	08:38 28	26	30.7	7.56	4.30	67	2.0		d
06B	08:50 28	26	30.7	7.52	4.50	70	3.1		d
07	09:00 28	25	30.8	7.46	4.55	70	1.9		d
07A	09:13 28	25	30.9	7.21	4.25	66	1.7		d
08	13:05 27	23	32.2	7.11	4.70	73	8.4		d
08A	13:20 27	23	32.0	7.10	4.75	74	7.9		d
08B	13:35 27	25	31.8	7.10	4.25	67	11.7		d
08C	13:45 27	23	32.1	7.04	3.85	60	12.1		d
09	13:50 27	23	31.8	7.03	4.20	65	6.9		<c>
09A	14:07 27	23	31.8	7.08	4.15	64	4.7		d
10	16:42 27	25	31.0	7.14	3.00	46	4.4		B
10A	14:23 27	25	32.2	7.10	4.25	67	9.9		d
10B	14:48 27	24	32.2	7.20	4.30	68	8.3		d
10C	15:20 27	24	32.4	7.10	4.35	69	6.6		d
10D	15:35 27	24	32.3	7.12	4.55	72	12.7		B
10E	16:24 27	25	31.7	7.16	3.75	59	9.5		B
11	16:08 26	25	31.1	7.41	4.75	74	4.7	.08	m
11A	16:50 26	26	30.2	7.62	5.35	82	6.5	.05	m
11B	16:35 26	25	30.1	7.57	4.60	70	3.2	.13	m
11C	16:20 26	27	31.0	7.30	4.35	68	6.2	.15	m
12	16:00 26	25	30.2	7.29	4.40	67	5.3	.08	m

état de la marée: d: descendante, B: basse; m: montante; H: haute; <c>: convergence de marées montantes

Résultats de la sortie de Janvier 1993

	heure date hh:mn	Sal g/l	temp °C	pH	O2 mg/l	O2 %sat	chl lg.l ⁻¹	DS m	mar.
ML1	10:58 05	27	30.6	7.28	3.45	54	3.4	.13	m
ML2	11:17 05	28	30.4	7.51	3.60	56	12.2	.20	m
ML3	11:25 05	28	30.2	7.47	4.00	62	17.5	.20	m
ML4	11:53 05	30	30.3	7.47	2.20	35	10.6	.28	m
TB1	15:07 05	26	33.0	7.24	3.25	53	4.5	.35	H
TB2	15:21 05	22	32.2	7.77	3.50	54	1.9	.40	H
TL1	15:03 06	25	31.7	7.44	2.25	35	4.6	.33	m
TL2	15:50 06	23	31.8	7.71	3.25	50	2.4	.18	m
TL3	16:18 06	26	32.8	7.64	3.10	50	9.8	.22	m
01	11:45 07	22	33.4	7.44	2.75	44	4.8	.07	B
02	10:00 07	24	33.1	7.84	3.95	63	4.0	.03	d
02A	10:20 07	23	33.0	7.90	4.15	65	7.0	.02	d
03	12:51 05	23	31.8	7.72	3.30	51	2.0	.15	m
03A	13:11 05	26	31.8	7.42	2.65	42	10.1	.30	m
03B	13:20 05	26	31.4	7.44	2.65	41	9.0	.30	m
04	13:29 05	26	31.2	7.36	2.40	37	3.0	.25	m
05	13:41 05	25	31.0	7.42	2.65	41	3.0	.32	m
05A	13:56 05	22	31.2	7.86	4.25	65	1.8	.28	m
05B	14:04 05	22	31.4	7.93	4.75	73	1.6	.22	H
06	15:39 05	23	31.3	7.80	3.60	55	1.4	.40	d
06A	15:50 05	24	31.9	7.80	3.75	59	1.8	.40	d
06B	16:00 05	25	32.3	7.67	3.50	55	3.0	.54	d
07	16:10 05	25	32.0	7.39	2.60	41	2.0	.55	d
07A	16:20 05	26	32.0	7.29	2.10	33	2.4	.55	d
08	13:37 06	23	31.8	7.65	3.75	58	3.3	.23	m
08A	13:25 06	25	33.0	7.35	2.65	42	9.9	.25	m
08B	13:13 06	25	33.1	7.26	2.30	37	8.7	.18	m
08C	13:07 06	26	33.1	7.29	2.25	36	8.7	.13	B
09	13:00 06	25	33.1	7.24	2.65	42	12.3	.08	d
09A	12:47 06	26	32.6	7.24	2.55	41	10.3	.09	d
10	10:40 06	27	31.0	7.21	1.80	28	11.1	.05	d
10A	12:26 06	26	33.5	7.30	2.95	48	13.8	.12	<c>
10B	12:07 06	25	33.1	7.25	2.40	38	6.5	.10	<c>
10C	10:03 06	25	31.1	7.16	2.55	39	6.4	.20	d
10D	09:41 06	27	32.8	7.14	2.90	47	6.4	.10	d
10E	10:18 06	26	31.0	7.17	1.50	23	7.1	.08	d
11	08:42 07	26	32.2	7.38	2.75	44	9.1	.07	d
11A	08:07 07	27	32.6	7.11	2.60	42	7.9	.05	d
11B	08:20 07	27	33.1	7.29	2.65	43	7.1	.03	d
11C	08:31 07	27	32.3	7.27	2.35	38	19.1	.03	d
12	08:50 07	27	32.4	7.36	2.45	39	7.1	.07	d

état de la marée: d: descendante, B: basse; m: montante; H: haute; <c>: convergence de marées montantes

Compilation des données: SALINITE (en g.l⁻¹)

	oct	mar	avr	jun	sept	nov	jan	fev
1	BD	*	*	*	*	18	*	*
2	BG	*	*	*	*	*	*	*
4	CN	*	*	*	*	16	*	*
5	ML1	20	*	31	*	22	26	27
6	ML2	*	27	34	*	25	26	28
7	ML3	*	*	*	*	26	28	28
8	ML4	*	*	35	*	28	28	30
9	OD	*	*	*	*	17	*	*
10	RC	20	*	*	*	17	*	*
11	RC'	29	*	*	*	*	*	*
12	RCN1	12	*	*	*	*	*	32
13	RCN2	12	*	*	*	*	*	32
14	RD	*	*	*	*	15	*	*
15	TB1	*	*	*	*	*	26	*
16	TB2	*	*	*	*	*	22	*
17	TL1	*	*	*	*	23	25	*
18	TL2	*	*	*	*	24	23	*
19	TL3	*	*	*	*	*	26	*
20	TQ1	21	*	*	*	15	*	*
21	TQ2	22	*	*	*	24	*	*
22	01	*	29	*	*	27	18	22
23	01A	16	*	*	*	25	*	32
24	01B	*	*	*	*	22	*	32
25	02	*	30	36	*	30	25	24
26	02'	*	*	*	*	*	*	*
27	02A	24	*	37	*	29	25	23
28	03	20	27	32	*	25	26	23
29	03A	*	*	*	*	24	25	26
30	03B	*	26	35	*	23	25	26
31	04	*	*	*	*	25	25	26
32	05	*	*	32	*	25	25	25
33	05A	*	*	31	*	27	25	22
34	05B	*	*	35	*	27	25	22
35	06	22	25	35	*	25	*	23
36	06A	*	*	*	*	25	26	24
37	06B	*	24	*	*	23	26	25
38	07	17	25	*	*	23	25	25
39	07A	*	*	33	*	22	25	26
40	08	20	*	35	25	28	23	23
41	08A	*	*	*	*	24	23	25
42	08B	*	*	*	*	23	25	25
43	08C	*	*	*	*	23	23	26
44	09	17	*	*	*	23	23	25
45	09A	*	*	*	*	23	23	26
46	10	*	*	*	*	25	25	27
47	10A	*	*	32	*	26	25	26
48	10B	*	*	*	*	25	24	25
49	10C	*	*	*	*	23	24	25
50	10D	*	*	33	33	20	24	27
51	10E	*	*	*	*	21	25	26
52	11	*	31	35	*	*	25	26
53	11A	20	*	*	*	28	26	27
54	11B	*	32	*	*	27	25	27
55	11C	*	32	*	*	25	27	27
56	11D	*	*	*	*	23	*	*
57	11E	*	*	*	*	22	*	*
58	12	*	*	*	*	*	25	27
59	0.04	*	*	*	*	*	*	*
60	0,35	*	*	*	*	*	*	*

Salinité (suite)

		oct	mar	avr	jun	sept	nov	jan	fev
61	0,45	*	*	27	*	*	*	*	30
62	0,5	*	27	*	*	*	*	*	30
63	0,65	*	27	*	*	*	*	*	31
64	0,75	*	30	*	*	*	*	*	31
65	0,91	22	*	*	*	*	*	*	33
66	0,92	12	*	*	*	*	*	*	32
67	0,93	9	*	*	*	*	*	*	32
68	0,95	7	*	*	*	*	*	*	33
69	0,96	0	*	*	*	*	*	*	30
70	I	*	*	*	33	*	*	*	*
71	II	*	*	*	33	*	*	*	*
72	IV	*	*	*	33	*	*	*	*
73	V	*	*	*	35	*	*	*	*
74	VI	*	*	*	32	*	*	*	*
75	VIII	*	*	*	32	*	*	*	*
76	IX	*	*	*	32	*	*	*	*
77	X	*	*	*	25	*	*	*	33
78	XV	*	*	*	27	*	*	*	*
79	XVIII	29	*	*	30	*	*	*	*

Compilation des données: OXYGENE DISSOUS (en % de la saturation)

		oct	mar	avr	jun	sept	nov	jan	fev
1	BD	*	*	*	*	*	94	*	*
2	BG	*	*	*	*	*	*	*	*
4	CN	*	*	*	*	*	61	*	*
5	ML1	*	*	42	*	67	76	54	*
6	ML2	*	*	75	*	60	72	56	*
7	ML3	*	62	88	*	62	81	62	*
8	ML4	*	*	*	*	75	78	35	*
9	OD	*	*	*	*	*	51	*	*
10	RC	*	*	*	*	*	86	*	*
11	RC'	*	*	*	*	*	*	*	*
12	RCN1 *	*	*	*	*	*	*	*	*
13	RCN2 *	*	*	*	*	*	*	*	*
14	RD	*	*	*	*	*	94	*	*
15	TB1	*	*	*	*	*	*	53	*
15	TB2	*	*	*	*	*	*	54	*
15	TL1	*	*	*	*	*	84	35	*
16	TL2	*	*	*	*	*	72	50	*
16	TL3	*	*	*	*	*	*	50	*
17	TQ1	*	*	*	*	*	68	*	*
18	TQ2	*	*	*	*	*	84	*	*
19	01	*	84	*	*	53	50	44	*
20	01A	*	*	*	*	53	*	*	*
21	01B	*	*	*	*	76	*	*	*
22	02	*	64	63	*	69	85	63	*
	02'	*	*	*	*	*	*	*	*
23	02A	*	*	48	*	71	94	65	*
24	03	*	91	48	*	70	66	51	*
25	03A	*	*	*	*	68	67	42	*
26	03B	*	62	52	*	60	61	41	*
27	04	*	*	*	*	56	71	37	*
28	05	*	*	58	*	77	88	41	*
29	05A	*	*	67	*	70	78	65	*
30	05B	*	*	83	*	67	68	73	*
31	06	*	91	41	*	71	71	55	*
32	06A	*	74	*	*	59	67	59	*
33	06B	*	*	*	*	43	70	55	*
34	07	*	65	*	*	45	70	41	*
35	07A	*	*	42	*	52	66	33	*
36	08	*	*	38	*	75	73	58	*
37	08A	*	*	*	*	61	74	42	*
38	08B	*	*	*	*	39	67	37	*
39	08C	*	*	*	*	54	60	36	*
40	09	*	*	*	*	53	65	42	*
41	09A	*	*	*	*	62	64	41	*
42	10	*	*	*	*	58	46	28	*
43	10A	*	*	35	*	29	67	48	*
44	10B	*	*	*	*	68	68	38	*
45	10C	*	*	*	*	57	69	39	*
46	10D	*	*	64	*	54	72	47	*
47	10E	*	*	*	*	65	59	23	*
48	11	*	46	41	*	*	74	44	*
49	11A	*	*	*	*	50	82	42	*
50	11B	*	*	*	*	42	70	43	*
51	11C	*	81	*	*	31	68	38	*
52	11D	*	*	*	*	27	*	*	*
53	11E	*	*	*	*	34	*	*	*
54	12	*	*	*	*	*	67	39	*
		oct	mar	avr	juin	sept	nov	jan	fev

Compilation des données : BIOMASSES PHYTOPLANCTONIQUES ($\mu\text{g chl. l}^{-1}$)

		oct	mar	avr	sept	nov	jan	fev
1	BD	*	*	*	*	*	*	*
2	BG	*	*	*	*	*	*	*
4	CN	*	*	*	*		*	*
5	ML1	*	*	1.2	11.1	2.7	3.4	*
6	ML2	*	*	6.2	7.5	2.5	12.2	*
7	ML3	*	(3)	9.1	2.6	2.1	17.5	*
8	ML4	*	*	*	2.6	2.4	10.6	*
9	OD	*	*	*	*		*	*
10	RC		*	*	*		*	*
11	RC'		*	*	*	*	*	*
12	RCN1	*	*	*	*	*		
13	RCN2	*	*	*	*	*		
14	RD	*	*	*	*	4.3	*	*
15	TB1	*	*	*	*	*	4.5	*
15	TB2	*	*	*	*	*	1.9	*
15	TL1	*	*	*	*	6.5	4.6	*
16	TL2	*	*	*	*	5.4	2.4	*
16	TL3	*	*	*	*	*	9.8	*
17	TQ1		*	*	*	*	*	*
18	TQ2		*	*	*	10.3	*	*
19	01	*	2.4	*	3.6	2.9	4.8	
20	01A	*	*	*	6.9	*	*	
21	01B	*	*	*	38.3	*	*	
22	02	*	1.5	1.8	1.8	3.2	4.0	*
	02'	*	*	*	*	*	*	*
23	02A		*	4.1	2.1	4.2	7.0	*
24	03	*	3.1	12.8	1.3	10.4	2.0	
25	03A	*	*	*	4.3	8.4	10.1	*
26	03B	*	3.0	8.0	3.3	9.7	9.0	*
27	04	*	*	*	1.5	10.1	3.0	*
28	05	*	*	7.2	2.5	10.0	3.0	*
29	05A	*	*	3.1	2.3	4.9	1.8	*
30	05B	*	*	4.6	2.0	2.5	1.6	*
31	06	*	0.9	2.3	3.0	1.8	1.4	*
32	06A	*	1.8	*	1.6	2.0	1.8	*
33	06B	*	*	*	2.9	3.1	3.0	*
34	07	*	1.4	*	1.3	1.9	2.0	*
35	07A	*	*	4.3	1.1	1.7	2.4	*
36	08		*	4.7	2.1	8.4	3.3	
37	08A	*	*	*	5.6	7.9	9.9	*
38	08B	*	*	*	2.6	11.7	8.7	*
39	08C	*	*	*	2.6	12.1	8.7	*
40	09		*	*	2.5	6.9	12.3	*
41	09A	*	*	*	2.5	4.7	10.3	*
42	10	*	*	*	4.1	4.4	11.1	*
43	10A	*	*	8.4	1.9	9.9	13.8	*
44	10B	*	*	*	2.7	8.3	9.5	*
45	10C	*	*	*	2.6	6.6	6.4	*
46	10D	*	*	25.2	4.9	12.7	6.4	*
47	10E	*	*	*	2.1	9.5	7.1	*
48	11	*	3.3	3.5	*	4.7	9.1	*
49	11A	*	*	*	10.9	6.5	7.9	*
50	11B	*	*	*	11.7	3.2	7.1	*
51	11C	*	1.9	*	39.0	6.2	19.1	*
52	11D	*	*	*	5.3	*	*	*
53	11E	*	*	*	68.8	*	*	*
54	12	*	*	*	*	5.3	7.1	*
55	0.04	*	*	9.3	*	*	*	*

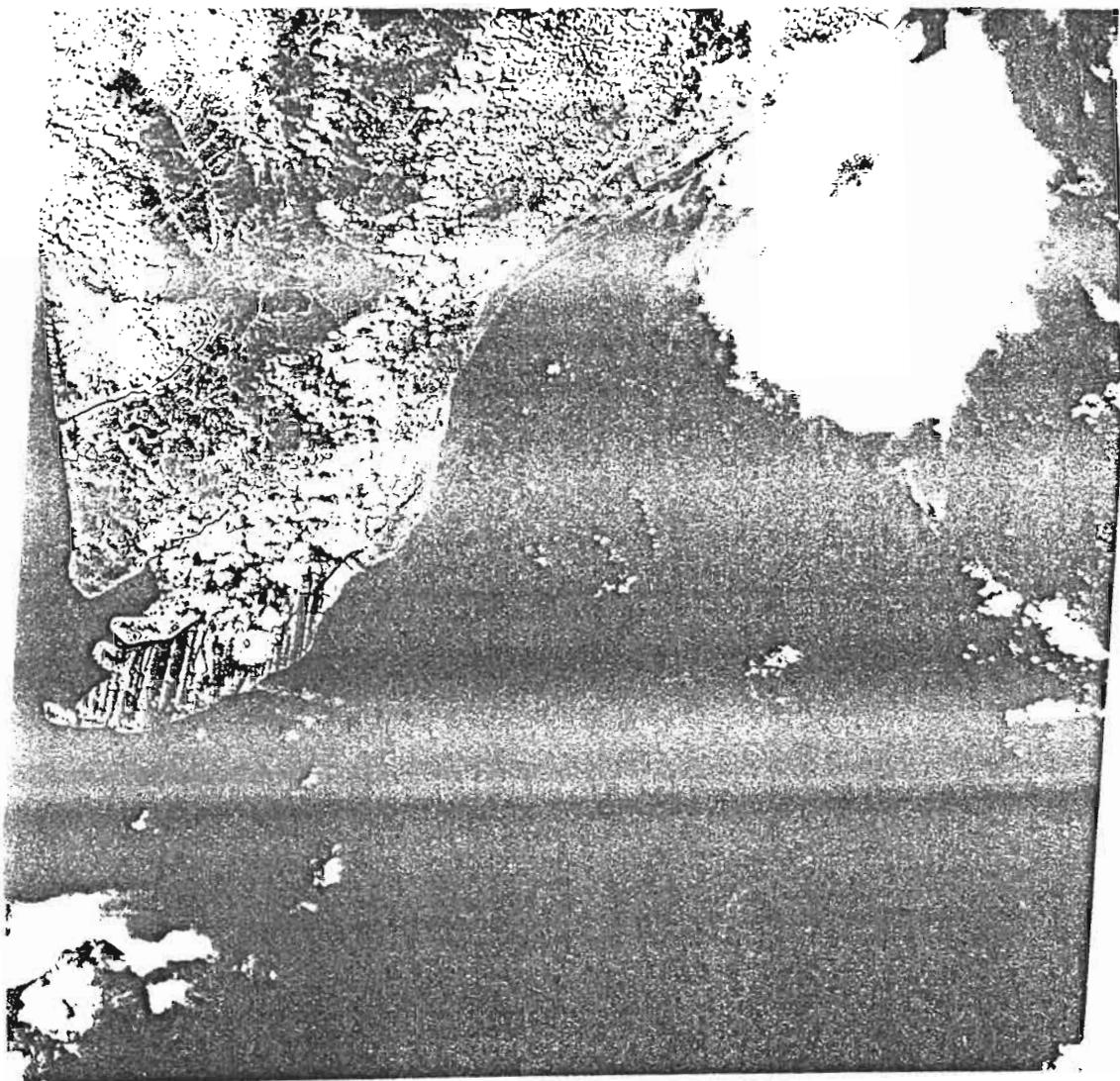
Références bibliographiques

- Alongi (D.M.) & Christoffersen (P.), 1992- Benthic infauna and organisms-sediment relations in a shallow tropical coastal area - Influence of outwelled mangrove detritus and physical disturbance. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 81/3: 229-245.
- Alpine (A.E.) & Cloern (J.E.), 1992- Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary. *Limnol. Oceanogr.*, 37/5: 946-955.
- Amarasinghe (M.D.) & Balasubramanian (S.), 1992- Net primary productivity of two mangrove forest stands on the northwest coast of Sri Lanka. *Hydrobiologia*, 247/3: 37-47.
- Azam (F.), Fenchel (T.), Field (J.G.), Gray (J.S.), Meyer-Reil (L.A.), Thingstad (F.), 1983- The ecological role of water column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 10: 257-263.
- Balch (W.), Evans (R.), Brown (J.), Feldman (G.), McClain (C.), Esaias (W.), 1992- The remote sensing of ocean primary productivity: Use of a new data compilation to test satellite algorithms. *J. geophys. Res.*, 97/C2: 2279-2293.
- Bannister (T.T.), 1974- A general theory of steady state phytoplankton growth in a nutrient stratified mixed layer. *Limnol. Oceanogr.*, 19/1: 13-30.
- Berninger (U.-G.), Finlay (B.J.), Kuoppo-Leinikki (P.), 1991- Protozoan control of bacterial abundances in freshwater. *Limnol. Oceanogr.*, 36/1: 139-147.
- Brettar (I.) & Rheinheimer (G.), 1992- Influence of carbon availability on denitrification in the central Baltic Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 37/6: 1146-1163.
- Caraco (N.F.), Cole (J.J.), Likens (G.E.), 1992- New and recycled primary production in an oligotrophic lake: Insights for summer phosphorus dynamics. *Limnol. Oceanogr.*, 37/3: 590-602.
- Chow-Fraser (P.), 1991- Use of the morphoedaphic index to predict nutrient status and algal biomass in some Canadian lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48/10: 1909-1918.
- Cloern (J.E.), 1987- Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries. *Cont. Shelf Res.*, 7/11-12: 1367-1382.
- Cloern (J.E.), 1991- Tidal stirring and phytoplankton bloom dynamics in an estuary. *J. mar. Res.*, 49: 203-221.
- Cloern (J.E.), Cole (B.E.), Wong (R.L.J.), Alpine (A.E.), 1985- Temporal dynamics of estuarine phytoplankton: A case study of San Francisco Bay. *Hydrobiologia*, 129: 153-176.
- Cole (J.J.), Findlay (S.), Pace (M.L.), 1988- Bacterial production in fresh and salt-water ecosystems: a cross-system overview. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 43/1-2: 1-10.
- Daneri (G.), Iriarte (A.), Garcia (V.M.), Purdie (D.A.), Crawford (D.W.), 1992- Growth irradiance as a factor controlling the dark respiration rates of marine phytoplankton. *J. mar. Biol. Assoc. U.K.*, 72/3: 723-726.
- Davies (A.G.), 1988- Nutrient interactions in the marine environment. in: J. Gallon & L.J. Rogers (eds.). "Biochemistry of algae and cyanobacteria". *Ann. Proc. phytochem. Soc. Europe*, 28: 241-256.
- Davies (A.G.) & Sleep (J.A.), 1989- The photosynthetic response of nutrient-depleted dilute cultures of *Skeletonema costatum* to pulses of ammonium and nitrate; the importance of phosphate. *J. Plankton Res.*, 11/1: 141-164.
- de la Cruz (A.A.), 1979- The functions of mangroves. In: *Mangrove and Estuarine Vegetation in Southeast Asia*. Biotrop spec. Publ. n° 10: 125-138.
- Dortch (Q.) & Packard (T.T.), 1989- Differences in biomass structure between oligotrophic and eutrophic marine ecosystems. *Deep-Sea Res.*, 36/2: 223-240.
- Downing (J.A.) & McCauley (E.), 1992- The nitrogen:phosphorus relationship in lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 37/5: 936-945.
- Elser (J.J.) & Goldman (C.R.), 1991- Zooplankton effects on phytoplankton in lakes of contrasting trophic status. *Limnol. Oceanogr.*, 36/1: 64-90.
- Ertel (J.R.), Hedges (J.I.), Devol (A.H.), Richey (J.E.), Ribeiro (M.N.G.), 1986- Dissolved humic substances of the Amazon River system. *Limnol. Oceanogr.*, 31/4: 739-754.
- Estrada (M.), Marrasé (C.), Alcaraz (M.), 1988- Phytoplankton response to intermittent stirring and nutrient addition in marine microcosms. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 48/3: 225-234.
- Fisher (T.R.), Peele (E.R.), Ammerman (J.W.), Harding (L.W.), 1992- Nutrient limitation of phytoplankton in Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 82/1: 51-63.
- Flores-Verdugo (F.), Gonzalez-Farias (F.), Ramirez-Flores (O.), Amezena-Linares (F.), Yanez-Arancibia (A.), Alvarez-Rubio (M.), Day (J.W., Jr.), 1990- Mangrove ecology, aquatic primary

- productivity, and fish community dynamics in the Teacapan-Agua Brava lagoon-estuarine system (Mexican Pacific). *Estuaries*, 13/2: 219-230.
- Francis (J.), 1992- Physical processes in the Rufiji delta and their possible implications on the mangrove ecosystems. *Hydrobiologia*, 247/1-3: 173-179.
- Golterman (H.L.), 1991- Reflections on post-OECD eutrophication models. *Hydrobiologia*, 218: 167-176.
- Grande (K.D.), Marra (J.), Langdon (C.), Heinemann (K.), Bender (M.), 1989- Rates of respiration in the light measured in marine phytoplankton using an ^{18}O isotope-labelling technique. *J. exper. mar. Biol. Ecol.*, 129/2: 95-120.
- Grobbelaar (J.U.), 1992- Nutrients versus physical factors in determining the primary productivity of waters with high inorganic turbidity. *Hydrobiologia*, 238: 177-182.
- Grobbelaar (J.U.), Soeder (C.J.), Stengel (E.), 1990- Modeling algal productivity in large outdoor cultures and waste treatment systems. *Biomass*, 21/4: 297-314.
- Harris (G.P.), 1986- "Phytoplankton Ecology. Structure, function and fluctuation". Chapman & Hall (London): 384 p.
- Harrison (W.G.), 1990- Nitrogen utilization in chlorophyll and primary production maximum layers: an analysis based on the f-ratio. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 60/1-2: 85-98.
- Harrison (W.G.), Harris (L.R.), Karl (D.M.), Knauer (G.A.), Redalje (D.G.), 1992- Nitrogen dynamics at the VERTEX time-series site. *Deep-Sea Res.*, 39/9A: 1535-1552.
- Hecky (R.E.) & Kilham (P.), 1988- Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnol. Oceanogr.*, 33/4 (pt. 2): 796-822.
- Horrigan (S.G.), Montoya (J.P.), Nevins (J.L.), McCarthy (J.J.), 1990- Natural isotopic composition of dissolved inorganic nitrogen in the Chesapeake Bay. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, 30: 393-410.
- Howarth (R.W.), Marino (R.), Garritt (R.), Sherman (D.), 1992- Ecosystem respiration and organic carbon processing in a large, tidally influenced river - the Hudson River. *Biogeochem.*, 16/2: 83-102.
- Hurley (J.P.) & Watras (C.J.), 1991- Identification of bacteriochlorophylls in lakes via reverse-phase HPLC. *Limnol. Oceanogr.*, 36/2: 307-315.
- Kannan (L.) & Vasantha (K.), 1992- Microphytoplankton of the Pitchavaram mangals, southeast coast of India: species composition and population density. *Hydrobiologia*, 247/1-3: 77-86.
- Keller (A.A.), 1989- Modeling the effects of temperature, light and nutrients on primary productivity - An empirical and a mechanistic approach compared. *Limnol. Oceanogr.*, 34/1: 82-95.
- Kemp (W.M.), Sampou (P.A.), Garber (J.), Tuttle (J.), Boynton (W.R.), 1992- Seasonal depletion of oxygen from bottom waters of Chesapeake Bay - Roles of benthic and planktonic respiration and physical exchange processes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 85/1-2: 137-152.
- Kirk (J.T.O.), 1983- "Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems". Cambridge Univ. Press: 401 p.
- Kolber (Z.), Wyman (K.D.), Falkowski (P.G.), 1990- Natural variability in photosynthetic energy conversion efficiency- A field study in the Gulf of Maine. *Limnol. Oceanogr.*, 35/1: 72-79.
- Laird (G.A.) & Scavia (D.), 1990- Distribution of labile dissolved organic carbon in Lake Michigan. *Limnol. Oceanogr.*, 35/2: 443-447.
- Lange (W.), 1973- Bacteria - assimilable organic compounds, phosphate and enhanced growth of bacteria-associated blue-green algae. *J. Phycol.*, 507-509.
- Lee (S.Y.), 1990- Primary productivity and particulate organic matter flow in an estuarine mangrove-wetland in Hong Kong. *Mar. Biol.*, 106: 453-463.
- Lee (C.) & Wakeham (S.G.), 1992- Organic matter in the water column: future research challenges. *Mar. Chem.*, 39/1: 95-118.
- Lehman (J.T.), 1988- Hypolimnetic metabolism in Lake Washington: Relative effects of nutrient load and food web structure on lake productivity. *Limnol. Oceanogr.*, 33/6 (pt. 1): 1334-1347.
- Levasseur (M.), Fortier (L.), Theriault (J.-C.), Harrison (P.J.), 1992- Phytoplankton dynamics in a coastal jet frontal region. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 86: 283-295.
- Levine (S.N.) & Schindler (D.W.), 1992- Modification of the N:P ratio in lakes by in situ processes. *Limnol. Oceanogr.*, 37/5: 917-935.
- Levine (S.N.) & Weibezahn (F.H.), 1986- Organic carbon in the Caura River, Venezuela. *Limnol. Oceanogr.*, 31/3: 653-656.
- Li (W.K.W.), Dickie (P.M.), Irwin (B.D.), Wood (A.M.), 1992- Biomass of bacteria, cyanobacteria, prochlorophytes and photosynthetic eukaryotes in the Sargasso Sea. *Deep-Sea Res.*, 39/3-4 A: 501-519.

- Lind (O.T.), Doyle (R.), Vodopich (D.S.), Trotter (B.G.), Limon (J.G.), Davalos-Lind (L.), 1992- Clay turbidity: Regulation of phytoplankton production in a large, nutrient-rich tropical lake. *Limnol. Oceanogr.*, 37/3: 549-565.
- Longhurst (A.R.) & Pauly (D.), 1987- "Ecology of Tropical Oceans". ICLARM Contr. n° 389. Acad. Press (Harcourt Brace Jovanovich Publ.): 407 p.
- Madden (C.J.), Day (J.W., Jr.), Randall (J.M.), 1988- Freshwater and marine coupling in estuaries of the Mississippi River deltaic plain. *Limnol. Oceanogr.*, 33/4 (pt. 2): 982-1004.
- Manheim (F.T.), Hathaway (J.C.), Uchupi (E.), 1972- Suspended matter in surface waters of the northern Gulf of Mexico. *Limnol. Oceanogr.*, 17/1: 17-27.
- Mann (K.H.), 1988- Production and use of detritus in various freshwater, estuarine, and coastal marine ecosystems. *Limnol. Oceanogr.*, 33/4 (pt. 2): 910-930.
- Mantoura (R.F.C.) & Woodward (E.M.S.), 1983- Conservative behaviour of riverine dissolved organic carbon in the Severn estuary: Chemical and geochemical implications. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47: 1293-1309.
- Markager (S.), Jespersen (A.M.), Madsen (T.V.), Berdalet (E.), Weisburd (R.), 1992- Diel changes in dark respiration in a plankton community. *Hydrobiologia*, 238: 119-130.
- Marra (J.), Haas (L.W.), Heinemann (K.R.), 1988- Time course of C assimilation and microbial food web. *J. exper. mar. Biol. Ecol.*, 115/3: 263-277.
- Marra (J.), Bidigare (R.R.), Dickey (T.D.), 1990- Nutrients and mixing, chlorophyll and phytoplankton growth. *Deep-Sea Res.* 37/1 A: 127-144.
- Martinez (R.), 1992- Respiration and respiratory electron transport activity in marine phytoplankton- Growth rate dependance and light enhancement. *J. Plankton Res.*, 14/6: 789-797.
- Morales-Zamorano (L.A.), Cajal-Medrano (R.), Orellana-Cepeda (E.), Jimenez-Perez (L.C.), 1991- Effect of tidal dynamics on a planktonic community in a coastal lagoon of Baja California, Mexico. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 78/3: 229-239.
- Moran (M.A.), Wicks (R.J.), Hodson (R.E.), 1991- Export of dissolved organic matter from a mangrove swamp ecosystem- Evidence from natural fluorescence, dissolved lignin phenols, and bacterial secondary production. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 76/2: 175-184.
- Morrison (K.A.), Thérien (N.), Marcos (B.), 1987- Comparison of six models for nutrient limitations on phytoplankton growth. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 44/7: 1278-1288.
- Neveux (J.), Delmas (D.), Romane (J.C.), Algarra (P.), Ignatiades (L.), Herbland (A.), Morand (P.), Neori (A.), Bonin (D.), Barbe (J.), Sukenik (A.), Berman (T.), 1990- Comparison of chlorophyll and phaeopigment determination by spectrophotometric, fluorimetric, spectrofluorimetric and HPLC methods. *Mar. microb. Food Webs*, 4/2: 217-238.
- Nieuwolt (S.), 1981- The climates of continental South-East Asia. in: K. Takahashi & H. Arakawa (eds.), *Climates of Southern and Western Asia. World Survey of Climatology* (H.E. Landsberg, ed.), Elsevier sci. Publ. Co. (Amsterdam), vol. 9: 1-66.
- Nusch (E.A.), 1980- Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 14: 14-36.
- Oswald (W.J.), 1988- Large-scale algal culture systems. in: M.A. Borowitzka & L.J. Borowitzka (eds.), *Micro-algal Biotechnology*. Cambridge Univ. Press (Cambridge): 357-394.
- Paerl (H.W.), 1988- Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters. *Limnol. Oceanogr.*, 33/4 (pt. 2): 823-847.
- Pedros-Alio (C.) & Brock (T.D.), 1982- Assessing biomass and production of bacteria in eutrophic Lake Mendota, Wisconsin. *Appl. environm. Microbiol.*, 44/1: 203-218.
- Peduzzi (P.) & Herndl (G.J.), 1992- Zooplankton activity fueling the microbial loop: Differential growth response of bacteria from oligotrophic and eutrophic waters. *Limnol. Oceanogr.*, 37/5: 1087-1092.
- Powell (T.M.), Cloern (J.E.), Huzzey (L.M.), 1989- Spatial and temporal variability in South Francisco Bay (USA). I. Horizontal distributions of salinity, suspended sediments, and phytoplankton biomass and productivity. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, 28: 583-597.
- Prepas (E.E.), Dunnigan (M.E.), Trimbee (A.M.), 1988- Comparison of insitu estimates of chlorophyll a obtained with Whatman GF/F and GF/C glass-fiber filters in mesotrophic to hypereutrophic lakes. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 45/5: 910-921.
- Quinones (R.A.) & Platt (T.), 1991- The relationship between the f-ratio and the P:R ratio in the pelagic ecosystem. *Limnol. Oceanogr.*, 36/1: 211-213.
- Reznda (C.E.), Lacerda (L.D.), Ovalle (A.R.C.), Silva (C.A.R.), Martinelli (L.A.), 1990- Nature of POC transport in a mangrove ecosystem: A carbon stable isotopic study. *Estuar. coast. Shelf*

- Sci., 30: 641-645.
- Richey (J.E.), Brock (J.T.), Naiman (R.J.), Wissmar (R.C.), Stallard (R.F.), 1980- Organic carbon: Oxidation and transport in the Amazon River. *Science* (N.Y.), 207: 1348-1351.
- Robarts (R.D.) & Zohary (T.), 1992- The influence of temperature and light on the upper limit of *Microcystis aeruginosa* production in a hypertrophic reservoir. *J. Plankton Res.*, 14/2: 235-247.
- Sasekumar (A.), Chong (V.C.), Leh (M.U.), D'Cruz (R.), 1992- Mangroves as a habitat for fish and prawns. *Hydrobiologia*, 247/1-3: 195-207.
- Schaeffer-Novelli (Y.), Mesquita (H. de L.S.), Cintron-Molero (G.), 1990- The Cananéia lagoon estuarine system, Sao Paulo, Brazil. *Estuaries*, 13/2: 193-203.
- Schwaerter (S.), Sondergaard (M.), Riemann (B.), Jensen (L.M.), 1988- Respiration in eutrophic lakes: the contribution of bacterioplankton and bacterial growth yield. *J. Plankton Res.*, 10/3: 515-532.
- Selvam (V.), Azariah (J.), Azariah (H.), 1992- Diurnal variation in physical-chemical properties and primary production in the interconnected marine, mangrove and freshwater biotopes of Kakinada coast, Andhra Pradesh, India. *Hydrobiologia*, 247/1-3: 181-186.
- Sherr (B.F.) & Sherr (E.B.), 1984- Role of heterotrophic protozoa in carbon and energy flow in aquatic ecosystems. in: M.J. Klug & C.A. Reddy (eds.). "Current perspectives in microbial ecology". Am. Soc. Microbiol., Washington (DC). Proc. 3rd internatl. Symp. microb. Ecol., Michigan Univ., 7-12 Aug. 1983: 412-423.
- Sherwood (J.E.), Stagniti (F.), Kokkinn (M.J.), Williams (W.D.), 1991- Dissolved oxygen concentrations in hypersaline waters. *Limnol. Oceanogr.*, 36/2: 235-250.
- Serner (R.W.), 1990- The ratio of nitrogen to phosphorus resupplied by herbivores: Zooplankton and the algal competitive arena. *Am. Nat.*, 136/2: 209-229.
- Szyper (J.P.), Rosenfeld (J.Z.), Piedrahita (R.H.), Giovannini (P.), 1992- Diel cycles of planktonic respiration rates in briefly incubated water samples from a fertile earthen pond. *Limnol. Oceanogr.*, 37/6: 1193-1201.
- Tan (L.K.H.), Leonard (R.A.), Asmussen (L.E.), Lobartini (J.C.), Gingle (A.R.), 1990- The geochemistry of black water in selected coastal streams of the southeastern United States. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 21 (17-18): 1999-2016.
- Tibbles (B.J.), Davis (C.L.), Harris (J.M.), Lucas (M.I.), 1992- Estimates of bacterial productivity in marine sediments and water from a temperate saltmarsh lagoon. *Microb. Ecol.*, 23/3: 195-209.
- Twilley (R.R.), 1988- Coupling of mangroves to the productivity of estuarine and coastal waters. in: B.O. Jansson (ed.) "Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies", vol. 22. Coastal-Offshore Ecosystem Interactions. Springer Verlag (N.Y.):
- Twilley (R.R.), Lugo (A.E.), Patterson-Zucca (C.), 1986- Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. *Ecology*, 67/3: 670-683.
- Vollenweider (R.A.), 1976- Advances in defining critical loading levels of phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 33: 53-83.
- Wainright (S.C.), 1990- Sediment - to - water fluxes of particulate material and microbes by resuspension and their contribution to the planktonic food web. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 62/3: 271-282.
- Ward (L.G.) & Twilley (R.R.), 1986- Seasonal distributions of suspended particulate material and dissolved nutrients in a coastal plain estuary. *Estuaries*, 9/3: 156-168.
- Wolanski (E.), 1992- Hydrodynamics of mangrove swamps and their coastal waters. *Hydrobiologia*, 247/1-3: 141-161.



1N008-00 1E105-00 E105-301 E106-001
26MAY73 C N08-44/E105-32 N N08-44/E105-39 MSS 7 R SUN EL56 AZ064 188-4272-G-I-N-D-IL NASA ERTS E-1307-02454-7 01

SUR L'ÉVOLUTION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DE LA MANGROVE DU DISTRICT DE NGỌC HIẾN.

Tô Quang Thịnh (1)

1. Situé à la pointe de la Péninsule de Cà Mau, le district de Ngọc Hiến est le siège des actions de la dynamique naturelle et de celles des hommes, y entraînant une forte évolution de la géomorphologie et de la mangrove.

En vue d'une exploitation rationnelle des ressources et d'un développement soutenu de la région, l'Institut de Recherche pour le Développement du Delta du Mékong et le Centre de Télédétection du Département de Géodésie et de Cartographie ont procédé à l'étude de l'évolution de la zone côtière et de la mangrove de Ngọc Hiến.

L'étude est basée sur la télédétection et l'analyse des cartes établies en différentes périodes. Trois cartes ont été élaborées portant sur:

- *L'évolution de la côte pendant la période 1896-1991;*
- *L'occupation des sols en 1991;*
- *L'évolution de la mangrove de 1987 à 1991.*

La dernière carte fait suite à une autre déjà établie pour les périodes 1965-1983-1987.

2. L'étude a fait usage des photographies aériennes prises en 1991, et des images satellitaires KOSMOS KFA-1000 avec résolution de 5m, prises en 1983 et 1987.

Les documents cartographiques utilisés sont:

- Le plan topographique de l'arrondissement de Bạc Liêu, échelle 1/100.000, publié à Paris en 1896;
- La carte topographique, échelle 1/100.000, éditée par le Service Géographique de l'Indochine en 1952 et
- La carte topographique UTM, échelle 1/50.000 publiée par l'AMS en 1965, de la région.

En plus, l'auteur s'est référé aux imageries satellitaires:

- LANDSAT MSS prises en 1973 et en 1975;
 - LANDSAT TM, prises en 1989;
 - SPOT, prises en 1987.
- et à la carte morphologique du plateau continental (zone Cà Mau - Hà Tiên), échelle 1/500.000, éditée en 1980.

(1) *Candidat ès Sciences, Directeur du Centre de Télédétection, Département de Géodésie et de Cartographie, Hanoi, R. S. Vietnam.*

ÉVOLUTION DE LA ZONE CÔTIÈRE

Les résultats de l'analyse des photographies aériennes et des images satellitaires, comparés aux cartes topographiques établies aux différentes périodes ont mis en évidence des zones côtières en progradation et en érosion typiques.

1. En progradation est la partie de la pointe de Cà Mau située dans le Golfe de Thaïlande, à partir du Cap Bãi Bùn jusqu'à l'embouchure de Báy Háp. Cette zone est en progradation continue depuis l'année 1896 (fig.1), avec une vitesse moyenne variant de 30 m à 100 m par an.

Différentes études hydrologiques du Mékong estiment que les bras du Mékong et du Bassac déversent dans la Mer de l'Est plusieurs centaines de milliards de mètres cubes d'eau avec une densité moyenne d'alluvion de 122 g/m³. Pendant la saison des pluies, celle-ci peut atteindre 300 g/m³ et 75% de la quantité d'alluvion drainée vers la mer par an proviennent de cette saison.

Le courant marin dans la Mer de l'Est, s'oriente du Nord-Est vers le Sud-Ouest pendant la saison des pluies et du Sud-Ouest vers le Nord-Est pendant la saison sèche. Ce courant emporte les alluvions du Mékong, ainsi que la terre des zones érodées, vers la pointe de Cà Mau.

Dans le Golfe de Thaïlande, le courant marin s'oriente Nord Ouest - Sud Est en saison des pluies et Sud Est-Nord Ouest en saison sèche. Les caractéristiques du courant marin associées à celles des marées dans la Mer de l'Est et dans le Golfe de Thaïlande créent aux environs de la pointe de Cà Mau et dans le Golfe de Thaïlande plusieurs zones favorables à la déposition des alluvions.

Le district de Ngọc Hiên est entouré par deux régimes de marée: diurnale irrégulière du côté du Golfe de Thaïlande avec amplitude de 0,70 m ; semi-diurnale irrégulière du côté de la Mer de l'Est avec amplitude de 3 à 4 mètres. En période maximale, la hauteur de la marée peut monter de 50 à 100 cm par heure.

De ces faits une partie importante des alluvions du Mékong et des terres érodées de la côte du Delta du Mékong, suivant le courant marin et les cours d'eau de Cửa Lớn, de Báy Háp, ... se dépose à la surface et le long de la côte formant les zones en progradation. Des zones infratidales, de profondeur d'immersion variant de 0m50 à 2m occupent une superficie importante entourant les plages intertidales. Ceci laisse prévoir que normalement les zones en progradation continueront à s'avancer vers la mer dans les décennies à venir.

Il est à remarquer que l'avance des plages intertidales et celle de la mangrove sont en étroite connexion: la mangrove pousse et s'avance sur les plages intertidales et sa présence retient des alluvions, aidant ainsi l'avance des plages. L'examen des photographies

aériennes et des images de satellite récentes indique que l'installation des bassins de culture de crevettes sur les plages intertidales arrêterait à la fois l'avance de la mangrove et celle des zones en progradation.

2. A l'Est du district, depuis l'embouchure de Bô Cui jusqu'à l'embouchure du Ông Trang sur une longueur de 70 km, l'érosion se développe de façon continue depuis 1896 (fig.2). La vitesse moyenne d'érosion est de 30 à 50 m par an; par périodes et par endroits elle atteint 80 m/an. C'est ce qui se passe à l'embouchure de Bô Đê. Si pendant les années 1965-1983 les endroits à forte érosion perdent de 30 à 40 m par an, par endroits 50 m/an, pendant la période 1983-1991, la vitesse d'érosion est plus importante: 60 à 80 m/an sur des distances de 20 km. Pendant les cinq dernières décennies de 1940 à 1991, dans cette région, une bande de terre d'épaisseur de 2 à 2,5 km a été rabotée par la mer: avec la terre, une partie importante de la mangrove a également disparu.

A part ces deux zones où l'évolution est forte et continue, celle-ci est beaucoup plus faible ou se déroule de façon alternée en d'autres endroits. Enfin, comparée à l'évolution des zones côtières tout le long du Vietnam, celle qui se développe à Ngoc Hiên est aussi typique. En aucun endroit l'érosion est aussi importante. La progradation aux embouchures du Đáy et du Ba Lạt est comparable en intensité mais moins en étendue. Dans ces conditions, une étude plus approfondie du mécanisme de l'érosion et de la progradation des zones côtières de Ngoc Hiên se justifie pleinement pour elle-même et pour les projets d'aménagement et de protection de l'environnement de la région.

EVOLUTION DE LA MANGROVE

La carte topographique éditée par le Service Géographique de l'Indochine ainsi que celle éditée en 1965 par l'AMS, la mangrove du district de Ngoc Hiên avec sa faune et sa flore caractéristiques était presque intacte. La population y était rare.

D'après les images Landsat MSS prises en 1973 et 1975, on distingue de larges bandes de mangrove détruite par la défoliation effectuée par l'armée américaine.

En 1983, d'après les images KOSMOS - KFA-1000, sur ces bandes la mangrove a repoussé soit par régénération naturelle, soit par reforestation artificielle. La couverture végétale de la mangrove s'est répandue largement et rapidement.

En 1987, d'après les images KOSMOS - KFA-1000, la mangrove commence à disparaître de façon assez nette. Des agglomérations et des zones de cultures agricoles s'élargissent. Mais commencent à apparaître déjà des aires de culture de crevettes.

En 1991, les photographies aériennes ont mis en évidence un changement du paysage du district de Ngọc Hiển avec une vitesse et sur une étendue jamais atteintes. La superficie des aires de culture de crevettes, négligeable encore en 1987, aurait atteint 63.000ha en 1991, dont 56.450 ha coupés à blanc et 6.460 ha possédant encore une couverture de mangrove (voir tableau ci-après).

Commune	Aires de culture de crevette (ha)	
	dénudées	encore couvertes de mangrove
Đất Mũi	2340	1045
Viên An	4930	940
Viên An Đông	4660	620
Tam Giang	11100	2585
Đất Mới	13880	770
Hàm Rồng	3320	5
Hiệp Tùng	3000	110
Hàng Vịnh	3400	15
Tân An	9820	370
Total	56450	6460

Avec le développement de la culture des crevettes, la déforestation a fait perdre 24.500 ha de mangrove à Ngọc Hiển pendant les années 1987-1991. La superficie de mangrove diminue rapidement (fig.3): en 1991 il ne reste plus que 19.880 ha de mangrove dense et 15.080 ha de mangrove clairsemée, menacée de dégénérescence. Le tableau ci-après indique l'état de la mangrove et la superficie de mangrove disparue par commune:

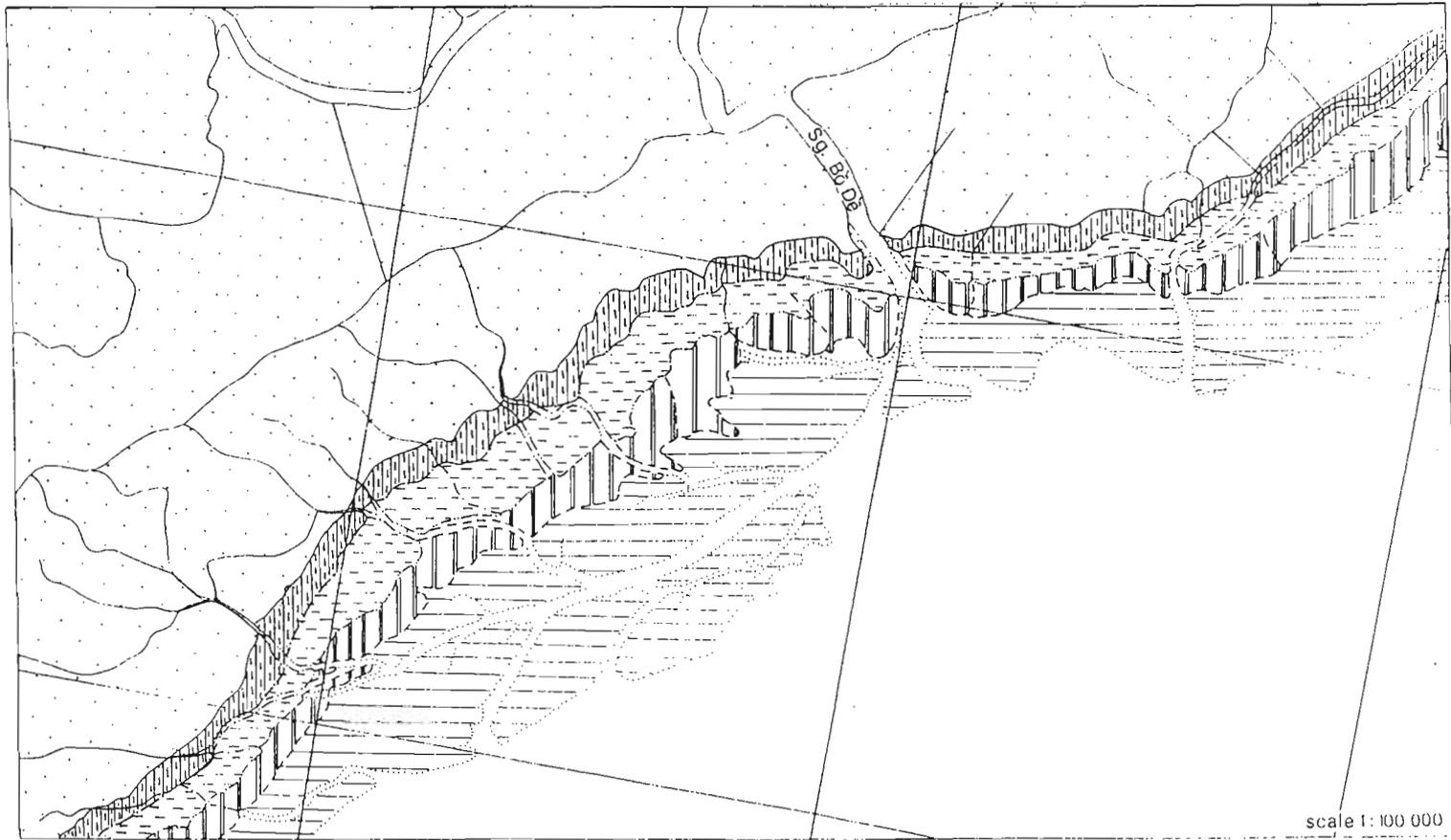
Commune	Mangrove dense (ha)	Mangrove clairsemée (ha)	Superficie (ha) de mangrove détruite 1987-1991
Đất Mũi	2210	1565	2110
Viên An	2100	1600	3030
Viên An Đông	3115	2680	3000
Tam Giang	5815	4625	6300
Đất Mới	315	835	5060
Hàm Rồng	190	185	420
Hiệp Tùng	170	225	330
Hàng Vịnh	5930	3265	100
Tân An	35	100	4150
Total	19880	15080	24500

Les chiffres ci-dessus indiquent que l'équilibre écologique de la mangrove de Ngoc Hiên a été gravement bouleversée et sans doute très endommagée. Il faudrait trouver des formules d'association et de coexistence "mangrove - crevettes", bien comprises par la population, qui concilient les intérêts à courts termes avec le développement soutenu, à longs termes, de la région.

RÉFÉRENCES

[1] *"Le Delta du Cûu Long : Ressources, Environnement, Développement"*. Rapport de synthèse du Programme scientifique d'État 60-B. Comité d'État des Sciences. Hanoi, 1991.

[2] *Cartes d'évolution des cours d'eau et de la zone côtière du Delta du Cûu Long*. Programme 60-B et Centre de Télédétection, 1985.



- | | | | |
|-------------|---|--|---|
| | - Đường bờ năm 1896 (Coastal shore in 1896) |  | - Vùng xói lở thời kì 1896 - 1940 (Eroded area during period 1896 - 1940) |
| ----- | - Đường bờ năm 1940 (Coastal shore in 1940) |  | - Vùng xói lở thời kì 1940 - 1965 (Eroded area during period 1940 - 1965) |
| - . - . - . | - Đường bờ năm 1965 (Coastal shore in 1965) |  | - Vùng xói lở thời kì 1965 - 1983 (Eroded area during period 1965 - 1983) |
| ----- | - Đường bờ năm 1983 (Coastal shore in 1983) |  | - Vùng xói lở thời kì 1983 - 1991 (Eroded area during period 1983 - 1991) |
| ————— | - Đường bờ năm 1991 (Coastal shore in 1991) | | |

Hình 2 : Biến động bờ biển vùng cửa Bồ Đề (Coastal shore dynamic of Bo De estuary)

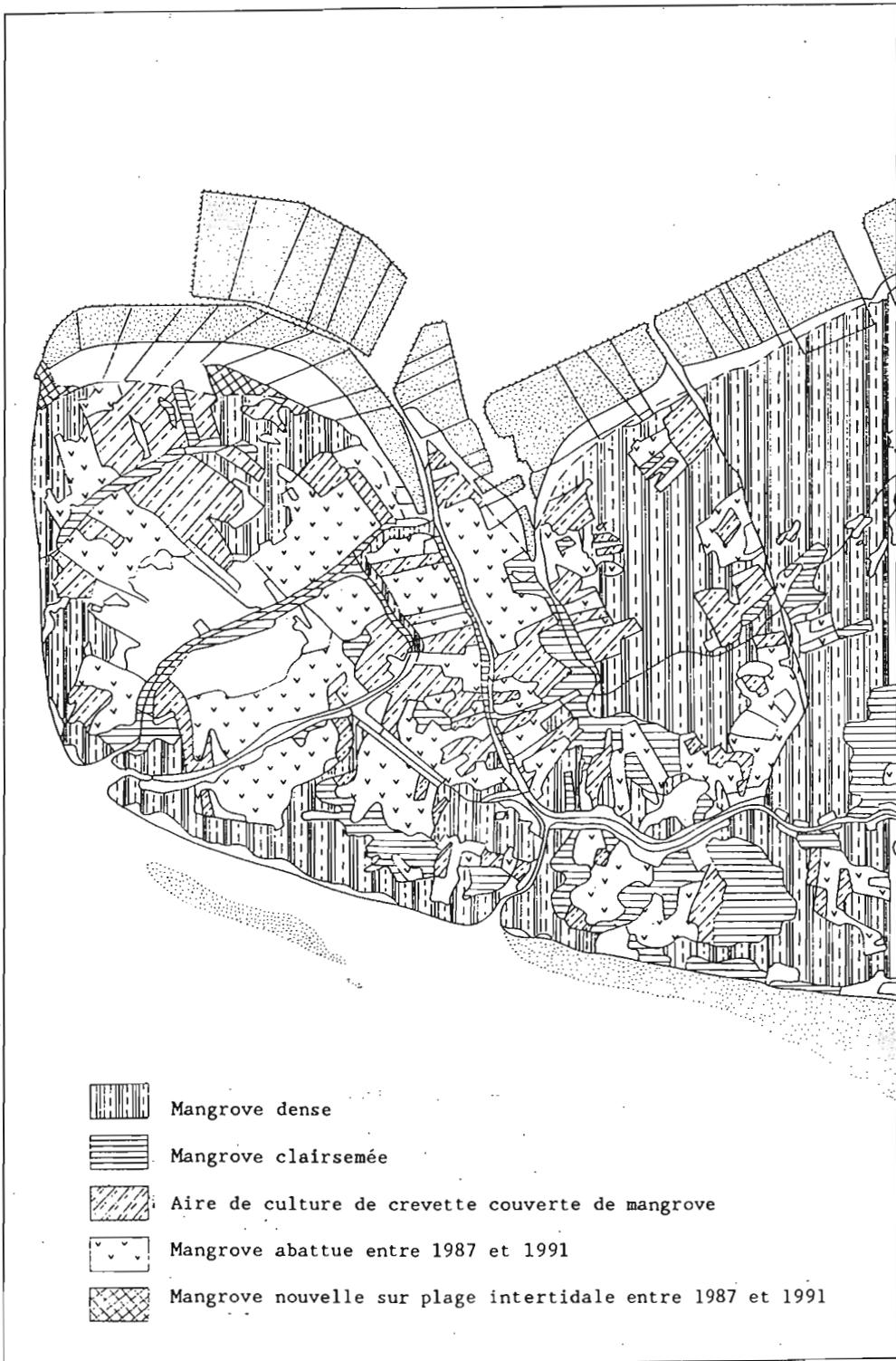
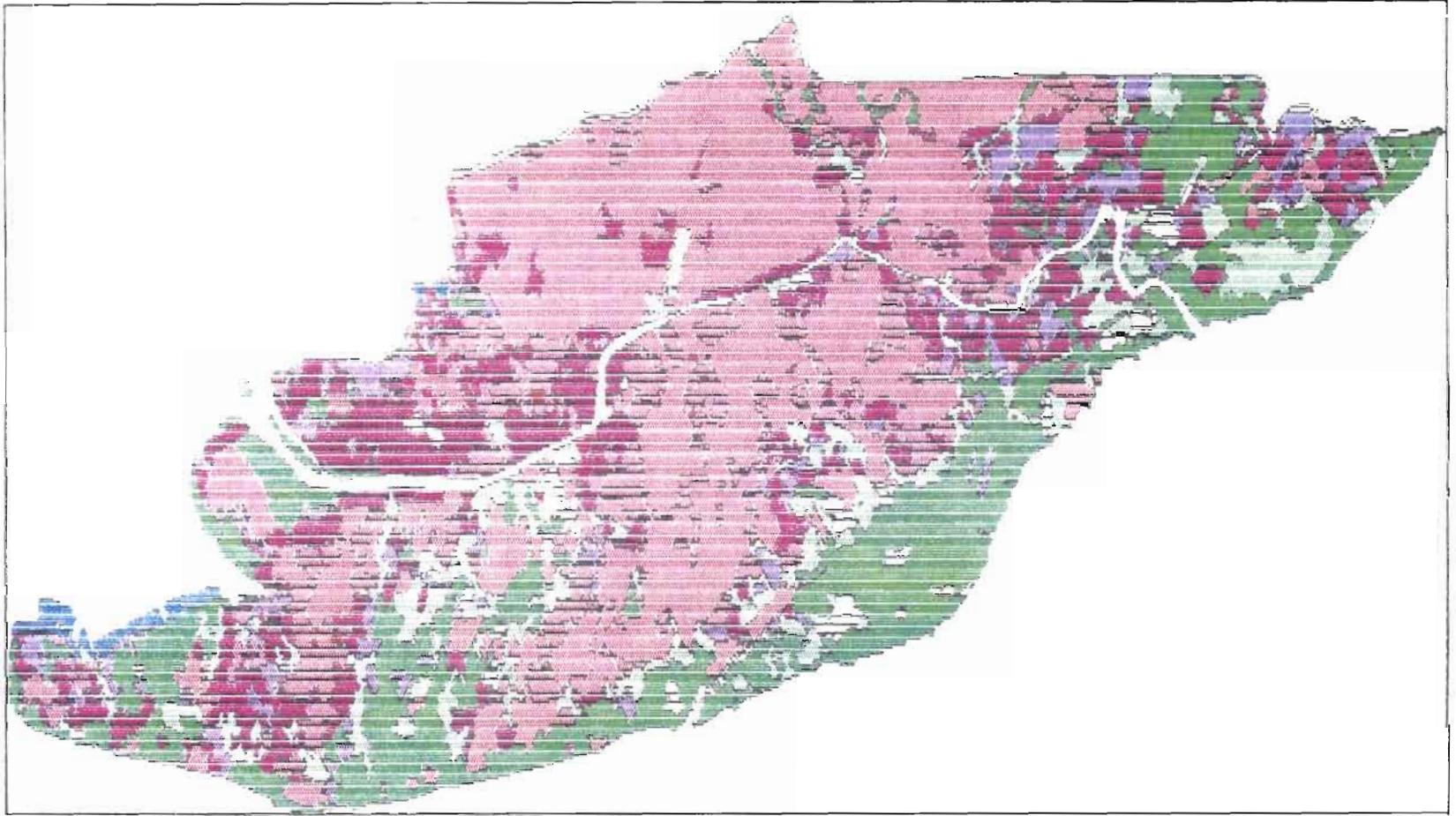


Fig.3: Mangrove de Ngọc Hiền à la Pointe de Cà Mau (Echelle 1/50.000)



BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG ĐẤT (1991), HUYỆN NGỌC HIẾN, TỈNH MINH HẢI
TÁC GIẢ: TÔ QUANG THỊNH – TRUNG TÂM VIỄN THĂM – CỤC ĐO ĐẠC BẢN ĐỒ NHÀ NƯỚC

CARTE DE L'OCCUPATION DES SOLS (1991), DISTRICT DE NGỌC HIẾN, PROVINCE DE MINH HẢI
AUTEUR: TÔ QUANG THỊNH – CENTRE DE TÉLÉDÉTECTION – DÉPARTEMENT DE CARTOGRAPHIE ET DE GÉODÉSIE DU VIETNAM

CHÚ DẪN - LEGENDES



RỪNG NGẬP MẶN KÍN - Mangrove dense.



RỪNG NGẬP MẶN THUA - Mangrove clairsemée.



ĐẤT NUÔI TÔM CÒN RỪNG - Aires de culture de crevette encore couvertes de mangrove.



ĐẤT NUÔI TÔM CÓ CÂY RĂM RÁC - Aires de culture de crevette couvertes de bouquets d'arbuste.



ĐẤT NUÔI TÔM KHÔNG CÓ RỪNG - Aires de culture de crevette nues.



ĐẤT NUÔI TÔM TRÊN BÃI BỜ - Aires de culture de crevette sur la côte en progradation.



ĐẤT NÔNG NGHIỆP - Aires agricoles.



ĐẤT DÂN CƯ TẬP TRUNG - Aires de population concentrée.



ĐẤT TRỐNG - Aires nues.



VÙNG BỊ CHẶT PHÁ THỜI KỲ 1987- 1991 - Aires de mangrove détruites en période 1987-1991.

OCCUPATION DES SOLS DES MANGROVES DE NGOC HIÊN

D'APRÈS L'IMAGERIE SPOT

Bùi Đắc Tuấn (1)

Nadine Dessay (2)

I. MATÉRIEL ET MÉTHODES:

1. Matériels:

1.1. Imagerie SPOT

L'étude de la zone qui nous intéresse a nécessité l'exploitation de deux images:

	<i>date; heure</i>	<i>longitude</i>	<i>latitude</i>
Scène (1)	08/03/1991; 03:47	104°48' - 105°26'E	8°12' - 8°50'N
Scène (2)	14/01/1992; 03:48	104°09' - 104°48'E	8°12' - 8°50'N

La scène (1) présente de nombreux petits nuages (cumulonimbus). La scène (2) semble nette (sur le "quick look"). La scène (1) était disponible en juin 1992; la scène (2) était disponible vers novembre 1992. Dans ce rapport, nous ne présentons que les résultats exécutés sur la scène (1)

1.2. Photos aériennes

Nous avons exploité une couverture de photographies aériennes (prise de vue verticale) réalisées les 27 et 28 janvier 1992, entre 08 et 11 heures (locales). L'échelle est de 1/22.000

1.3. Observations de terrain

Les observations ont été réalisées en Mars et Avril 1992. En des stations déterminées (où d'autres échantillonnages sont aussi effectués) nous avons noté les caractéristiques de terrain: des espèces végétales et leur niveau de mélange, le niveau du sol et la fréquence d'inondation, l'utilisation des sols etc...

2. Traitements

Nous avons utilisé le logiciel PLANETES, spécifiquement destiné à la télédétection, développé à l'ORSTOM par Rakoto et al. (1987)

Le principe général du traitement (voir annexe I) a été de nous appuyer largement sur notre connaissance du terrain pour réaliser une classification supervisée. Les indices classiques ont été corrigée

(1) I.R.D.D.M.

(2) O.R.S.T.O.M.

d'une valeur déterminée par inspection: une valeur de 138 a été soustraite de l'indice de végétation, une valeur de 45 de l'indice de brillance. Nous avons ensuite identifié des objets connus et délimité des classes. Nous avons alors défini, dans les trois canaux bruts, les caractéristiques de ces classes déjà identifiées au préalable.

2.1. Choix des classes

En fonction du but du projet et au vu des valeurs numériques dans les deux canaux [I.V.-138] et [I.B.-45], nous pouvons choisir les classes suivantes:

2.1.1. Dans le canal [I.V.-138]:

*Classe 1: terrain en cours de défrichement pour établir des bassins à crevettes. Il reste des bouquets d'arbustes de: *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Avicennia*, *Exoecaria*, *Xylocarpus*, *Ceriops*, *Derris*...

*Classe 2: zones d'arbustes peu denses: *Avicennia*, *Bruguiera*, *Exoecaria*. Quelquefois de jeunes *Rhizophora* et *Ceriops* ont repoussé.

*Classe 3: zones de mélange *Avicennia-Exoecaria* ou *Avicennia-Bruguiera* assez denses.

*Classe 4: zones de mélange de jeunes *Rhizophora* et *Avicennia*, peu denses à assez denses

*Classe 5: zones de mélange de jeunes *Rhizophora* et *Avicennia*, denses.

*Classe 6: zones de mélange d'*Avicennia* et *Rhizophora+Bruguiera*, denses; les *Avicennia* dominant.

*Classe 7: zones de mélange de *Rhizophora+Bruguiera* et *Avicennia*, denses; les *Rhizophora* dominant.

*Classe 8: zones de *Rhizophora* presque pures, denses

*Classe 9: zones de *Rhizophora* presque pures, denses

*Classe 15: ombre des nuages

2.1.2. Dans le canal [I.B.-45]

*Classe 10: bassins à crevettes en cours d'installation, il reste quelques petits bouquets d'arbustes

*Classe 11: bassins à crevettes, peu inondés. Le terrain naturel ne peut être inondé qu'aux marées de vive eau

*Classe 12: bassins à crevettes, assez inondés. Le terrain naturel ne peut être inondé en période de marée moyenne

*Classe 13: bassins à crevettes, très inondés. On peut récolter des crevettes plus de 20 fois/an

*Classe 14: zones agricoles

*Classe 16: rivières et mer

*Classe 17: nuages

*Classe 18: couronnes des nuages

*Classe 19: zones de haut-fonds submergés

2.2. Analyse des valeurs des classes

Nous avons fait cette analyse à l'aide des commandes

"Statis" (permet de représenter les valeurs des classes sur les trois canaux bruts) et "Histo" (permet d'analyser l'histogramme des classe et d'analyser la fréquence d'existence des valeurs).

2.2.1. Classes de végétation:

Les valeurs de végétation dépendent au moins de quatre facteurs:

- Niveau d'inondation du terrain
- Densité des arbres
- Texture horizontale (vue du dessus) des branches
- Différence de couleurs des feuilles

Nous avons établi un tableau des quatre facteurs (Tab1) pour comparer avec des valeurs des trois canaux bruts (Tab 2), dans le but de justifier le choix des zones

2.2.2. Classes des bassins à crevettes:

Les valeurs numériques augmentent suivant la profondeur d'inondation.

2.3. Classification:

Nous avons choisi la méthode d'Euclide (distance la plus proche) puisque les valeurs des classes de végétation sont très proches.

II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Surface des classes

Nous avons estimé la surface des classes d'après le nombre de pixels. Des zones couvertes par nuages et ombres des nuages ont été déterminées par les photos aériennes.

Nous obtenons la répartition suivante:

Terrains en cours de défrichement	11090 ha
Zones avec bouquets d'arbustes	6330 ha
Zones d'arbustes	5850 ha
<i>Avicennia-Buguiera-Exoecaria</i> assez denses	7670 ha
Jeunes <i>Rhizophora-Avicennia</i> peu denses	5850 ha
Jeunes <i>Rhizophora-Avicennia</i> denses	860 ha
<i>Avicennia-Rhizophora</i> denses	2140 ha
<i>Rhizophora-Bruguiera-Avicennia</i> denses	2400 ha
<i>Rhizophora</i> denses	3610 ha
<i>Rhizophora</i> très denses	170 ha
Bassins à crevettes peu inondés	21440 ha
Bassins à crevettes assez inondés	13840 ha
Bassin à crevettes très inondés	8210 ha

Nous avons pu identifier une surface totale de 89460 ha qui se divise en 34880 ha (39%) de terrain sous végétation, en 11090 ha (12%) de terrain en cours de défrichement et en 43490 ha (49%) de bassins à crevettes. Nous pouvons identifier deux séries de problèmes quant à l'utilisation des sols:

1.1. Au niveau de la mise en valeur effective:

Il existe actuellement des formes d'occupation des sols qui sont écologiquement et/ou économiquement intéressantes, dont la surface totale est d'environ 17390 ha (soit 19% seulement). Ces utilisations comprennent:

- Jeunes *Avicennia-Rhizophora* denses: 860 ha
- Mélange de *Rhizophora-Avicennia-Bruguiera* denses: 4540 ha
- *Rhizophora* presque pures denses à très denses: 3780 ha
- Bassin à crevettes très inondés: 8210 ha

La plupart des défrichement ont été réalisés sur des zones de *Rhizophora* pour deux séries de raisons:

- Dans ces zones basses, il est facile de laisser pénétrer l'eau de mer (et donc les post-larves). De plus, les paysans peuvent avoir une vaste de surface en eau, même à marée moyenne, pour l'élevage de crevettes. Et les sols sont riches en matière organique dont le rôle est important dans la chaîne alimentaire des crevettes.

- La vente du bois de *Rhizophora* (plus appréciée que celui d'*Avicennia*) constitue un capital initial avant la première récolte.

1.2. Au niveau des installations de crevetticulture:

Dans les zones de forêts, il y a de grandes surfaces qui sont, soit en cours de défrichement, soit d'installation de bassins à crevettes. En outre, les paysans exploitent les crevettes sans estimer les possibilités d'adaptation de terrain et des raisons de protection le milieu: il existe 21440 ha de bassins à crevettes dont le régime d'inondation est mauvais et une partie de la surface de bassins à crevettes très inondées se situe sur la slikke basse intertidale

2. Distribution spatiale des classes d'occupation des sols

2.1. Forêts:

Les forêts concentrés existent le long de la côte et entre les deux rivières *Biên Nhạn* et *Ông Trạng*.

- Les *Avicennia-Bruguiera-Exoecaria* se trouvent le long de la côte orientale. De plus, il existe des zones d'*Avicennia-Exoecaria-Cerios* qui ont repoussé après défrichement.

- Les zones de mélange de *Rhizophora-Bruguiera-Avicennia*

(dont le plupart ont été plantés par des plantations d'Etat) sont plus concentrées dans les terrains moins élevés, entre les rivières Ông Trang et Biện Nhạn d'un part, entre la rivière Đường Keo et la côte orientale d'autre part.

- Les zones en cours de défrichage se mêlent aux bassins à crevettes

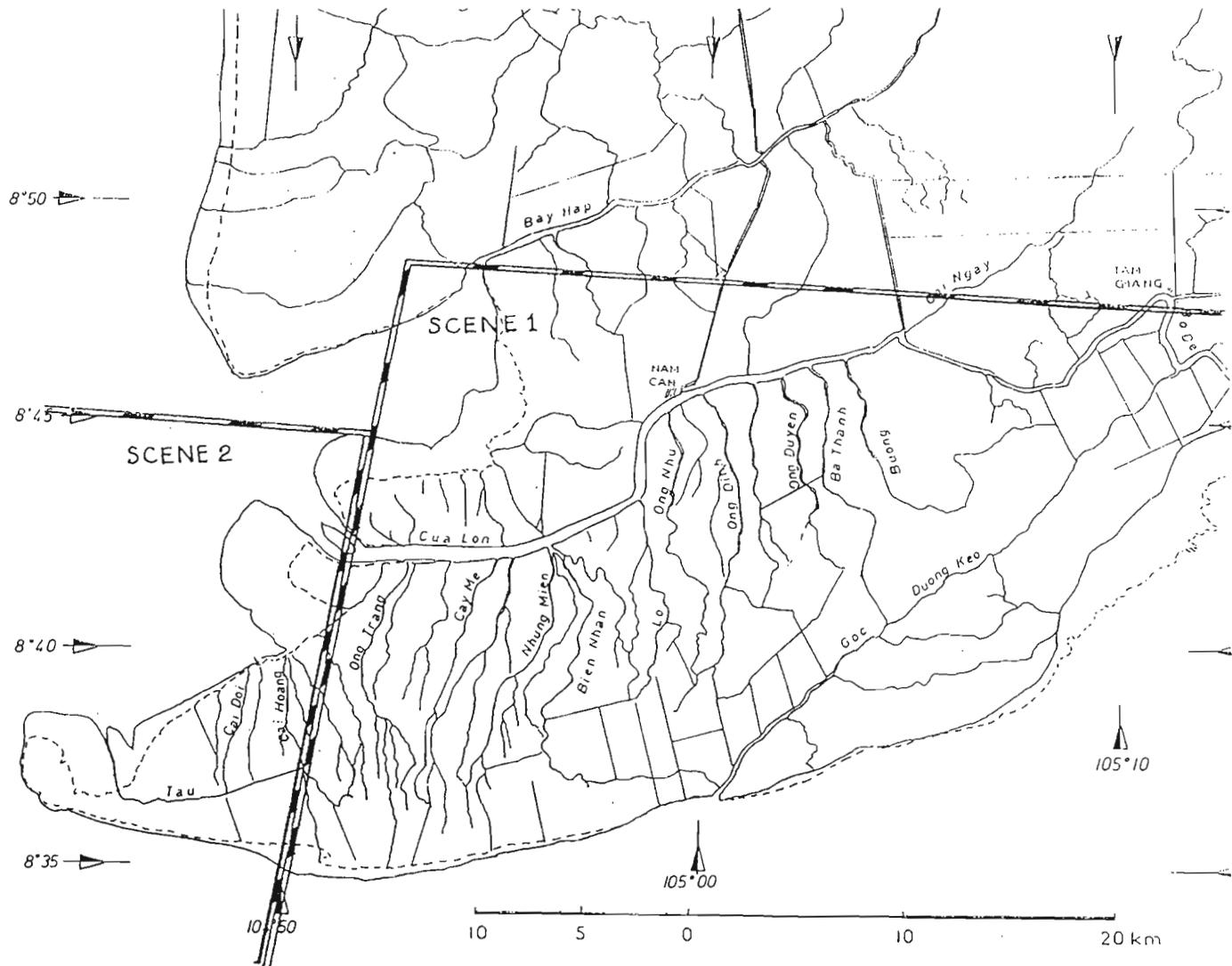
2.2. Fermes de crevettes:

Les bassins à crevettes occupent la partie restante de la région. La fréquence d'inondation dépend du niveau du sol et de la distance à des rivières. Nous pouvons indiquer quelques zones très inondées au long des rivières Ông Trang, Nhung Miên, Ông Định, Trại Lưới Cù, une grande zone au Nord du village de Năm Căn et au long de la côte en progradation.

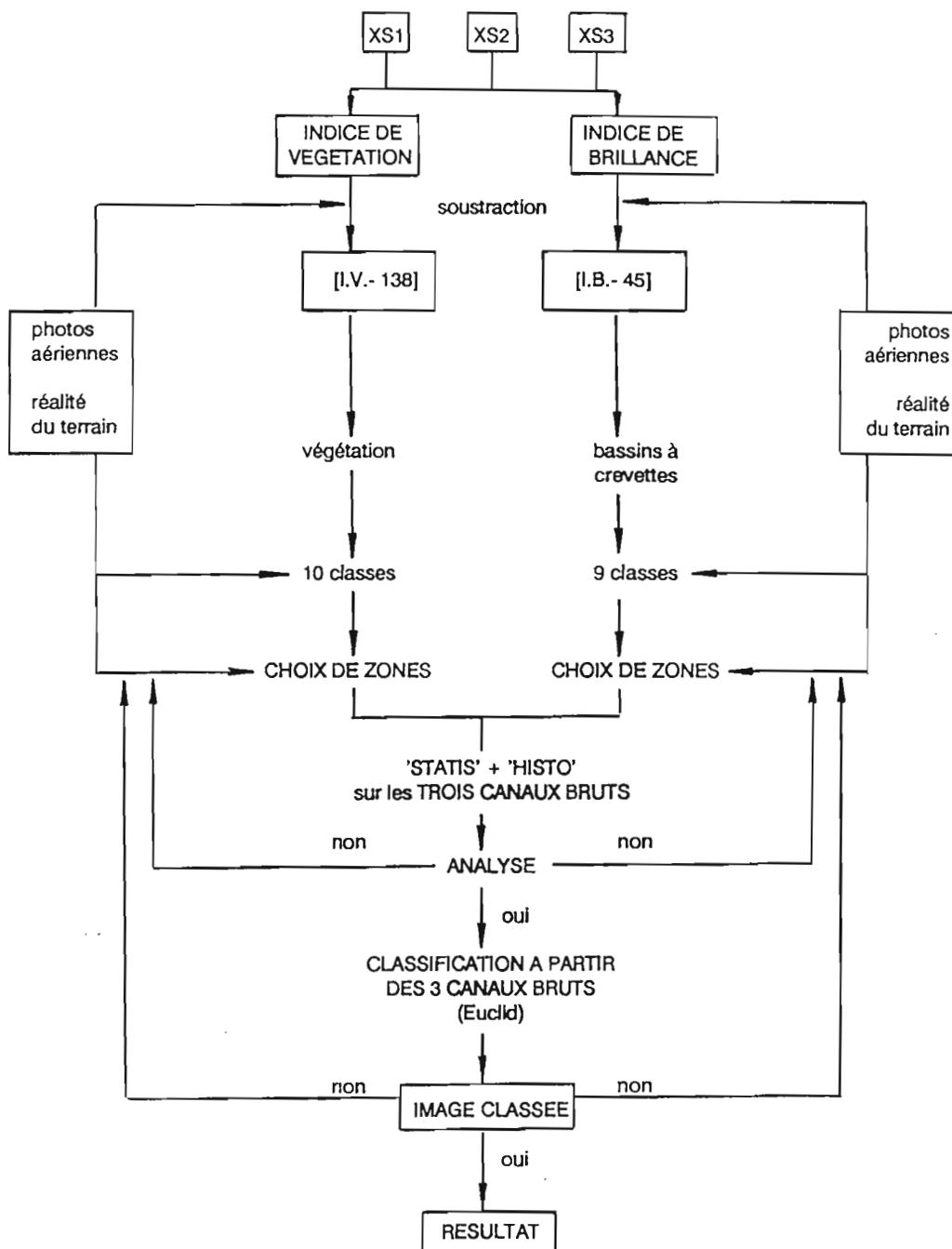
RÉFÉRENCES

1. PHÙNG TRUNG NGÂN & CHÁU QUANG HIẾN - *Les forêts inondées au Vietnam* - 1989.
2. LÊ CÔNG KHANH - *Les mangroves et les forêts de Méléaleuca* - 1986
3. UNDP/UNESCO - *Mangroves of Asia and the Pacific: status and management* - 1988
4. F. BLASCO - *Mangroves du Bénin: status écologique* - CNRS 1985
5. R. A. BARKEY - *Étude des mangroves de l'Indo-Malaisie et applications des techniques de la télédétection à Sulawesi* - Thèse Doctorat 1987
6. N. MOREAU - *Identification et dynamique des paysages de mangroves en Guinée à l'aide du satellite SPOT 1* - CNRS 1990
7. B. MOUGENOT - *Études des états de surface des sols de mangroves par télédétection en basse Casamance* - CNRS 1988
8. H. ANDRIANASOLO - *Télédétection : guide d'utilisation informatique ORSTOM-BONDY version 4.0* - ORSTOM 1990
9. M. RAKOTO & H. ANDRIANASOLO & C. MERING - *Guide de l'utilisation de PLANETES* - ORSTOM 1991

Figure: Couverture SPOT sur la région



ANNEXE I
Principe général de traitement pour l'occupation des sols



Tab.1: Caractères des facteurs sur les classes de végétation.

Classe	(a)	(b)	(c)	(d)
1	xx	0	0	
2	x à xx	x	F0	
3	0 à x	xx	G0	B
4	x à xx	x	F0	
5	xx	xxx	G	B
6	x à xx	xxx	G0	
7	xx	xxx	F0	
8	xx	xxx	F	V
9	xx	xxxx	F	V

Signification des symboles de cotation:

- | | |
|--|--|
| <p>(a) Fréquence d'inondation</p> <p>0 : inondé en vive eau</p> <p>x : inondé à marée moyenne</p> <p>xx : souvent inondé</p> | <p>(c) Texture horizontale</p> <p>0 : texture irrégulière</p> <p>G : texture grossière</p> <p>F : texture fine</p> |
| <p>(b) Densité des arbres</p> <p>0 : quelques bouquets</p> <p>x : peu dense</p> <p>xx : assez dense</p> <p>xxx : dense</p> <p>xxxx: très dense</p> | <p>(d) Couleur des feuilles</p> <p>V : vert foncé</p> <p>B : vert clair</p> |

Tab.2: Valeurs des classes sur les trois canaux bruts pour l'occupation des sols.

classe	XS1	XS2	XS3
Végétation			
1	57	40	70
2	56	37	78
3	53	33	81
4	54	34	95
5	62	37	111
6	55	33	107
7	47	28	97
8	47	28	105
9	49	29	137
Fermes de crevettes			
10	61	44	66
11	68	54	51
12	76	64	56
13	89	75	62
Autres			
14	80	68	95
15	58	37	46
16	138	132	83
17	254	254	224
18	94	69	104
19	118	97	59

THE STATUS OF MANGROVE RESOURCES OF NGỌC HIỂN DISTRICT, MINH HẢI PROVINCE

Trần Phú Cường
Deputy-Director of Minh Hải
Forestry Department

I. GEOGRAPHICAL LOCATION

Ngọc Hiến is one of the districts of Minh Hải province and situated in the South-West of Cà Mau peninsula. With a geographical coordinates of 104°43'04"-105°20'29"E longitude and 8°33'44"-8°52'11"N latitude, it has a frontier as follow:

- The Nord border to Cái Nước and Đầm Dơi district.
- The South and the East is adjacent to the East sea
- The West is adjoining to Thailand bay.

For the natural land area, Ngọc Hiến district is determined approximately to 126,000 ha as the total.

II. MANGROVE AREA AND LAND

1. Generalization on characteristics of Ngọc Hiến mangrove

At present, with a total mangrove area of 123,428 ha presented in Minh Hải province, it is almost concentrated in Ngọc Hiến district. This is a newly formed land region (Era IV with Haloxen deposit) that located between the East sea and the Thailand bay. Because of its position, the topography isn't enduring: the South-West shore is more and more banked up with earth while the North-East one, by contrast, is eroded gradually.

In a standing out in relief of its characteristics, Ngọc Hiến district has a system consisting a lot of larger rivers such as Cửa Lớn river, Bàu Háp river... associate with a dense network of other small rivers and creeks led to two seashores: the East sea and the Thailand bay with over 20 estuaries various in size. Therefore, this region is affected by both of tidal regimes: semi-diurnal tide of the East sea and irregular diurnal tide of the Thailand bay. To the first, it has a great value of 3.5m in tidal amplitude and content a heavy amount of alluvium come from Mekong river system and eroding the beach to bank up with earth the eastern inland part. The later, Thailand bay tide, in the other hand, has a lower amplitude of 0.8m and also content a little less deposit quantity than those of the first. At the place two current of tide meet each other, the South-West of the district, depositing sediment results a fertile area for mangrove growing. In addition, this is also the place many kinds of organism drain to that is called "rốn tôm".

It, further more, is quite noticeable that, although placed in Mekong Delta, Cà Mau peninsula isn't affected directly by Mekong

river current. So, with a great penetration of tide into the inland, the waters still stay at a high value of salinity even when it rains hard, and in comparison to another areas in Mekong Delta, it also expresses a value higher and less changeable than. In addition, a rainy capacity of 2550 mm/year and a salinity of 23ppt in rainy season was found in Ngọc Hiến and Cửa Lớn estuary, respectively. This is suitable to many species of salt vegetation and faunae. However, saltwater has had a powerful influence to agriculture production of regions far in the inland.

In summary, with the natural conditions mentioned above associate with its monsoon-tropical climate and a happening rarely of hurricane, Ngọc Hiến district is really an environment suitable for mangrove forest growing.

2. The real situation of mangrove and forest land

According to the results of a survey on Ngọc Hiến mangrove published in November 1992, the status of this is showed as follow:

a. Land area for forestry:

Total area: 89,029.5 ha, in which

- Land area covered with forest: 42,848.7 ha (not mention on forest planted in 1992).
- Land uncovered with forest: 38,182.9 ha (in which 30,116 ha is appropriated for shrimp culture and kitchen-garden industry).
- Land for other purposes (house land and flood land): 7,997.7 ha

b. Classification of land covered with mangrove:

- Natural mangrove area: 31,506.7 ha
- Planted mangrove area: 11,342.0 ha (not compound with mangrove forest area planted in 1992).

c. Classification of mangrove on its usage:

- Productive forest area : 71,634.6 ha
- Protective forest area : 5,123.0 ha
- Characteristic-used forest: 4,274.0 ha

d. Productivity of mangrove forest upon the whole: 1,965,656m³

e. Ngọc Hiến mangrove in other index:

- Average growth rate of mangrove:
 - + Natural mangrove : 7.3 m³/ha/year
 - + Planted mangrove : 13.0 m³/ha/year

- Biomass of *Rhizophora* sp is around 207,462-320,520 kg dry weigh/ha (Nguyễn Hồng Trí and Phan Nguyễn Hồng, 1983), only a little less than that of Pasok mangrove, Malaysia (366,000 kg d.w/ha), the best mangrove on the world. This showed a rather high value of Ngọc Hiến mangrove.

f. Composition of plant in Ngoc Hien Mangrove:

Some studies showed that, there were 46 species belonging to 20 family of woody plant and herb presented in Ngoc Hien mangrove. However, they almost focus on commercial families as follow:

- Family *Rhizophoraceae*: 10 species
- Family *Sonnetiaceae* : 3 species
- Family *Verbenaceae* : 4 species

The rest maybe belong to families small in quantity of population and/or even low in economical value.

g. Statistic statement on the status of mangrove resource being managed by enterprises located in Ngoc Hien district (published in October, 1991) (Table 1).

III. OBSERVATION ON MANGROVE CHANGE

Observation on its situation, the results showed that, throughout over past 10 years, Ngoc Hien mangrove has been changed greatly on its area and even productivity stage by stage.

Before the time the southern Vietnam was liberated, 1975, Ngoc Hien mangrove had been destroyed of 77,000 ha as much as 5.5 million cubic meter of wood due to chemical poisons.

To develop the mangrove, in period of 1975-1979, the government began to work a movement on recovering mangrove damaged in war. Total land area covered with forest of Ngoc Hien at that time was 104,000 ha.

In 1979-1983 stage, according to the government's decision about forming some mono-culturing zone of rice and soybean for export (located in Hàng Vịnh, Hâm Rồng, Đất Mới village), some of forest land was exchanged into agriculture land. For this reason, Ngoc Hien mangrove area left was 83,000 ha.

Time by time, mangrove area is decreased gradually. In 1987, land area covered with mangrove was 63,000 ha and in 1992, 42,848.7 ha of mangrove area was left.

As the result, it is only 10 years (1983-1992) after appearing the movement of export shrimp culture, a haft of mangrove area has been destroyed. Beside, with a very fast growth rate of population associated with nomadic people come from neighbouring area, the status of mangrove become more seriously due to their overexploitation of mangrove for firewood and building. The exploitation productivity is estimated about 200,000 cubic meter of wood as much as 1,000 ha of mangrove area, annually. Although the police of the Government on recovering mangrove has been opened out in recent years and around 8,000-10,000 ha of mangrove is planted yearly, it couldn't make up for this gap. This certainly need to an effective police of government, an enthusiastic help of overseas countries and a great endeavour of all people.

TABLE 1: STATISTIC STATEMENT ON THE STATUS OF MANGROVE RESOURCES BEING MANAGED BY ENTERPRISES LOCATED IN NGOC HIEN DISTRICT

Nx	Farm name	Natural area (ha)	Land area covered with mangrove (ha)	Land area uncovered with mangrove (ha)	Land area for other aims (ha)	Mangrove productivity (m3)
1	Dat Mui I Forestry-Fishery Farm	7047	4040	2388	622	106403
2	Dat Mui II Forestry-Fishery Farm	5808	3302	2111	395	117495
3	Tac Bien Forestry-Fishery Farm	7684	3177	4213	297	283672
4	Nhung Mien Forestry-Fishery Farm	5679	3359	1930	392	229354
5	Nam Can Forestry-Fishery Farm	7971	3212	3925	825	82606
6	December 13th Forestry-Fishery Farm	6411	724	4608	1079	3479
7	Duyen Hai Forestry-Fishery Farm	4006	967	2810	229	11790
8	Kien Vang Forestry-Fishery Farm	5777	5284	193	300	168919
9	Ngoc Hien Forestry-Fishery Farm	7654	4111	2406	1137	135879
10	184 Forestry-Fishery Farm	4149	2537	822	790	26832
11	Tan An Forestry-Fishery Farm	5155		4991	164	
12	Tam Giang I Forestry-Fishery Farm	6060	3037	1856	1167	236817
13	Tam Giang III Forestry-Fishery Farm	3299	2693	340	266	100800
14	Dat Mui special-used Forestry Farm	4274	2900	1374		270958
15	Division 339 Farm	260	167	90	3	5030
16	Export Shrimp culture Farm	610	77	534		3536
17	414 Farm	2195	1562	524	109	131083
18	Farm of Enemy Office of province	1788	900	832	56	49005
19	Hai Con Farm	300	300			
20	Hon Khoai Farm	577	500	77		
21	Farm of Sub-sector I	2366		2326		

AN OVERVIEW OF THE STATUS
OF COASTAL SHRIMP PRODUCTION
IN MEKONG DELTA, VIETNAM

Nguyen Anh Tuan
Nguyen Thanh Phuong
Faculty of Fisheries
University of Can Tho

ABSTRACT.

In order to outline realistic plans for coastal shrimp development in the Mekong delta in the years to come, the analysis has to go beyond real figures of the presented systems.

A questionnaire survey organized by the Faculty of Fisheries (University of Can Tho) at the end of 1992 pictured that shrimp production in the region covers about 200,000 ha. Of which 160,000 ha are cultivated by extensive method, the rests were mixed production systems and semi-intensive culture model. The semi-intensive model performed a prospective transition from traditional level to higher level. In terms of economics, the best was semi-intensive production model, which gave USD 2,206/ha/year net income. The mixed production models such as Salt-Artemia-Shrimp and Salt-Shrimp were the worst with the net income of USD 130 and 59 in order.

Shrimp production in Mekong delta plays an important role in local farmer living's conditions. However, it is developing in uncontrolled trend and at low level of technique and management. The discussed figures underhere would show the real situation and draw some ways for further development of the profession in the delta.

I. INTRODUCTION.

Extended from the latitude 23o5'N Southward to 8o5'N, Mekong delta lies in a very important location for coastal fishery development of Vietnam. The productivity of the coastal shrimp culture in this area is well known, so it is no surprise that the seven delta provinces of South Vietnam contribute 33,000 tons of shrimp, which cover 89% and 82% of shrimp cultured area and production of the whole country, respectively. With its area of 200,000 ha, shrimp production in the Mekong delta is developing in various models depending on location, techniques, fund and owned land of shrimp farmers.

The increasing of population pressure an economic difficulties has stimulated plans to manage the coastal plains for crustacean, mainly marine and brackish water shrimps production. However, shrimp culture in the Mekong delta has been evaluated as uncontrolled development and no planning, such changing of ecosystem and declining of natural resources during the process could not be avoided.

Understanding the status of coastal shrimp culture in the Mekong delta has been expected by many related institutions for further strategy development. Up to date, there are very little information about this subject, and it could not satisfy for making a right plan. In the year of 1992, Faculty of Fisheries (University of Can Tho) carried out a questionnaire survey to evaluate the real situation and potential of the shrimp culture in the region. In this paper, figures of the shrimp culture models in terms of technique and economic aspects will be discussed.

II. METHODOLOGY.

Data for writing this report are based on various published information and non-circulation data related to this subject, and surveyed data. Within 3 months, some questionnaire missions investigated all seven coastal provinces of the delta, and about 550 shrimp farmers were interviewed during the process.

III. RESULTS AND DISCUSSION.

1. Shrimp culture.

1.1. Seed supply.

As the observation, the seed supply for coastal shrimp culture in the Mekong delta depends upon three sources: wild seed, locally produced seed and imported seed from the central part of Vietnam.

In the Mekong delta, the wild seed still predominate but considerably declined compared to the previous time. There are 29 *panaeid* species has been classified in the region. Of which, 17 species are evaluated as economic species mainly *Penaeus indicus*, *Penaeus merguensis*, *Penaeus monodon* and *Metapenaeus ensis*. Some *Penaeus* species produce year-round, normally there are two peaks of productive activity: one from July to September, and a second from February to May. Seed is taken in ponds through water and/or setting nets along the shallow banks at spring tides during the new and the full moon. This is a main source of seed supply for many extensive culture models. However, the increasing of exploitation and destruction of mangrove areas are extremely affecting this source.

Since the development of the shrimp culture in the Mekong delta has moved up to higher level, the wild seed supply could not cover. About this time, the techniques of shrimp hatchery have been introduced into the region, so that the seed from hatcheries as a new source has started to play its important role. Probably the first trials in controlled reproduction were started in the delta in 1988 on *Penaeus merguensis* and *Penaeus indicus*. Until now, 18 hatcheries are operating effectively that provide 150 M to 170 M PL15/year (about 14% of total seed requirements). The rest has to be imported from the central part of Vietnam.

1.2. Culture models and productivity.

Results of the survey showed that coastal shrimp culture in the Mekong delta is operating with 6 popular models such as extensive, improved-extensive and semi-intensive culture system, mangrove-shrimp, salt-shrimp and artemia-salt-shrimp intergrated culture system. The pond size used in shrimp culture is very variable depending upon owned land, labour force, investment ability and culture model as well. Besides, the production system are also characterized basing on the way to manage the system. For instance, small scale family operation are often less than 4 ha, medium scale farms operate with ponds of about 10 ha, and large scale farms can manage ponds up to few hundred hectares (cooperative, state-run farm, etc.)(Table 1).

Table 1: Area and production of shrimp culture in various models in the Mekong delta.

Model	Totally estimated area (ha)	Avg. area /farm (ha)	Production (Kg/ha/yr)
1. Extensive culture system	160,000	1 - 10	395
2. Improved extensive culture system	1,100	1 - 4	357
3. Semi-intensive culture system	800	0.5 - 1	1,670
4. Mangrove-shrimp culture system	25,000	2 - 10	342
5. Shrimp - salt culture system	6,000	2 - 20	100
6. Shrimp - artemia - salt culture sys.	150	2 - 10	164
7. Other system	11,300		
Total area	204,350		

The table 1 also presents that the total area of coastal shrimp culture in the delta is estimated at about 200,000 ha. Of which, about 160,000 ha are operating with extensive method. As a traditional system, the extensive culture system lies in the medium yield group because seed, water supply and water exchange mainly depend upon tides, and the ponds are managed in a very simple way. The mixed production systems (e.i. salt-shrimp, salt-artemia-shrimp, mangrove-shrimp), however, show a very important trend at the moment even through their yields belong to the medium and lowest group. On the other hand, mangrove-shrimp intergrated production system covers a considerable area (25,000 ha). This is an extensive culture system but showing up a realizable way to reserve mangrove areas, environment as well as to exploit shrimps resources.

The other production system (semi-intensive production system) with higher level of pond management e.g. controlled stocking, feeding, good water exchange and so on achieved variable success> In Cau Ngang and Duyen Hai area (Tra Vinh province) demonstrating that the yield of the system is ranging from 1,497 - 3,352 Kg/ha/year. The achievement is being low but not significant difference if compared to the central part of Vietnam (900 - 7,800 Kg/ha/year), where the technique of semi-intensive shrimp culture have early offered, and its yield is lower than that reached in the Philippines where the production of the system could reach up to 5,500 Kg/ha/year (from 3,750 - 6,250 Kg/ha/year) (Chen and William, 1988). The system is just in the initial stage of its development. However, it would be a very feasible and attractive trend in this region for the time to come.

1.3. Economics.

In terms of economic aspects, the observed production system showed up there are three groups of investment and net income (Table 2). The semi-intensive culture production system required highest total investment (USD 6,464/ha/year), and giving the net income of USD 2,206/ha/year, which was very attractive for shrimp farmers. Besides, the worst systems in the region found were salt-artemia-shrimp and salt-shrimp mixed production system, which need USD 94.6 and 123 for expenses and net income of USD 130 and 59, respectively. However, the systems could provide an alternative to salt production alone, and significant incomes of the local people. Such the models are still important with the farmers' living conditions when the better models are not adopted for the area.

Table 2: Data of economical aspects of the coastal shrimp culture in the Mekong delta.

Model	Total expenses (USD/ha/yr)	Gross income (USD/ha/yr)	Net income (USD/ha/yr)
1. Extensive culture system	251	685	435
2. Improved extensive system	368	863	495
3. Semi-intensive culture system	6,464	8,671	2,206
4. Mangrove-shrimp culture system	281	643	362
5. Shrimp - salt culture system	123	181	59
6. Shrimp - artemia - salt culture sys.	94.6	225	130

Exchange rate: USD 1 = VND 11,000.

2. *Shrimp culture management*

The income from shrimp culture shares large amount of the total income of the agriculture, forestry and fishery production activities in many parts of the Mekong delta. The increasing of shrimp demand in the domestics and international markets comprised with the attractive prices, the shrimp production in the Mekong Delta is developing in uncontrolled trend. Such the cause could not avoid because:

- (i) The status and prospects of shrimp culture in the region are not evaluated in details, and becoming a difficulty for local governments and related institutions to make right plans to develop the profession in each certain areas.
- (ii) The network of technicians and aquaculture extension is not well performed while the Mekong delta is characterized very large and poor transportation means.
- (iii) Adopting of new techniques in shrimp culture and related knowledge to technician level is limited. Such, some disadvantages for organizing and practising effectively the fishery strategy in the region has presented.
- (iv) Shrimp production in the Mekong Delta is very fast developing, more especially in the last few years caused many difficulties in terms of managing and planning for local government as well as fishery offices.
- (v) Due to long term benefit of mangrove production if compared to shrimp production has forced the shrimp farmers cutting off trees for firewood and construction materials, which resulted the fast reduction of mangrove cover while is the expansion of aquaculture. Besides, the action cause extreme problems for fishery resources and imbalanced ecosystem as well.

3. *Coastal shrimp production and mangrove resources*

Mangrove resources have been reported. If trees are the main product of the mangrove area, the sub-products could be marine shrimps fishes and other aquatic organisms. Of which, shrimps play the most important role in the total income of the community. The mangrove area is not only the breeding and growing ground of many marine species but also having important role in environmental conservation.

However, it is necessary to say that wherever rich in natural resources are often concentrated to exploit because of population and living pressures. This is a real situation in the Mekong Delta, more especially in Dat Mui region (Minh Hai province), where

covering a largest area of mangrove forestry. If we only mention the mangrove area in Minh Hai province, about 60,000 ha of mangrove cover have been destroyed for various purposes. Of which, 80% is uncontrolled, mainly for shrimp ponds (reported by the Minh Hai Forestry Division).

The process of reduction mangrove areas for the expansion of shrimp production is fast going on. In terms of management and exploitation viewpoint and basing on the collected data, we strongly suggest that, the integrated production of mangrove and shrimp could be the most suitable way. However, the ratio between mangrove area and shrimp canals need to be further determined.

III. CONCLUSION

1. The coastal shrimp production in the Mekong Delta is bringing considerable benefit for the local farmers and for whole society as well. The extensive production method still plays its role and covers about 99% of total shrimp produced area.

2. The high management production system (semi-intensive system) has just started, but showed up a very feasible method for the time to come.

3. The shrimp production management of different ranking offices is facing with many difficulties in terms of management method, and specialized and related knowledge.

4. Mangrove - shrimp production system presents a good system to replace the single extensive culture system that could assure both shrimp production and environmental conservation. This is also a way to manage and organize production in the forest areas.

5. Controlled seed supply and adopting new technologies to farmer level are urgent needs of the producers. This requires the related institutions and local government to share hands. Such, the productivity and benefit of the system will increase.

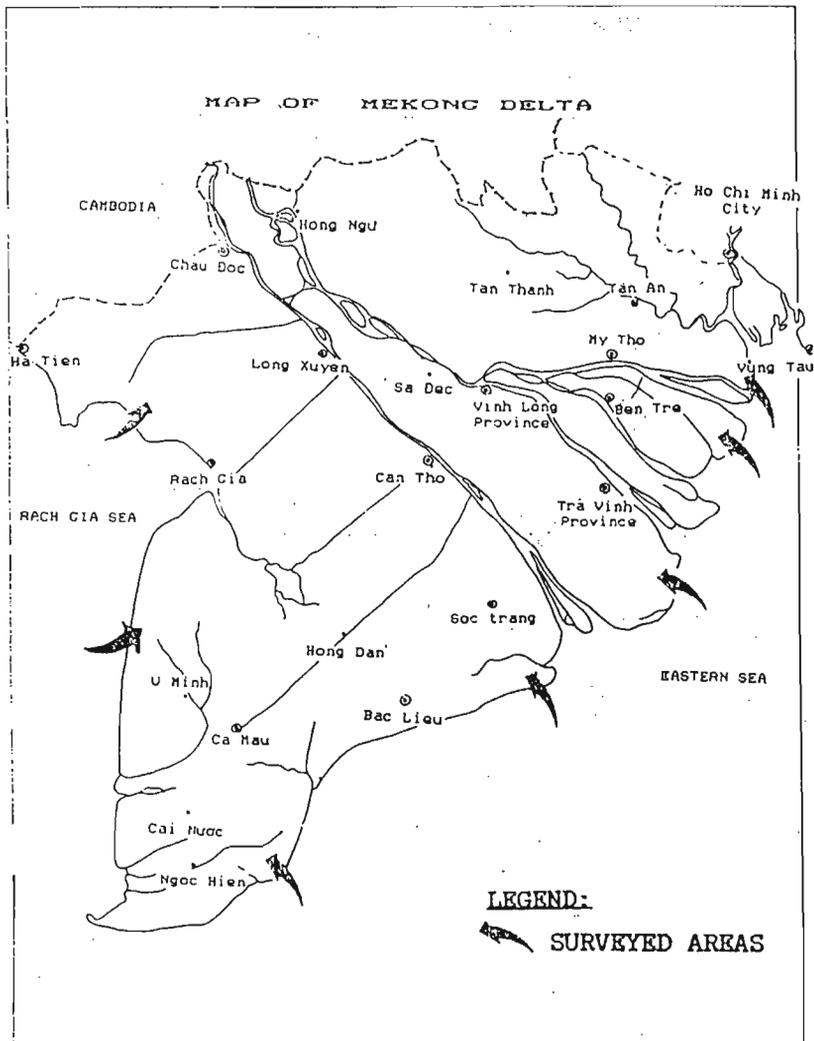
6. As the results, the shrimp production in the Mekong Delta is fast developing in uncontrolled way. The strategy makers and technicians are required to put out right plans to lead the profession from now on.

IV. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express their gratitude to the Committee for Science and Technique of Mekong Delta Provinces and the Mekong delta Development Research Center for their support. The deep thanks are also extended to members and students of the faculty of fisheries who shared hands for the survey successfully.

REFERENCES

1. BANG, N. (1991). *Semi-Intensive Shrimp Culture in Nghe An and Ha Tinh Province*. In: Fishery magazine No 3 (in Vietnamese).
2. CHEN KONG JUNG AND WILLIAM G. CO. (1988). *Prawn Culture Scientific and Practical Approach*. Published by Westpoint Aquaculture Corporation.



AN OVERVIEW OF THE STATUS
OF COASTAL SHRIMP PRODUCTION
IN NGỌC HIỂN DISTRICT, MINH HẢI PROVINCE

Nguyễn thị Hồng Minh
(Deputy-Director of Minh Hải Fishery Department)
Nguyễn Anh Tuấn
(Faculty of Fisheries, University of Cần Thơ)

I. INTRODUCTION.

The productivity and area of the coastal shrimp culture in Minh Hải province is well-known not only in Mekong Delta but also in the country. Yearly, about 45,000 tons of shrimp are produced from 80,000ha, which covers 39% of shrimp culture areas of the country. Ngọc Hiến district is a top producer of the province with its production of 13,000 tons in 1992.

Ngọc Hiến is holding the largest mangrove area, where is considered as a very important location for coastal shrimp culture. In term of economics, the income from the mangrove is rather low if compared to shrimp culture. So that, shrimp farmers are destroying mangrove trees without orientation to reserve land for shrimp production. Right now, the ecosystem is strongly affected and in the time to come, the coastal shrimp production will not exist if no mangrove.

Right understanding and evaluating of the coastal shrimp production in Ngọc Hiến is a very important need in order to make right plan for both shrimp culture and mangrove ecosystem conservation.

II. METHODOLOGY.

Purpose of the project is to evaluate the status of coastal shrimp production in Ngọc Hiến district. However, this report only mentions in the area of Tam Giang, Tân An, Viên An, Viên An Đông and Đất Mũi village.

1. *Documents*: the latest statistic data of the villages, district and the technical data of aquaculture from local institutions were used.

2. *Questionnaire survey*: Sampling were spread in over the mentioned area. Questionnaire form which were about the construction, technical, investment and economic aspects was prepared.

3. *Data analysis*: Collected data were analyzed by using statistic program such as average, max, min and standard deviation.

II. RESULTS AND DISCUSSION.

The status of shrimp production in Ngọc Hiến district can be focused into major aspects as follows:

1. Seed resources:

The survey of the Faculty of Fisheries (University of Cần Thơ) in the last few years showed that, wild shrimp seed in Minh Hải area is still predominant but gradually decreased. In 1992, average density of wild seed in Gành Hào estuary was about 171 ind/1,000 m³ of water or 1,149 ind / 1,000m³ in maximum. There were 16 species found in this area belong to 7 families. Of which, *Sergestidae* and *Mergidacea* family are abundant. *Penaeus merguensis*, *P.monodon*, *P.indicus* are evaluated as economical species.

Right now, shrimp culture is spreading over the district. So that, seed supply must be distributed from hatcheries. In 1992, only 1.5 million PL 15 were produced from the district's hatcheries. About 50 million juveniles had to be imported from the otherplaces with high price (VND 200-250/juvenile).

Opening new hatcheries for Minh Hải is urgent need. However, developing hatcheries must be based upon technical application, local environment and investment ability of operator.

2. Culture models

The questionnaire surveys pictured that shrimp production in the East side of the district covers about 36,000 ha. Of which 17,000 ha disoriented. The main culture models are extensive and mangrove-shrimp mixed culture. Improved-extensive culture system is managed with higher techniques such as stocking more seed and feeding.

Pond size used in the models is variable. However, it is small scale and owned by farmers. In facts, this is very suitable for managing as well as for transmitting the system to higher levels. The extensive culture system was the best in both production and economic (284 Kg/ha/year and VND 3.74 million net income/ha/year if compared to other systems (improved-extensive culture and mangrove-shrimp culture are 179 Kg/ha/year, VND -0.01 million/ha/year and 231 Kg/ha/year, VND 2.38 million/ha/year net income, respectively).

In addition, cutting of all trees is not a benefit way for improving productivity of shrimp pond. So, it is necessary to remain an area for tree that will stabilize the shrimp productivity. Recently, many shrimp culturists are replanting trees with low density (2,000-4,000 trees/ha).

An important observation during the process in the production of shrimp in all models decreased about 20%-70% depending upon household as well as area. The well-known area such as Dất Mũi village, which reached the yield of 600 Kg/ha/year in previous years, is only 200 Kg/ha/year in the surveyed year. The causes could be weather effects, but long-term effect is the use of newly formed land along the seashore and clearing mangrove trees for shrimp pond.

Improved-extensive culture model is showing poor results if compared to other models in both production and economical aspects.

Its reason could be:

- (1) Bad quality of artificial seed supply (uniform size and long transportation distance).
- (2) Unsatisfied seed quantity for pond size.
- (3) High price seed.
- (4) Unstable quality and quantity of feed.
- (5) Slow transfer of technology to farmer level.

Table 1: Technical parameters of cultural models for observation.

Parameter	Extensive system	Improvred-extensive	Mangrove-shrimp
1. Distribution	All village	All village	All village
2. Culture area (ha)			
Avg \pm Std	3.51 \pm 1.45	3.57 \pm 1.6	5.13 \pm 2.74
Min - Max	1.5 - 7.6	2 - 7	2 - 15
3. Canal area (%)			
Avg \pm Std	34.5 \pm 15.5	39.6 \pm 13.5	23.5 \pm 12.3
Min - Max	10.3 - 53.6	13 - 60	7.14 - 55.4
4. Mangrove area (%)			
Avg \pm Std			70.5 \pm 21.5
Min - Max			20.0 - 92.7
5. Production (Kg/ha/yr)			
Avg \pm Std	284 \pm 79.5	179 \pm 108	231 \pm 136
Min - Max	96 - 460	34.2 - 379	60 - 600
6. Economical aspects			
•Total expensives (VND million/ha/yr)			
Avg \pm Std	1.85 \pm 1.19	5.08 \pm 1.4	8.44 \pm 3.34
Min - Max	0.23 - 4.67	3.13 - 9.41	3.69 - 1.57
•Gross income (VND million/ha/yr)			
Avg \pm Std	5.65 \pm 2.73	5.07 \pm 4.38	4.2 \pm 3.25
Min - Max	2.88 - 10.8	0.98 - 18.6	0.68 - 12.8
•Net income (VND million/ha/yr)			
Avg \pm Std	3.47 \pm 2.81	-0.01 \pm 4.85	0.38 \pm 3.22
Min - Max	0.37 - 8.55	-4.59 - 14.9	-1.66 - 12.8
•Investment index			
Avg \pm Std	5.35 \pm 9.25	1.06 \pm 1.15	2.43 \pm 1.96
Min - Max	1.12 - 35.8	0.23 - 5.0	0.37 - 9.51

Note: Investment index = Gross income/Total expenses.

3. *Harvesting devices*

Dropping net, fence net and "dáy" are the main harvesting devices that used in main and secondary rivers. "Dáy" is installed in all sizes of river. In some river distances these devices occur with high number. Dropping net is very popular in small river that used for harvesting wild shrimp juveniles. However, last year the production of all kinds was only 40%-50% in comparison with the year before. It is necessary to have development plan for this profession in order to conserve resources.

V. CONCLUSION AND RECOMMENDATION.

1. *Conclusion.*

- Presently, there are three shrimps production models in Ngọc Hiến district including extensive, improved-extensive system and mangrove-shrimp mixed production. Of which, improved-extensive culture applies new technique and high investment but its achievement is poor.

- Shrimp production of all the models in the last year decreased about 20%-70%.

- Harvesting devices in the river is complicated and low yield. Surely, it is affecting the natural resources.

2. *Recommendation.*

- Observing for environmental changes in order to draw the development strategy for whole district (including models and cultured species)

- Carrying out fishery and forestry extension network to farmer level.

- Building more hatcheries for seed self support as well as to reducing wild seed harvesting.

- Investigating the status and variation of shrimp seed resources in the district.

- Setting up experiments to evaluate the production and economical aspects of mangrove-shrimp, shrimp-mangrove and extensive culture models for finding out a right plan to conserve the mangrove ecosystem in Ngọc Hiến region.

**MODEL OF TASKWORK IN THE INTEGRATED
SHRIMP-MANGROVE SYSTEM
IN 184'S FORESTRY-FISHERY FARM
NGOC HIEN DISTRICT, MINH HAI PROVINCE**

*Ngô Dũng Liêm
Director of the 184's Forestry-Fishery Farm*

I. THE FORMATION OF THE FARM

Following the decision 31-QĐ/UB of People's Committee of Minh Hải province dated on April 22rd, 1988, 184's Forestry-Fishery Farm was formed on the basis of succeed the Ngọc Hiến Forestry Fishery Farm with an area of 4,150 hectare that was located in the Sub-Sector II, Tam Giang village, Ngọc Hiến district, Minh Hải province. Being a farm deep in the inland, its frontier is determined as follow:

- The North is adjacent Ông Đơn canal.
- The South borders with Cửa Lớn river.
- The East bounds with canal of 17.
- And the West is adjoining with Cái Ngay creek and Cửa Lớn river.

As a very poor mangrove associate with a plant composition almost low in value and an overexploitation of mangrove increasing at the first time, the farm began the work with a special duty of protecting, recovering, developing and carrying on business mangrove.

II. MODEL AND RESULTS OF TASKWORK

Following the policy of the State Forestry Department and the Order 389 of the People's Committee of Minh Hải province about tasking land and mangrove for farmers on the plan, in 1988, 184's Forestry-Fishery Farm advanced consolidating two collectivities including 82 families that was cultivating on a land area of 459 hectare. To the rest of the land, it was almost exposed without any or with a bare mangrove. Facing this case, it was very necessary that, the land had to be tasked for farmers who were lackland, very poor and political for integrated shrimp-mangrove culture. Basis of this work including some articles is showed as follow:

- Farmers may use water drain and supply channels available in the farm for damp management and build more trenches in their impoundment for culturing shrimp but not exceed 20 percent in rate of the damp area. The rest area is recovered with new mangrove. To the old mangrove, the gaps is also patched. These works are carried out on the plan within 1 year after reseiving taskwork.

- Farm head offices have a duty of direction and control of shrimp and mangrove culvating technique. Avandcing formation of some sectoral managements so that they could be with the farm head office in mananging and taking care of farmer's social-cuture life.

- The contract will take an effect in a period of 3-5 years. In this stage, farmers must result a good integration in and shrimp culture. After that, the bilateral agreement may be prolonged. In another way, the farmers may take another one durable in keeping and producing their mangrove. Their commission will be based on the agreement of the Government for the farm.

Throughout past five years (1988-1992) with the duty and method of management mentioned above, the Forestry-Fishery Farm has tasked a total of 2,502 hectare for 807 families. On the basis of a poor mangrove at the primary time, it is estimated aroundly 141,000m³ in wood productivity now. An average mangrove growth rate of some 10m³ wood per hectare yearly is also found after it becomes bloom. As the result, 2,000 hectare of mangrove blooming at present may produces a total of about 20,000m³ wood annually that is worth VND 2 billion.

Looking back on the way the farm has overpassed, it allows to take out some basic features on mangrove management, recoverment and development as follow:

- Mangrove's profit couldn't take upon itself for farmer's life at the first time when it was a bare mangrove. So, thank to shrimp's profit in the integrated shrimp-mangrove culture, farmer's life could be improved.

- With a recontruction of the damp of twice a year, it plays an important role in progressing shrimp productivity. Some sub-products mangrove obtained from this work also offer the farmers a markable profit. In addition, this is also a good way for mangrove growing and puring is species of *Rhizophora sp.*

- Throughout past five years of performing this system, inhabitant's social-economical life have been improved step by step. With an income of some VND 5-10 million annually for each family (higher income of VND 20 million per year was also found with a rate of 20% in frequency), farmers could decorate their houses, furnished communication and transport facilities, etc. Many culture works was also built at each people's sector that had been settled with a capital investment come form the state and/or familial budget. Up to now, 5 schools in which one has 2 rooms, one five-room medicine station and over 20 freshwater wells has been built. These achievements take over an very important significance in consolidating farmer's beleive and attachment to the farm.

- Going on this policy, in 1992, 142 agreements continued to be signed and over 500 hectare of land area has been tasked for farmers, who appropriated illegally the mangrove land for their shrimp culture before and were really poor. However, the must compensate the mangrove'dammage resulted by themselves. Under this method, they was exchanged into a full-flush human power resources for managing, protecting, recovering and producing mangrove. To poeple who was trading and settling illegally on mangrove land and were unreally poor, they had to return their homeland after reimbursing the land for the farm.

Therefore, it is very important for the farmers to perceive the economical and social significance of their work at present and in future.

Last years, the integrated shrimp-mangrove culture model haven't had a big trouble as the thought of "*in of mangrove, out of shrimp*" but more and more to be progressed and showed an outlook in the future. More details on the result of this system is figured following:

- Shrimp culture:

In the first three years of planting mangrove, shrimp productivity is estimated around of 200-300 kg/ha/year. However, the more the mangrove grow out, the more the shrimp yield reduce. That of shrimp in period of 4-7 years old of mangrove is about 150-250 kg/ha/year, and in time after, it is valued on 100-150 kg/ha/year as the average. Although decreased gradually, shrimp yeild still shows a rather stable value.

- Mangrove cultivation:

With a density of 2,000 individuals per hectare, mangrove is planted after finishing damp construction and preparation. In facts, although not countably in the first three years because of young mangrove, mangrove's affect to shrimp culture becomes more powerfully in the time after. However, this could be improved if the water quality management is proper.

Since the output of shrimp is on the way of decline gradually, maintaining this integrated system is more troubled. So, farmers should be educated carefully to know how the mangrove profit is so that they could be responsible persons in protecting and developing mangrove. This is also the reason why the farmers who cultivated mangrove and shrimp in an integration before are exchanged into mangrove guards through a new contract. Shrimp culture in this period is only an associate subject for undertaking mangrove keeper's life. Mangrove products should be devided in a certain rate between the mangrove keeper's life. Mangrove products should be devided in a certain rate between the mangrove keepers and the farm after harvest.

III. PLANS FOR PERIOD ON 1993-1995 AND PROPOSALS:

1. Plans for period of 1993-1995

- Pushing the work of mangrove managment, recoverment and production. Striving to raise a mangrove area to a value on 3,000 ha in 1993 and in 1995, the whole of 4,025 ha of the farm would be recovered with mangrove. Planted mangrove should be hygienic and pruned off periodically so that it will grows well and surely, an average growth rate of 40-50m³ wood/year would be acheived.

- Stabilizing and developing farmer's life, investing in building culture works such as: medicine station, traffic road, etc.

Popularizing new techniques and progressive experiences in shrimp and mangrove cultivation to farmers so that it will bring up a effective result in their work. Income, in hope, of about VND 10 million/year would be obtained in 1995 on each family.

- Pushing producing and carrying on bussiness mangrove, using up sub-products of mangrove and saving expenditure. Accumulating capital for opening production and building infrastructure.

- Developing familial trade, in hope, each worker will obtain some VND 0,5-1 million/month in income in year of 1995.

2. *Proposals*

To develop the integrated shrimp-mangrove system more and more effectively, some following problems may be proposed to the Party, the State, and responsible offices.

- Promulgating a policy, as soon as possible, on stimulating farmers who grow and keep mangrove well.

- Treating criminals on the basis of both administration and law method.

- Investing sciences, techniques, capital as well as culture acts for farmers. With this help, this system's activities including "*stabilizing production activity, stabilizing and developing mangrove, and stabilizing farmer's social-economical life*" presented as three targets of the plan would be carried out successfully.

In summary, the problems mentioned above are a reality that the farm has overpassed. It, however, is very possible that, there are some troubles in the method of managment and contruction on this system. So, thank anyway for effective and enthusiastic directions.

FOREST-CUM-SHRIMP INTEGRATED FARMING.
A CASE STUDY AT FAMILY SCALE IN THE FOREST STATE
FARM 184, NGOC HIỂN DISTRICT.

Nguyễn Việt Hồng, Farmer
Tam Giang, Ngọc Hiến, Minh Hải.

Dear Delegates,

I am pleased to be able to attend the workshop as a farmer of the Forest State Farm 184. My paper will deal with the results that I obtained, under the provincial policies, related to the technique of forest/shrimp integrated farming system at family scale.

After 6 years (from 1987-1992) of producing I will present hereunder the managing way that I applied in terms of forestry farming as well as family economic. I will also discuss about the results and experiences that I have obtained.

I. FARMING AND ECONOMIC IMPROVEMENTS:

From 1988 when the Policy of Forest Distribution was decided, under the umbrella of the Forest State Farm 184 where the Director Considered to sign contrat with poor or land lacking farmers, I, standing for a family of 15, was allowed to manage a 22 ha area. The area formerly had been operated by different farmers with different times but they failed because they were lacking of labours for redesign the area.

Based on the techniques that were explained by technicians from the state - farm, my area was redesigned for both shrimp and mangrove farming. Twenty percent of the farm area was elevated as canals for shrimp living. The rest was either replanted or partly harvested as far as mangrove density was maintained at a level of 20,000 trees/ha.

Within the first 3 years, shrimp production from my farm was 200 kg/ha.yr. From a very poor farmer, with such shrimp production my family economic was improving gradually. Rightnow, we have almost necessary things for living and also for farming, such as: machine boat, television, radio-cassette, and new house. Such conditions, in the past I could see them only in my dream.

Recently, I was selected as the representative of a group of 59 families cultivating 340,9 ha. Our area consists of 10 ha with 10-year mangrove, 251,9 ha with 5-6 years mangrove and 37 ha with the younger one. There are 42 ha included that have been using for cash crop. In arevage, net income of our group is nearly 600 USD/family. Every 5 families we have 1 television and 1 radio-cassette. Farming activities are sunning normally and living conditions are improved

year after year. Even far away from the village center, our children could improve their knowledge since an elementary school was set up by ourselves.

II. RESULTS AND EXPERIENCES FROM THE MANGROVE-SHRIMP INTEGRATED SYSTEM

a. Shrimp management:

Because of good preparation and due to the young trees, sun light could penetrate into the water body, therefore shrimp production in the first 3 years was remaining at high levels (200-250 kg/ha.yr.). Based on practical experiences I would recommend to elevate a double canal in such system thus allows more sunlight reaching to water surface and stimulating phytoplankton to be developed even when mangrove grows higher and covers all of the planting area.

Compared with the extensive culture (all mangrove were destroyed and removed) where farmer could harvest a little higher shrimp production in the early years after starting. However few years later, the production will go down due to higher temperature and salinity of the water body. Such areas must be redesigned for improved intensive of semi-intensive shrimp culture.

When mangrove grows higher, all of the planting area is covered, a reduction of shrimp production will occur. The technique should be applied is exchanging water regularly. That could be done by operating 2 gates at different farm sides. Such water exchange might keep the production remaining at a comparable level.

b. Mangrove mangement:

From the 4th year and later, mangrove grows very fast and shading level is higher, they need to be harvested partly, especially branches at the low and the middle layer. It is necessary to remove unwanted tree and keep the area clean so that mangrove could grow better. Such procedure also reduces the effects of bad water quality due to heavy falling of leaves. Partly harvesting of mangrove would also give some benefit. In my case, at the first partly harvesting, I could earn nearly 350 USD including 200 USD from construction wood and 150 USD from fired wood. After taxing and returning investment for labours, my net income was 200 USD.

It seemed to me that profit from mangrove was not attractive, however such activities offered jobs for my family's members, and gave better growing conditions not only for mangrove but also for shrimp.

III. SUGGESTIONS:

-The State should have a suitable policy to stimulate people who have been following and making the policy of Forest Distribution successful. It is also necessary to apply strickly the rule in order

to prevent forest area from loses, furthermore to maintain and develop the natural resources.

-The State should invest at a higher level in terms of applied sciences as well as fund to the people who are directly managing the forest/shrimp system.

-It is necessary to invest more infrastructure like schools, clinics, man-made canals, roads, electricity, etc. for better living conditions in such poor areas.

-Lastly, if possible a policy of free-tax should be offered to the people who are doing permanent forestry management because of their less income compared with the people who culture shrimp separately and intensively. That would stimulate forest/shrimp farmers to remain at their place for ever.

UTILISATION OF MANGROVE AREA FOR TRANSMIGRATION IN INDONESIA

Lisna Yoeliani Poeloengan
Research and Development Centre
Department of Transmigration
INDONESIA

I. INTRODUCTION.

General use of transmigration are to improve the standard of living of the inhabitants around its area, to create job opportunity; to utilise the natural resources and develop the region and at the same time also improving the unification of the nation. Apart from improving the living standard of the transmigrants, the policy of transmigration should be able to improve productivity and national production, in particular to keep the self supporting situation in food and supporting various commodities for export purposes.

Since Repelita V, as much as 550,000 families has been relocated through various type of transmigration. During this Repelita, we have developed relocation and development pattern of transmigration which are closely related to the commodities of each respective areas and the other two types of transmigration. These patterns are food, plantation, fishery, forestry and service & industry patterns. Other than these patterns, a new pattern has been developed as well; which does not use commodity as its pattern, i.e.: self-transmigration development of potential village.

Transmigration development in mangrove and tidal area has been conducted through fishery transmigration. In the tidal and swampy area, normally is conducted through foodcrop transmigration, whereas in several location through plantation crop with one of the commodity that can withstand high salinity, i.e.: hybrid coconut.

The utilisation of mangrove area in coastal area has been conducted in Jawai, West Kalimantan with development pattern of fishery. The pattern is directed to utilise the abundant sources along the coast and sea with the model of Tambak Inti Rakyat (TIR). At the moment is still limited to shrimp farming.

Development of transmigration in mangrove and tidal area which have been introduce through fishery and plantation pattern will be stepped up and spreaded in term of its intensity and extensibility; because it is estimated that the requirement of food supporting commodities will keep on increasing in the future.

In the last few years, a lot of attention from experts and

government have been directed toward the well being of mangrove area because of its uniqueness and also its multi purpose functions as an area of transition from water to land.

The pressing demand of area for various development activities on the hand and the need to keep a balance ecosystem in the mangrove area has demanded that certain effort be done to keep the above need. In other word, there is a need to utilise the mangrove area rationally to achieve the desired result.

II. STATUS AND CONDITION.

Utilisation of tidal area including mangrove area for farming has grown. From the statistic report made by Fishery Directorate General in 1985, the area of fish farming in Indonesia in 1984 was 225,000 ha. During the last 20 years, this area has grown with a rate of about 4% per year. Farming in tidal area at the end of Repelita V has reached 2 millions has, whereas fish-farming area is estimated to reach minimum of 325 thousands ha (Cholik and Poernomo, 1986).

With the new investment program from the government, there are chances for the private sector to move into the utilisation of mangrove forest. From the last known data, the total mangrove forest under HPH (the right to utilise the forest) in Indonesia that has been utilised has reached 877 thousands ha or about 20.7% from the existing mangrove forest.

Silviculture system used is "parent tree system" (seed trees method). Cutting is done by leaving the seed trees as part of the rejuvenation of the forest and it is arranged based on the area and the policy of cutting rotation of 30 years (SK Dirjen Kehutanan no 60/1978), (Darsidi, 1986).

The use of tidal area for food-crop has been done outside Jawa (specially Sumatera and Kalimantan) and is linked with the transmigration program. The type of food-crop growned are rice, coconut, banana and coffee. There is no productivity fixed data of the above food-crop at this time, but it is reported the production is on the low side; average of 1 to 2 tons of rice per ha.

The usage of tidal area including mangrove for fish-farming is happening almost in all parts of Indonesia. The spread according to the islands indicates; 55% in Jawa, 30% in Sulawesi, 15% in Sumatera, 1% in Kalimantan and less than 0.1% in Maluku and Irian Jaya (Satari, 1986).

The type of mangrove field that is commonly used for the fish farming is the medium and low density only. In Inrian Jaya, the thick density is not even touched by human. Other than fish-farming, the mangrove area is also used for mollusks farm, multi purpose farming and also to get the seed for fish or shrimps farming.

III. AREA AND SPREADS.

The total surveyed area of mangrove forest in Indonesia is estimated to be around 4,251,011.03 ha and located in various province as per table 1.

Table 1: Area of mangrove forest in Indonesia; by province.

Province	Area (ha)
Aceh	54,335
North Sumatera	60,000
Jambi	65,000
Riau	276,000
South Sumatera	115,000
Lampung	17,000
West Kalimantan	40,000
Central Kalimantan	10,000
East Kalimantan	266,000
DKI Jakarta	95
West Jawa	28,515.16
Central Jawa	13,576.87
East Jawa	7,750
Bali	1,950
West Nusa Tenggara	3,678
East Nusa Tenggara	1,830
South Sulawesi	66,000
South-East Sulawesi	29,000
North Sulawesi	4,833
Maluku	100,000
Irian Jaya	2,943,000
Total	4,251,011.03

Source: Direktorat Bina Program Kehutanan.

IV. FUNCTION OF MANGROVE FOREST.

From the mangrove area, people can have 3 functions: physical, biological and economical functions.

1. Physical function.

Mangrove forest is a form of protection for the land ecosystem that has been utilised by the society and several types of animals. The forest vegetation and its zoning growth act as a filter against the salt intrusion from the sea, to protect the coast and cliff from the abrasion and develop micro climate different from the climate outside its area.

2. *Biological function.*

As a producer of life primary energy through a chain food that it creates; specially involving the complex chain food. As a place for hatching and feeding for shrimps, small fishes, mollusk from the sea. As a place for bird-nest, crab, reptile, snake and other type of animals. Also as natural habitat for a few other type of biota.

3. *Economical function.*

The result from mangrove forest in the form of wood is now in big demand for chip-wood, pulp and paper, leather processing, building material, coal, burning wood and also for food. Fish, shrimps and crab can be farmed as well. A lot of private companies are interested on the fish-farming on the mangrove forest and as a form of the development program for the transmigration through Tambak Inti Rakyat model, can also be utilised as recreational object.

V. CONVERSION PROBLEM IN MANGROVE AREA.

There are several complication arising from the converted mangrove forest that have been converted for other use. Among them are:

1. *Social-economy.*

Most of the transmigrants do not have the necessary skill to utilise the tidal and mangrove area. Not enough man-power, capital and difficult to market the product specially to transport them; very often become an obstruction to the development of the area.

2. *Forest exploitation.*

Mangrove forest exploitation by HPH (hak pengusaha hutan), disregarding the technics of proper usage of the forest. (Exemple: in Teluk Bintuni Manokwari, of the 450,000 ha of mangrove forest originally dedicated for the natural forest; 191,000 ha have been converted to production forest (Kompas, 25 October 1992)).

3. *"Green" mangrove.*

Conversion and reclamation of mangrove forest into fish-farms, rice field and housing area with considering any aspect of conversion in the form of "green" area.

4. *Abrasion.*

To handle the abrasion problem that is arising due to the incorrect planning of conversion from mangrove forest to other uses, the decision makers have a tendency to choose the technical aspect to solve the problem; by building high wall along the coast or piping system by using PVC pipes, disregarding the possibility of replanta-

tion on the area under pressure which should have more value to the area.

5. *Fish-farming.*

During Pelita IV, the growth of fish-farms is around 30,000 ha (Soewito, 1982). In Pelita V, this growth will be higher because of higher demand. A study need to be done, so that the mangrove forest will not lose its function. The biggest obstruction in fish-farming is the high acidity of the soil and in the construction with its relation to the level of tidal and land elevation.

V. SOLUTION TO THE PROBLEM.

1. *Social economy.*

It is necessary to optimize the field utilisation through the correct technology in term of physical, agronomic, social economy and its supporting facility. Past experiences is a good material for future improvement. A lot of young experts are required to improve the success of the development of the mangrove areas.

2. *Forest exploitation.*

Forest exploitation activities and cutting down the tree that has been done all this time need to be monitored and also require a closer supervision from the supervising body (Forestry department), specially in relation with the guidelines and silviculture that have been decided. Damaged forest area because of excessive cutting and low natural reforestation has to be replanted artificially.

3. *"Green" mangrove.*

The effort to increase the income for the people and government through fish-farming requires support through correct allocation of "green" area as a result of a combine study. "Green" mangrove is a green area along the coast and banks of the rivers with a certain width measured from the coast and banks line, which will function to guard the soil and continuation of the sea life, specially fish, shrimps and other biological form. "Green" mangrove have a function both as a protective forest or conversation forest.

There is a need to keep the "green" mangrove which act as a protection for the beach and bio-system of the sea. Until now, the width of the "green" mangrove is not fully under control, eventhrough some measures has been done to monitor it. The current policy about the width of "green" mangrove is a temporary guidance from the meeting in Ciloto 1986 which initiated by sub-committee of Mangrove Ecosystem MAB-LIPI. It recommends that the width of the "green" area is between 52 to 702 meters perpendicular to the coast or banks line. The recommendation has been verified in the field, so if it is decreed by the government, it can be use a rule for the mangrove forest utilisation.

4. *Reboisisation to overcome abrasion.*

Eventhrough reboisisation by replantation of suitable plant in mangrove is a slow process compare to building up high walls or PVC pipes, but the end result which will be achieved is far better. For example; other than protecting the coast line from sea water, it also act as a channel of sea and land ecosystem. Also as a source of food for fish, shrimps farm, protection for baby fish and a place to shed the shell for mollusk which all of them are the productivity of sea.

5. *Fish-farming.*

Preparation of mangrove area for fish-farming is very potential from the economic point of view and also considering the conversation involve with it. There is a need to set up a special body to set up the condition for preparing the fish-farming without sacrificing the interest of the existing fish-farmer. For a company with high financial ability, they need to have a breeding falicity to help up the smaller fish-farmer after the feasibility study is done.

The problem with high acidity can be minimized by using the new technology in aqua-culture. According to Sandy (1986), depending on the width, the mangrove forest in Indonesia can be devided into wide mangrove (width more or less 750 m), medium mangrove (width less than 400 m), and narrow with the width less than 50 meters. The height of tidal water on these mangrove are 3 meters, 2-3 meters and less than 2 meters respectively. With the slope of 0.25% to 0.5% and height of water required is between 0.5 to 1.5 meters, only 25% to 40% of the total wide mangrove area can be utilised for fish-farming. The usage of the area outside the above limit will result a high construction cost. For medium mangrove area, about 50% can be utilised, whereas narrow mangrove area is not suitable for fish-farming at all.

VI. CONCLUSION.

1. Mangrove forest has a very important role as a forest in general. Its importance lies on its location as an ecosystem between the land and sea; which act as a place for feeding and nesting for various kind of fish and other animal with an economic value, as a protective place and habitat for various kind of living things.

2. Mangrove forest is a specific type of complex ecosystem. The area of coverage is extensive and its utilisation will require various bodies of government to work together. To make sure that the coordination between the bodies is effective and efficient, everything has to be well planned and coordinated. The law, close coordination and economizing the cost is very important for solving its problem. Whenever there is a need to transform the function of mangrove area form forest to transmigration area, extensive study should be done by all parties involve without disregarding the ecological balance.

3. The width of "green" belt mangrove should be decided through

several combine effort from various entities. An area should be allocated for this type of study to represent a certain type of forest vegetation without any disturbance and pressure from the outside.

4. Transmigration with the fish-farming model utilising Tambak Inti Rakyat (TIR) is very suitable for the mangrove area, considering the economic value and its excess and at the same time applying the conservation aspect by allocating a certain section mangrove area for the "green" belt zone.

5. Before giving any permit to the any investor to utilise the mangrove forest (HPH), a feasibility study covering the socio-economy, environment, land use policy and forest conservation should be done to maintain its life.

REFERENCES

- ANONIM, 1992. *Mangrove Indonesia Kritis*. Kompas, 25 October 1992.
- CHOLIK, F. and A. POERNOMO, 1986. *Development of aquaculture in mangrove areas; Relationships to the mangrove ecosystem*. FAO/IPFC Workshop on the strategies for the management of fisheries and aquaculture in mangrove ecosystem. Bangkok 21-23 June 1986.
- DARSIDI, A., 1986. *Perkembangan Pemanfaatan Hutan Mangrove di Indonesia*. Seminar III Ekosistem Mangrove. Denpasar, Bali 5-8 Agustus 1986.
- SANDY, I.M., 1986. *Mangrove dan Wilayahnya di Indonesia*. Diskusi Panel Daya Guna dan Batas Lebar Jalur Hijau Mangrove. Ciloto, 27 Februari - 1 Maret 1986.
- SATARI, G., 1986. *Pemanfaatan Lahan Mangrove Secara Rasional Bagi Pertanian*. Seminar III Ekosistem Mangrove. Denpasar, Bali 5-8 Agustus 1986.
- SOERIANEGARA, I., 1986. *Masala Penentuan Batas Lebar Jalur Hijau Hutan Mangrove*. Seminar III Ekosistem Mangrove. Denpasar, Bali 5-8 Agustus 1986.
- SOEWITO, 1982. *Status Ekosistem Hutan Bakau Bagi Perikanan di Indonesia dan Langkah Pembinaannya*. Prosiding Pertemuan Teknis, Evaluasi Hasil Survey Hutan Bakau 1-3 Juni 1982. Direktorat Jendral Perikanan, Jakarta.
- SUMARNA, Y., 1985. *Hutan Mangrove dan Permasalahannya di Indonesia*.

UN EXEMPLE D'ANALYSE INTÉGRÉE DES PAYSAGES les systèmes de production dans la Province de Jambi PRÉSENTATION D'UNE MÉTHODE INFORMATIQUE.

A.G. BEAUDOU, M. LANGLOIS

LES OBJECTIFS

Le premier objectif est l'analyse des modes d'utilisation de l'espace chez les migrants et chez les occupants traditionnels.

Ce volet de recherche fondamentale traitera tout particulièrement des conséquences de l'installation de population sur la transformation des paysages. Cette installation procède d'initiatives gouvernementales encadrées par le Ministère de la Transmigration ou se fait spontanément, d'une île à l'autre, d'une province à l'autre ou d'un village à l'autre.

Le second objectif est la mise en place d'un outil informatique qui facilite l'accessibilité à l'information et développe la communication.

Dans ce volet de recherche, plus orienté vers les problèmes développement, il s'agit principalement de présenter et d'utiliser les informations recueillies et leurs analyses sous forme de modèles simples. C'est la conception, par cheminements dans l'information, non seulement d'un outil de consultation de données, rapide et souple, mais aussi d'un outil de travail permettant la confrontation de ces données, la mise en évidence des problèmes et la recherche de solutions basée sur des exemples représentatifs. C'est donc un moyen de gérer et de coordonner les opérations de mise en valeur.

LE TERRAIN

La région de Jambi est un exemple de la diversité d'une zone bio-climatique sub-équatoriale étendue, largement présente dans l'archipel indonésien. Les trois quarts de la province sont occupés par :

- des paysages de collines convexes constituées de sols ferrallitiques rouges et jaunes, très acides,
- des paysages de vastes plaines alluviales,
- des paysages d'anciennes mangroves et de forêts marécageuses sur tourbes.

Dans l'ensemble de ce secteur, les mouvements de population sont importants :

- transmigration (centres de cultures vivrières, palmiers à huile, hévéas),
- migrations spontanées en provenance d'autres régions de l'archipel, mais aussi migrations internes à la région,
- d'autres types de déplacements, sur des distances variables, pour des durées également variables (de la semaine à plusieurs mois) peuvent conduire à l'installation définitive.

Les mouvements de population peuvent être provoqués par la pénurie de terres, par des appels de main d'oeuvre (travaux saisonniers, "métayage", etc), par l'éloignement de certaines plantations...

Les principaux types d'occupation de l'espace reposent sur l'agriculture et plus particulièrement sur la culture du riz, du cocotier, des arbres fruitiers, de l'hévéa, plus récemment du palmier à huile, et, dans une moindre part, du café. Aux cultures annuelles pures ou associées se joignent des cultures perennes sous forme de grandes plantations ou de plantations villageoises.

LES CHOIX MÉTHODOLOGIQUES

Ils reposent sur:

- l'analyse des systèmes de production¹, concept fédérateur qui permet d'insister sur les relations entre les paramètres du milieu naturel et du milieu humain;
- la définition d'une unité spatiale élémentaire² représentée par le territoire villageois³.

Il faut donc aborder différents domaines de recherches : d'abord celui de la caractérisation du milieu physique et plus spécialement l'aspect morpho-pédologique; puis celui de l'identification des systèmes fonciers, des systèmes de mise en culture, des structures économiques et commerciales, des mouvements de population (leurs causes et leurs conséquences), de la transformation des paysages (recul de la forêt, érosion...).

La construction de schémas traçant les relations entre les différents paramètres spécifiques de ces milieux permet de comprendre et de visualiser leurs dynamiques d'évolution et de transformation. C'est également le moyen d'évaluer les réalisations et les modèles d'utilisation de l'espace dans les territoires villageois⁴. Le but est de permettre aux responsables du développement de mieux contrôler et guider les modifications des paysages.

L'étude se limite essentiellement au milieu rural. Toutefois la présence des concentra-

¹ en s'appuyant sur la définition de Malassis, nous dirons dans un premier temps qu'un système de production est un système d'utilisation des ressources et d'organisation du travail retenu par des paysans pour leurs activités productives et par les communautés rurales pour la gestion des paysages dans un environnement écologique, économique et social déterminé.

² "Unité spatiale élémentaire", "système de production élémentaire" : ces deux expressions traduisent, pour une échelle d'observation et/ou de restitution donnée, l'existence de structures possédant l'information nécessaire minimale à la compréhension du fonctionnement des systèmes perçus à cette échelle. L'agrégation de ces "structures élémentaires" permet d'approcher les systèmes plus vastes. Cette notion d'"information nécessaire minimale" facilite ainsi les changements d'échelle, par simple cheminement dans la chaîne des informations (A.G. Beaudou, 1989).

³ Le terme de territoire villageois s'appliquera également aux établissements récents que sont les "centres de transmigration" qui, après plusieurs années d'existence, acquièrent une identité villageoise.

⁴ Une remarque s'impose à propos de la définition que nous retiendrons du territoire villageois. Celui-ci ne présente pas, bien entendu, de frontières matérialisant de façon précise, les limites d'un "terroir", unité homogène d'établissement et d'exploitation. Il se présente plutôt comme un espace occupé et exploité préférentiellement par la population qui s'y est établie, mais où se rencontrent également des éléments extérieurs. A contrario, les jeux de l'appropriation foncière (achats, défrichements) et de l'emprunt de terres, voire parfois l'héritage, créent, comme on le verra, des enclaves, plus ou moins affirmées sur le plan foncier, dans d'autres territoires villageois (territoires "éclatés").

⁵ Ce paragraphe reprend des extraits du texte de Paul Loubière "Le savoir magnétique, une révolution de l'intelligence", in *Le Magazine Littéraire*, n° 308, pp 96-104

tions urbaines de Jambi et de Kuala Tungkal joue un rôle économique et commercial non négligeable. Elle sera donc ponctuellement prise en compte dans l'analyse.

LA RECHERCHE DE TYPOLOGIES EMBOITÉES

Le travail de recherche se situe à différents niveaux, appréhendés par chacune des disciplines en fonction de leurs spécificités.

La collecte des données se fait sur le terrain, soit par l'observation directe puis l'analyse de laboratoire (étude des composantes du milieu naturel, des rendements agricoles, ...), soit par l'utilisation de questionnaires ou la pratique d'entretiens (études des composantes de l'environnement humain et des relations homme-milieu).

Pour cette collecte, 27 villages ont été choisis parmi lesquels 6 sont des sites de transmigration.

La méthode de traitement des informations s'appuie essentiellement sur la construction de typologies, de classements en fonction de certains critères significatifs à différentes échelles. Ainsi un classement des villages peut être établi en fonction du type d'occupation du sol. Les critères retenus seront, par exemple, les superficies de forêts, de friches, de sols mis en culture sur le territoire villageois. Le choix de valeurs limites, puis de classes permet alors de caractériser différents types de territoires villageois. Ce premier tri est ensuite affiné en analysant plus en détail chacune des cultures pratiquées. A la suite de ce changement d'échelle, un nouveau classement est alors possible. De même, en analysant les rendements, la consommation et la surface cultivée en riz, il est possible de ranger les différents villages en fonction d'un critère d'autosuffisance vivrière, etc...

Du fait de leur localisation au niveau du territoire villageois, les données, les résultats, les classements et les typologies peuvent être spatialisés. C'est une échelle de restitution des résultats qui peut être affinée et livrer le détail de l'organisation de ce territoire ou des activités qui s'y déploient. Elle peut, à l'inverse, par agrégation, permettre de définir et de délimiter de nouveaux ensembles, plus synthétiques, zones plus ou moins homogènes qui rassemblent des territoires villageois. Nous avons ainsi le moyen de pratiquer des découpages de l'espace à l'intérieur du secteur d'étude et de les visualiser à des échelles différentes. Ces divers découpages sont ensuite superposés de façon à définir de nouveaux sous-ensembles homogènes caractérisés par de nouvelles associations de critères et de nouvelles échelles de valeur.

C'est en confrontant, par cette méthode, les différents découpages de l'espace qu'apparaissent les problèmes inhérents à tel ou tel mode de mise en valeur. Par exemple, la superposition des cartes d'autosuffisance vivrière et des surfaces cultivées permet de visualiser le degré de corrélation entre les deux et de présenter alors un nouveau découpage de l'espace qui fera apparaître les zones où la culture du riz est prépondérante mais où les besoins vivriers ne sont pas satisfaits. A partir de cette nouvelle carte, qui situe spatialement le problème, il est possible de cheminer dans l'information, en suivant différents thèmes tels que :

- la culture du riz proprement dite (méthodes culturales, choix variétaux, type de sols, ...),
- l'aspect peuplement des territoires villageois (densité, pyramides des âges, ...),
- le mode d'appropriation des terres,
- les autres types de cultures et de revenus.

Cela permet ainsi de rechercher et d'expliquer les raisons de la mise en valeur de telles zones.

Cette étude est également une étude dynamique. L'évolution des systèmes est perçue par différents moyens, à différentes échelles de temps. L'utilisation des documents cartographiques des années 1930, des photographies aériennes de 1976 et des images radar de

1989, couplée à l'analyse des données issues des archives et de la littérature consacrée à la province de Jambi, et à celle des observations de terrain permet de caractériser l'évolution des paysages et des spéculations sur une période de temps assez importante pour avoir valeur de modèle historique de la transformation de l'espace.

Les possibilités sont multiples et l'informatisation de la démarche permet une réelle interaction entre l'utilisateur et l'information. Celui-ci a toute latitude pour effectuer les confrontations qu'il souhaite, rechercher les facteurs d'explication aux phénomènes observés et pour connaître les moyens disponibles ou à mettre en œuvre pour répondre à ces questions. Il est ainsi possible d'établir un dialogue rapide entre l'utilisateur et les données. Ce ne sont pas uniquement des données élémentaires d'enquêtes mais aussi des données "travaillées", résultats d'une recherche préalable.

L'information est organisée et ces résultats plus ou moins complexes peuvent prendre la forme de cartes, de schémas de fonctionnement des systèmes morpho-pédologiques, des systèmes de production... le tout réuni dans un "LIVRE INFORMATIQUE".

LE LIVRE INFORMATIQUE

En première approche ce livre est constitué de deux chapitres principaux. Le premier permet de consulter les différentes informations sous de multiples formes. C'est donc un chapitre qui privilégie le cheminement. Le second permet à l'utilisateur d'intervenir sur les différentes informations et met en avant les possibilités de travail offertes par le livre informatique.

Il existe également un troisième "chapitre", celui qui regroupe les données, élémentaires ou travaillées, mais qui n'apparaît pas en tant que tel dans la mesure où les données sont utilisées en permanence, que ce soit lors de la consultation ou lors du travail.

Le livre informatique rassemble donc trois états de connaissance :

- la Base de Données,
- le mode Présentation,
- le mode Travail.

Il repose donc tout d'abord sur la constitution d'une base de données. Elle se fait à deux niveaux, celui du secteur d'étude et celui de son environnement géographique. Elle n'est pas conçue sur le mode exhaustif des Systèmes d'Information Géographique. Son objectif est la compréhension et le fonctionnement des systèmes de production à partir d'informations thématiques spécifiques et d'exemples représentatifs mais spatialement limités. Cette base de données minimale peut être à tout moment complétée, réorientée, modifiée en fonction d'autres choix de l'utilisateur.

I. La Base de Données

Elle comprend au minimum :

- les documents existants : statistiques nationales, régionales et villageoises, cartes thématiques à diverses échelles,
- les documents photographiques et résultats des observations et enquêtes de terrain,
- les études d'occupation du sol par interprétation de photographies aériennes, satellitaires, et radar...

Pour chaque territoire villageois, ont été retenus différents types de données :

- * des données de terrain concernant le milieu naturel :
 - la morpho-pédologie (valeur et longueur de la pente, couleur du sol, épaisseur

- des horizons, teneur en bases échangeables, phosphore, matières organiques, pH)
 - le type de formation végétale (espèces dominantes -nom, hauteur, densité, degré de recouvrement-),
 - la surface du sol (traces d'érosion et leurs caractéristiques morphologiques : types, profondeur, extension);
- * des données sur l'environnement humain
- le domaine foncier et agronomique : occupation du sol (superficies des forêts, des friches, des cultures, des différents types de spéculations), modes d'acquisition des terres (achats, héritages, défrichements), rendements agricoles par spéculations, techniques agricoles utilisées,
 - le domaine économique : organisation du travail familial (répartition des activités), temps de travaux, calendrier d'activités, modes d'exploitation, productions vivrières et commerciales, revenus et dépenses des familles, constitution du capital (bétail, thésaurisation, habitat, achat de terres),
 - la population : taux de croissance, pyramides des âges, nombre d'arrivées et de départs (solde migratoire), lieu d'origine, ancienneté de l'installation, répartition ethnique, relation type ethnique/type de cultures et occupation du sol.

Ainsi que cela a été signalé précédemment, le livre informatique comporte deux modes d'utilisation étroitement liés, le **mode travail** et le **mode présentation**. Le passage de l'un à l'autre peut s'effectuer à tout moment. Ils utilisent le principe de l'interactivité qui donne à l'utilisateur la possibilité de "communiquer avec les données de l'information" : circulation, déplacement, croisement, modification...

Pour cela le livre propose différents moyens d'interaction.

LES MOYENS DE L'INTERACTIVITÉ

Différents types d'objets actifs, **menus**, **popUp menus**, **boutons**, **icônes**, **objets texte** et **objets graphique**, **mots** ou **groupe de mots** dans un texte (identifiés par un astérisque), **images**, font apparaître, par pression sur le bouton de la souris, une nouvelle information qui elle-même peut être active. Un script (quelques lignes de programme), associé à chaque objet actif, permet le déplacement et l'affichage de l'information.

La couleur des objets actifs correspond à leur fonction :

- bleue pour se déplacer dans les thèmes,
- rouge pour le cheminement dans l'information,
- vert pour le travail et la saisie.

La couleur de fond des textes et des tableaux correspond à deux modes d'utilisation :

- gris en cours de consultation,
- blanc pour les saisies et modifications.

Une barre de menus de couleur bleue (en bas de l'écran) se retrouve à plusieurs niveaux (cartes des districts, planche de cartes miniatures villages, cartes des villages...), avec des boutons correspondants aux 5 thèmes retenus pour identifier les systèmes de production.

Quelques icônes particulières sont utilisées pour :

- permuter d'un tableau de valeurs à un graphique,
- afficher les valeurs statistiques,
- revenir aux choix thématiques,
- changer d'application (Tableur graphique Wingz et Hypermédia SuperCard).

Des fenêtres mobiles peuvent apparaître par superposition à l'écran en cours en cliquant sur un mot actif (repéré par un astérisque). Elles correspondent à des définitions, légendes, illustrations, statistiques, méthodes. Les textes affichés peuvent aussi contenir d'autres informations actives. Sur chacune des fenêtres il est possible de saisir de nouvelles informations, de naviguer dans les différentes fiches, de faire une recherche sur un mot ou groupe de mots, de créer une nouvelle fiche.

Enfin deux menus spécifiques, "Atlas" et "Miruram" (dans la barre de menus du haut, Fig.1) sont accessibles à tout moment, et quels que soient les niveaux de consultation ou de travail:

- **Atlas**, qui permet de choisir et d'aller directement à chacun des chapitres de l'HyperAtlas :
 - Archipel,
 - Sumatra,
 - Sumatra sud,
 - Kabupaten,
 - Intreprétation photos,
 - Grands paysages,
 - Villages.
- **Miruram**, qui offre la possibilité de se situer par rapport à une session en cours et de revenir directement à un précédent travail par le moyen d'un historique.

Le mode travail comporte la saisie, le traitement et l'actualisation des données au moyen de logiciels spécifiques :

- traitement de texte,
- tableur graphique (Wingz),
- correction d'images (PhotoShop),
- dessin vectoriel (Illustrator).

Le mode présentation qui utilise le logiciel SuperCard, s'articule en deux volets inter-dépendants :

- la consultation de cartes, d'échelles très différentes (du 5.000.000 au 10.000ème) associées à des légendes, des textes d'information sur l'environnement géographique ou sur un thème choisi: l'**HyperAtlas**
- l'analyse des données et la compréhension des systèmes depuis l'échelle familiale jusqu'à celle du district: les **Systèmes de production**.

II. Le mode Présentation : HyperAtlas et Systèmes de Production

1. L'HyperAtlas

La première image, un planisphère, situe l'Indonésie (Fig.1). Un bouton délimité par un cadre envoie à la planche générale Indonésie (Fig.2).

L'hyperatlas comprend 6 niveaux hiérarchisés :

- Archipel indonésien,
- Sumatra,
- Sumatra sud (les Thèmes),
- Districts,
- Secteurs,
- Villages.

Archipel indonésien

L'écran se divise en deux parties : une carte physique très simplifiée et une zone de commentaires abordant différents thèmes (Fig.2 et 3). Chacun de ces thèmes actifs permet de

lire un texte associé à ce thème. A l'intérieur de ce texte des mots peuvent aussi être actifs; ils font apparaître d'autres informations, définitions, photos, graphiques etc... Sur la carte, l'île de Sumatra active envoie à Sumatra (Fig.4).

Sumatra

Quatre possibilités de navigation (Fig.4 à 6) envoient vers :

- les Districts ou Kabupaten ;
- Sumatra sud : les Thèmes;
- les Villages;
- Sumatra Informations (Fig.7) : présentation du programme de recherche, de la méthodologie selon un sommaire dont les chapitres sont actifs vers d'autres textes (Fig.7 et 8).

Sumatra sud : les Thèmes

Chaque thème est représenté par une carte miniature active (Fig.9) qui donne accès à la carte accompagnée de sa légende. Sur cette carte (Fig.11), le positionnement du curseur fait apparaître son nom; le titre "légende générale" fait apparaître la liste de tous les cartouches; chaque nom appelle les explications correspondantes (texte avec mots actifs).

Le thème particulier "relief et pluviosité" de la Fig.9 envoie sur un écran intermédiaire de 6 mini-cartes actives permettant d'accéder aux informations caractérisant l'agro-climat de Sumatra sud (Fig.10).

Districts

Chaque thème est représenté par une carte miniature active (Fig.12) selon le même principe que pour Sumatra sud. Mais ici dans la carte choisie (Fig.13) chaque titre de la légende et chacun des cartouches renvoient aux thèmes correspondants (Fig.14 et 15). Ce sont les thèmes représentatifs des Systèmes de production.

A partir de ce niveau, il est possible d'entrer (barre de menus bleue) dans le second volet du livre informatique : les Systèmes de production.

Sous la carte miniature "Occupation du sol" de la Fig.12, le titre est également actif et envoie à une planche générale de cartes miniatures (Fig.16).

Secteurs

Cinquante ans d'évolution de l'occupation du sol sur trois secteurs témoins de la région étudiée sont représentés par des cartes miniatures actives. Chaque carte permet d'afficher plein écran l'occupation du sol à une date donnée (Fig.17); chaque cartouche de la légende accompagnant la carte fait apparaître une fenêtre-notice avec les commentaires sur le type d'occupation du sol correspondant.

La référence bibliographique de la carte en cours peut être affichée par le bouton icône fiche bibliographie.

Il est également prévu une analyse dynamique par secteur appelée par le nom du secteur écrit en rouge (Fig.16): sur l'écran s'affichent les trois états du secteur et un champ de commentaire (Fig.18).

Villages

Chaque village est représenté par une carte miniature active (Fig.19) dont le nom s'affiche lorsque le pointeur passe sur la carte. Il suffit de choisir celle-ci (en cliquant) pour faire apparaître la fiche du village correspondant (Fig.20); les cartes et données statistiques générales (monographie villageoise) ou la fiche typologique du village (Fig.21) s'affichent au choix par un bouton bleu. Un popUp menu permet de se réorienter sur un autre village (Fig.22).

La barre de menus bleue avec popUp menus permet de s'orienter dans chacun des thèmes du système de production (Fig.21).

2. Les Systèmes de Production

L'approche globale retenue s'appuie sur une analyse des systèmes de production en cinq composantes principales (Cible Fig.23) figurées par cinq parties colorées, elles-mêmes subdivisées en trois niveaux :

- Paysages : milieu naturel (sol, végétation, climat),
- Capital d'Exploitation : terres et biens d'équipement faisant l'objet d'un droit d'utilisation,
- Système de culture : modes et techniques d'utilisation du capital exploité,
- Système familial : utilisation de la force de travail et résultats d'exploitation,
- Marché Réseaux : valeur des facteurs de production et des produits.

La "cible" est doublement hiérarchisée du général (sommet) vers le particulier (base) au niveau des thèmes et de l'espace. En d'autres termes, à chacun des trois niveaux thématiques correspond une échelle d'analyse spécifique allant du district, au village, puis à l'exploitation. Chaque intitulé de la cible est actif. Il renvoie à des notices spécifiques qui représentent un niveau d'interprétation et de synthèse.

Il existe un autre niveau, celui des données de base et de leur organisation; on y accède par les notices, et aussi par l'atlas.

Pour illustrer cette démarche, nous présentons deux exemples de cheminement : Paysages et Système Familial.

2.1 Exemple Paysages

A. Notice Paysages

Les trois niveaux de la composante Paysage sont les suivants :

- PAYSAGES,
- Végétation, Climat, Morpho-pédologie,
- Séquences Végétation, Séquences Sols, Sols Cultures.

a. En activant "PAYSAGES"

nous arrivons sur une notice générale d'explication des concepts de système paysagique, d'unité paysagique et de facette topographique, Dans cette notice les principaux paysages de Sumatra sud et des districts ou Kabupaten sont caractérisés (Fig.24).

Un rappel du secteur coloré "paysages" permet d'accéder aux autres thèmes de même niveau ou de niveaux différents. L'icône "Cible" permet de revenir au plus haut niveau (Fig.23).

Un bouton actif vert permet de consulter ou de modifier les données.

b. En activant "Morpho-pédologie"

nous obtenons la notice et les fonctionnalités construites sur le même schéma que la fiche précédente, mais avec en plus une mise en relation possible du thème en cours avec d'autres thèmes du même niveau ou d'un niveau inférieur à partir d'un bouton popUp "Echelle d'analyse" (Fig.25). Une mini carte thématique du thème choisi apparaît avec des cartouches actifs permettant de sélectionner les niveaux inférieurs d'analyse.

c. En activant "Séquences Sols"

une fiche semblable à la précédente est visible à l'écran. La différence tient à la mise en relation entre thèmes : elle permet en activant le bouton "Liste séquences" de choisir une séquence de sol et de la faire apparaître en cliquant sur "séquences sols" écrit en bleu (Fig.26).

B. Données Sol

Une première fiche représente la toposéquence avec les emplacements des différents profils, la fiche d'identité, la description du sol et son schéma. Chaque mini profil actif per-

met d'appeler la fiche d'identité, la description, et le schéma correspondant. (Fig.27). Un bouton bleu situé à la partie inférieure du schéma du sol permet d'accéder aux données analytiques (physique, chimique et de fertilité) (Fig.28).

Les résultats analytiques sont présentées sous forme de tableau thématique: granulométrie, pH, bases échangeables, etc... associés à des représentations graphiques.

L'icône "texte" permet d'afficher un champ de commentaires concernant les résultats analytiques affichés.

2.2 Exemple Système Familial

A. Notice Système Familial

Nous retrouvons trois niveaux successifs que l'on peut appeler de la même façon que précédemment:

- SYSTEME FAMILIAL (Fig.29)
- Force de travail, Production-Consommation (Fig.30)
- Forme de travail, Potentiel actif, Nature des Dépenses, Nature des Ressources, Equilibre vivrier (Consommation et Production rizicole).

Nous ne détaillerons ici que le second niveau (Production-Consommation).

Cette fiche se compose d'un champ déroulant texte expliquant, là aussi, les concepts et la méthode d'analyse des données associées à ce thème des Systèmes de production. Un bouton popUp bleu "Echelle d'analyse" fait apparaître une liste d'autres thèmes associés (Fig.30bis). Chacun d'eux permet d'identifier le groupe de villages qui lui correspond et qui s'affiche dans un champ intitulé "liste des villages" avec un bouton supplémentaire rouge (Echantillon global) (Fig.31).

Le mode de travail proposé ici est la caractérisation de groupes villageois et la mise en relation avec le thème principal exprimé par un titre écrit en bleu. Celui-ci devient actif et permet de choisir, par un autre popUp menu, parmi les trois sous-thèmes associés à Production Consommation (Fig.31).

Malgré cette priorité, il demeure possible d'aller directement aux données concernant chaque village du groupe correspondant en cliquant sur le nom d'un village de la liste affichée (Fig.31).

Un rappel du secteur coloré "système familial" permet d'accéder aux autres thèmes de même niveau ou de niveaux différents. Comme précédemment l'icône "Cible" permet de revenir au plus haut niveau.

B. Données Production-Consommation

a. Données globales (totalité de l'échantillon)

Deux fiches sont présentées ici :

- la consommation rizicole (Fig.32)
- la production rizicole (Fig.33).

Sur ces fiches apparaissent deux types de graphiques :

- données brutes
- données fréquentielles par classes.

Le second graphe est une analyse typologique de la consommation ou de la production pour l'ensemble du secteur. Cette analyse permet de situer chaque village dans chacune des typologies identifiées.

Une icône spécifique permet d'afficher dans une fenêtre indépendante les valeurs statistiques classiques (Fig.32). Une autre fenêtre de texte commente les résultats.

b. Données village

Elles se composent de trois fiches :

- Equilibre vivrier
- Nature des Ressources
- Nature des Dépenses.

* Equilibre vivrier:

La première fiche rassemble 4 graphiques de données brutes de production, de consommation, en riz par an et par habitant; deux graphiques expriment le rapport production/consommation réelle ou standard.

Un champ de commentaires permute avec un tableau de valeurs par exploitation en activant une icône spécifique. Le bouton bleu "méthodes" fait apparaître une fenêtre indépendante qui explicite la façon dont ont été recueillies et traitées les données d'enquête (Fig.34 et 35).

En cliquant sur le bouton bleu "typologies" on accède aux deux fiches "Typologies" associées dans le même thème: typologie consommation et production de riz annuelle par habitant; typologie rapport production/consommation réelle ou standard en fréquences par classes (Fig.36 et 37).

* Nature des Ressources, Nature des Dépenses

Sur ces fiches apparaît le graphique représentant l'importance relative des différents postes du budget familial. Les données sont accessibles dans le champ du bas qui peuvent permuer avec le commentaire au moyen de l'icône spécifique texte/tableau (Fig.38 et 39).

Le bouton popUp bleu "Données Système familial" permet d'aller aux autres données des thèmes de l'ensemble Système familial .

III. Le mode TRAVAIL: Saisie, Traitement des données

Les données d'exploitation villageoises ont été recueillies par voie de questionnaires; les variables récoltées sont détaillées ci-après dans quatre thèmes: le paysage, le foncier, l'économie et l'agronomie correspondant aux secteurs Paysages, Capital d'Exploitation, Système de Culture et Système familial de la cible (Fig.23).

1. Les Données

Paysage

Description du modelé, forme et valeur de la pente, formes d'érosion

Description morphologique des sols et analyses physico-chimiques suivant des toposéquences.

Dans tous les villages les sols ont été également décrits et analysés pour chaque type d'occupation du sol.

Les données climatiques et de végétation sont collectées à partir des sources locales.

Des séquence de végétation sont également prévues.

Foncier

1- Identification des fiches d'enquête :

- village, quartier, nom de l'enquêté
- ethnie, âge, lieu de naissance, nom de l'épouse, activité principale

Schéma de l'arbre généalogique indiquant :

- n° d'ordre de naissance, nom, sexe
- décédé ou vivant, parenté avec l'enquêté

Deux fiches correspondent aux modes d'acquisition des parcelles.

Pour la fiche Héritage, les réponses sont données par la personne enquêtée :

- pour elle-même
- son épouse,
- ses frères et sœurs.

Pour la fiche Autres acquisitions, les réponses sont données par la personne enquêtée :

- pour elle-même uniquement.

2- Fiche "héritage"

pour chaque individu collatéral (frère et sœur) :

- ordre du rang de naissance
- sexe et lieu de résidence, vivant ou décédé avec année de décès (rappel)
- si changement de résidence : vers où, pourquoi, combien de temps
- si décès : année, bénéficiaire des biens

par parent de qui est venu l'héritage :

- années de partage
- parenté et ethnie
- type de bien indivi ou partagé

pour chaque bien hérité :

- type de bien ou de parcelle de terre
- surface, nombre d'arbres etc...

3- Fiche "autres modes d'acquisition des terres"

(achats, emprunts, ouverture-défriches)

pour chaque individu collatéral (frère et sœur) :

- ordre du rang de naissance

par type d'acquisition :

- type de bien acquis

pour chaque bien acquis :

- type de bien ou de parcelle de terre
- surface, nombre d'arbres etc...
- année d'acquisition
- si achat : prix d'acquisition
- si emprunt : conditions
- si défriche : conditions, propriétaire individuel ou collectif, prix

Systèmes de production et budgets familiaux

1- Identification fiche d'enquête :

- village, dusun, nom chef de famille, âge, N°, date...

2- Fiche signalétique : la famille

- date d'arrivée, origine tribale
- composition, âge, filiation, résidence
- scolarité, niveau, dépenses scolaires des enfants à charge
- membres actifs dans la production

3- Croquis situation et parcelles

- lieux (dans et hors village) :
 - habitation, grenier, animaux (abri)
 - jardins fruitiers, parcelles de cultures, friches
- habitat : dimensions, catégorie, coût
- distance ou temps de déplacement depuis la maison
- surfaces exploitées, modes d'acquisition et valeur
- modes d'exploitation (faire-valoir direct ou indirect)
- coût d'exploitation indirect (temps de travail par opération culturale, rémunération)

4- Equilibre vivrier en riz

- consommation de riz par jour de la cuisine
- rendement et/ou production par rizière (unit.trad: gentang/tumbuk)

- disponible produit, conversion paddy-> riz décortiqué
- vérification de l'autosuffisance en riz
- achats éventuels de riz

5- Ressources courantes de l'année passée

- produits commercialisés :
l'agriculture (fruitiers), plantations (cocotier, hévéa), pêche...
- revenus du travail rural
- ressources diverses

6- Dépenses courantes de l'année passée

- dépenses de routine pour la consommation
- coûts de scolarité (supra)
- autres dépenses ou coûts par nature

7- Biens de capital

- maison (cf supra) et meubles
- véhicules (vélo, moto, voiture, pirogue)
- appareils électriques (radio, TV)

Agronomie

1- Identification fiche exploitation

- identité et situation familiale; localisation; ethnique...
- activités en mois de travail

2- Croquis situation et zones de cultures villageoises (figurés de carte)

- lieux et distances (temps) dans et hors village :
habitation, animaux (abri), jardins fruitiers, cultures, friches
- micro-zonage?
- type de sol : horizon <= 50cm: couleur, texture (sableux, argileux)
- qualité des sols : carences? sur état plante
- alimentation en eau : prof.nappe, drainage interne: gley, taches (%)
- adéquation des sols selon culture : choix sol/culture par le paysan

3- Mode de faire-valoir et droits fonciers

- pleine propriété
- redevance fixe (location ou fermage)
- redevance % (métayage)
- usufruit (gratuit, modalités) sur terre étrangère

4- Mode d'occupation agricole du sol

- mise en place des systèmes de culture (historique)
- rotation : succession pluri-campagnes des cultures (période > 1 an)
(assolement: "camembert dynamique"
répartition des cultures sur surface cult. pour chaque campagne)
- sur même champ au cours de la campagne
 - . cultures successives
 - . cultures associées (mêlées ou intercalaires: ligne par ligne)
 - . cultures de plein champ

5- Matériel végétal et culture

- techniques de production (sélection, taille...)
- variété et densités pratiquées
- évaluation des rendements
qté récoltée /surface /qqté semences /nombre de pieds
qté par grand type d'association culturale

6- Calendrier et temps de travaux par culture

- phases de culture saisonnières; périodes de pointe?
- temps dépensé par opération culturale, manuel ou non (en journées de travail : durée moyenne?)
- main d'oeuvre utilisée et outillage

7- Capital d'exploitation (quantité et valeur, échéances) et bilan d'exploitation par culture

- produits achetés (semences, plants, engrais, produits..)
- cheptel de travail
- matériel et outillage
- avances et crédits obtenus
- coûts: inputs, terre, travail
- produit et revenu net

2. Traitement des Données

Toutes les données sont rassemblées dans des tableaux par village et par thème. Leur traitement est effectué par des procédures automatisées dans un tableur graphique.

Pour illustrer ces procédures nous renvoyons aux figures 40 à 43.

a. le premier écran (Fig.40)

il faut d'abord choisir la langue de travail (bouton violet intitulé "langue, language, bahasa ?"), qui peut être le français, l'indonésien ou l'anglais, dans laquelle s'afficheront les messages, les aides et les intitulés des rubriques, noms de variables etc...

Le choix suivant obligé est celui d'un village, d'un ensemble de village ou de la totalité des villages dans un menu déroulant qui apparaît après avoir cliqué sur le bouton orange "échelle d'analyse".

Apparaissent alors les boutons de travail de couleur verte :

- saisies : entrée de toutes les données brutes dans des tableaux,
- validation : validation finale de la saisie dans des feuilles pré-formatées comprenant une série de calculs automatiques,
- actualisation: permet de réactualiser la base de données en fonction de la langue choisie dans l'hypothèse où les données ont été modifiées.

et un autre bouton de travail, de couleur bleue, plus directement en relation avec un thème :

- catégories thématiques.

Il y a trois boutons supplémentaires violets:

- icône SuperCard: pour retourner à cette application;
- variables choisies: rappel des choix en cours, village et thème,
- quitter: sortie de l'application.

b-L'étape suivante est le choix d'un thème (Fig. 41)

Il se fait par le bouton bleu "catégories thématiques" qui lui même fait apparaître le bouton vert "résultats" sur lequel on clique. Après les calculs et extraction des données du thème apparaît une feuille avec un tableau de valeurs et le graphique correspondant (Fig.42). Le type de graphique et le degré de précision choisis sont toujours modifiables au gré de l'utilisateur à l'aide de la barre de menus.

Le bouton bleu "typologies" qui apparaît ensuite permet d'effectuer des classifications sur l'échantillon global pour chacun des thèmes (Fig.41), et des fenêtres de dialogue en cours de travail permettent de retenir le nombre de classes, les limites de classe et la précision du découpage des classes (Fig.43). Une fois que la classification de référence est correcte, les calculs sont automatiquement effectués dans chaque village en fonction des paramètres choisis.

Tous ces résultats sont ensuite utilisés pour construire le chapitre "Mode de présentation" du livre informatique, principalement la partie "Système de production" ainsi que, dans une moindre part, "l'HyperAtlas".

C'est en effet à ce niveau que sont organisées les différentes données. Le mode travail permet, dans un premier temps, de construire la base de données (élémentaires et travaillées). Dans une phase ultérieure il permet à l'utilisateur de compléter les données élémentaires, d'effectuer de nouveaux calculs, d'envisager des simulations et si besoin est, de faire entrer ces nouvelles informations dans le mode présentation afin de compléter les chapitres systèmes de production et hyperatlas.

CONCLUSION

Le livre informatique est une nouvelle méthode de travail et de recherche qui met en jeu les concepts d'hypertexte et d'hypermédia. Ils permettent une nouvelle organisation de la connaissance qui offre au chercheur ainsi qu'à l'utilisateur d'immenses possibilités au niveau de la mise en évidence des relations entre thèmes scientifiques.

Les hypertextes et les hypermédiâs ⁵:

Si on consulte un dictionnaire électronique, on voit apparaître à l'écran la définition que l'on cherche. Jusqu'ici pas de différence avec un dictionnaire papier. Mais il suffit ensuite de cliquer sur un des mots de la définition pour voir apparaître une nouvelle définition à l'écran et ainsi de suite... Très vite l'utilisateur oublie le cheminement qu'il a suivi pour aboutir quelque part. Un hypermédia fonctionne de la même manière mais avec des images et du son. Il suffit de cliquer sur une autre partie de l'image pour accéder à une autre image. La visite de l'information se transforme en une sorte de jeu d'exploration.

Le problème n'est pas de mettre à notre disposition les données toujours plus abondantes dont nous avons besoin, mais plutôt de les présenter selon un schéma qui ressemble à la manière dont notre esprit fonctionne. Autrement dit, la meilleure bibliothèque ne sert à rien si elle n'est pas organisée de manière à ce que le chercheur puisse naviguer dans la connaissance mise à sa disposition. Plus généralement, le savoir, la science, ne sont pas autre chose qu'une certaine forme d'organisation des données. L'hypertexte est une façon entièrement nouvelle de concevoir le déplacement dans le savoir de manière analogique. Hypertexte et hypermédia ne sont pas de simples outils de stockage. Ils changent totalement les rapports des utilisateurs avec la connaissance.

Dans un document en hypertexte, la connaissance devient à son tour une potentialité; à partir d'un seul terme l'utilisateur peut dessiner un réseau aussi grand qu'il le veut. En outre, au lieu de ne donner qu'une même vision du paysage à tout le monde, comme il s'agit d'un voyage, chacun peut organiser son périple à sa guise.

Cette méthode basée sur la recherche de relations entre échelles, champs scientifiques, thèmes,... implique également l'idée d'analyses globales, le plus souvent multidisciplinaires. Elle permet également de faire émerger une autre recherche informatique en étroite relation avec celle des différents thématiciens impliqués dans les projets de connaissance du milieu et de son utilisation. Le dernier point à souligner est la mise à la disposition des utilisateurs de la totalité de l'information et la possibilité qu'ils ont d'intervenir sur cette information, soit pour la compléter, soit pour pratiquer des simulations en fonction de leurs besoins.

⁵ Ce paragraphe reprend des extraits du texte de Paul Loubière "Le savoir magnétique, une révolution de l'intelligence", in *Le Magazine Littéraire*, n° 308, pp 96-104

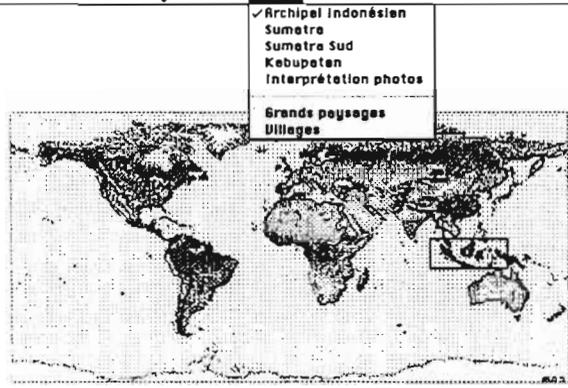


Fig. 1

EXHIBITION I

- Fiche signalétique
- Introduction
- Le cadre naturel
- L'histoire
- La population
- L'économie
- La société
- Fiches techniques

Bibliographie



L'ARCHIPEL INDONESIEN

Fig. 2

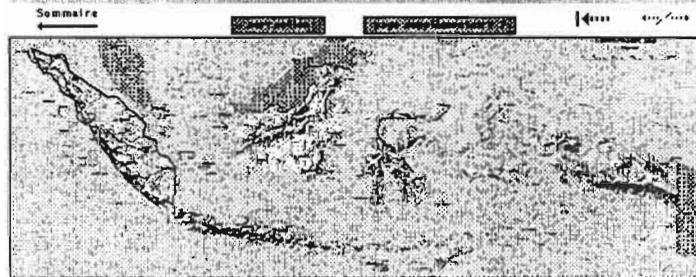
Le cadre naturel

3) La structure

L'archipel indonésien se situe à la limite entre deux à quatre plaques, sur ce que l'on appelle une marge active (certaines simulations de la tectonique des plaques). Cette marge active appartient à la croûte de l'océan Pacifique. Toutes les îles ne sont pas également tectoniques.

Sumatra, Java et Bali (l'espèce formant en une structure tectonique placée de conditions caractéristiques par un bassin d'arrière-arc (le mer de Chine), dont le fond est constitué de croûte océanique). Tout cet ensemble appartient à la plaque tectonique australienne, qui se déplace vers le SSE, et vient buter contre la plaque indonésienne indonésienne, qui se déplace vers le nord.

Cette dernière, caractérisée de basaltique plus dense, se frotte contre la plaque australienne (plaque de subduction). La friction du plancher océanique qui en résulte a entraîné la formation de la fosse de Java (profondeur maximum 7400 m), qui borde cette partie de l'archipel au sud.



L'ARCHIPEL INDONESIEN

Fig. 3

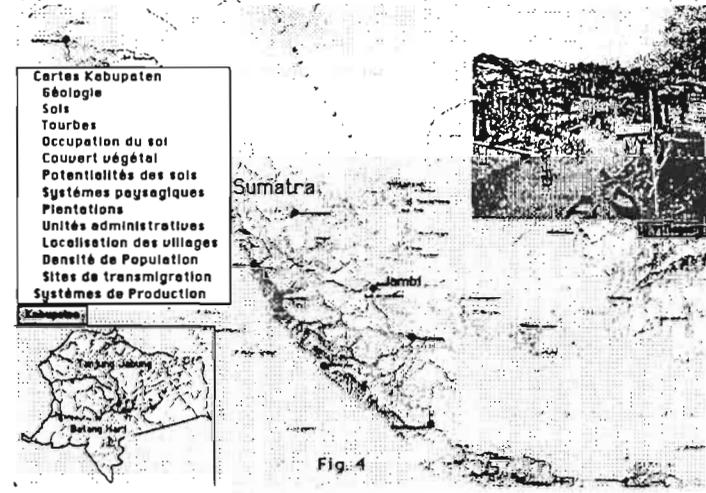
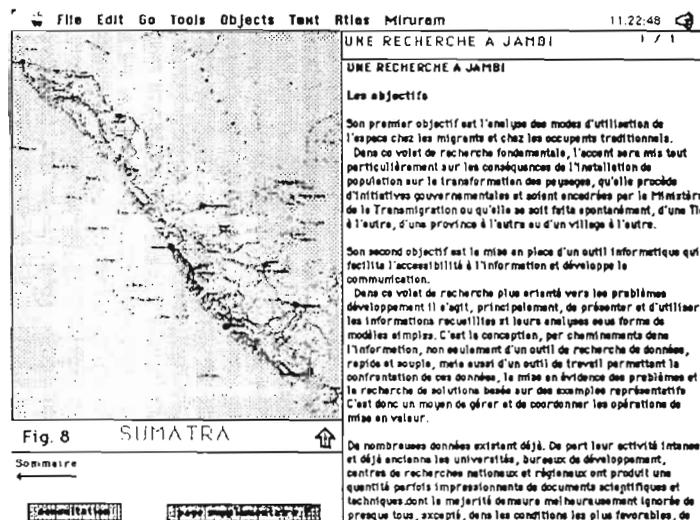
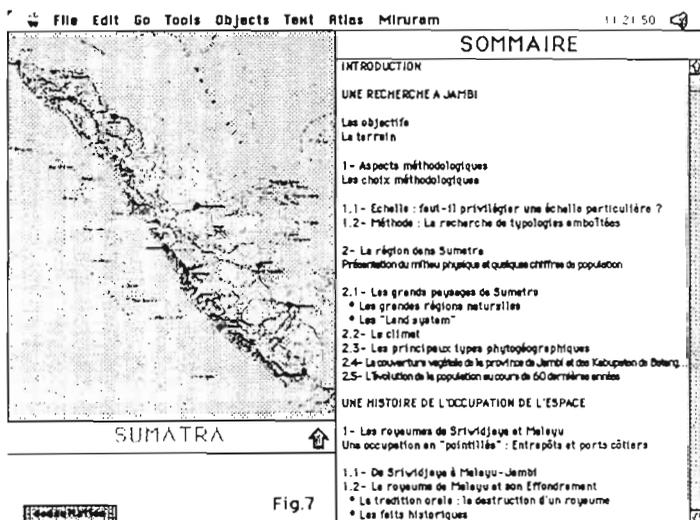
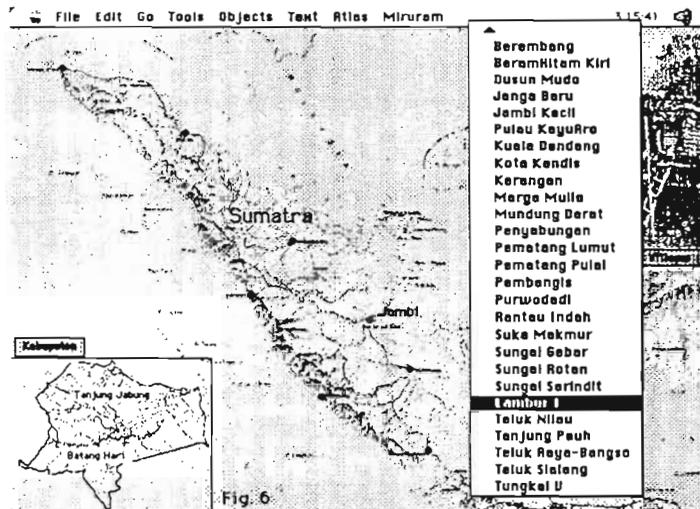
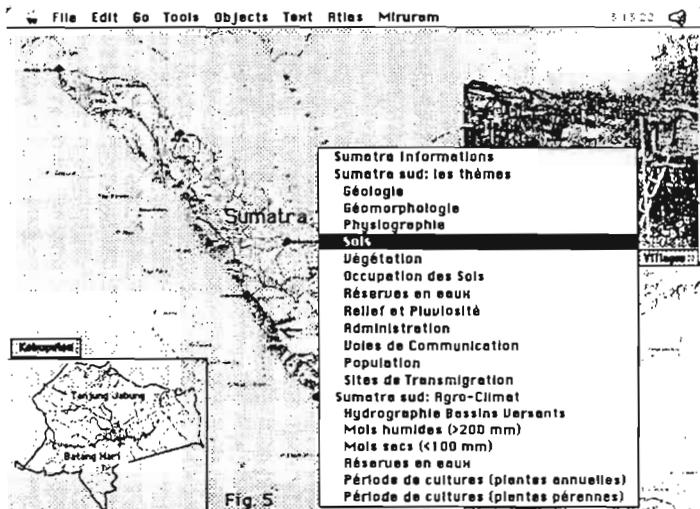
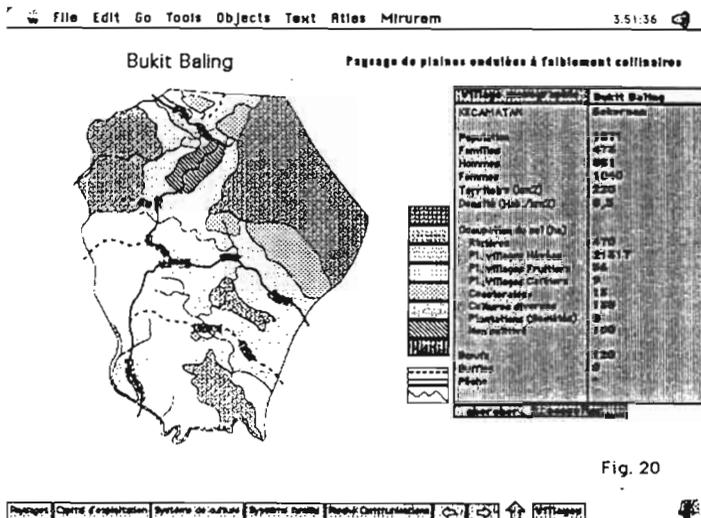
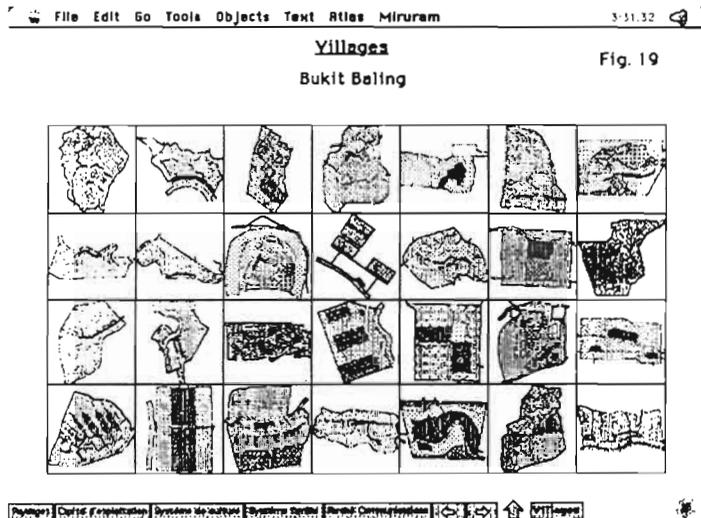
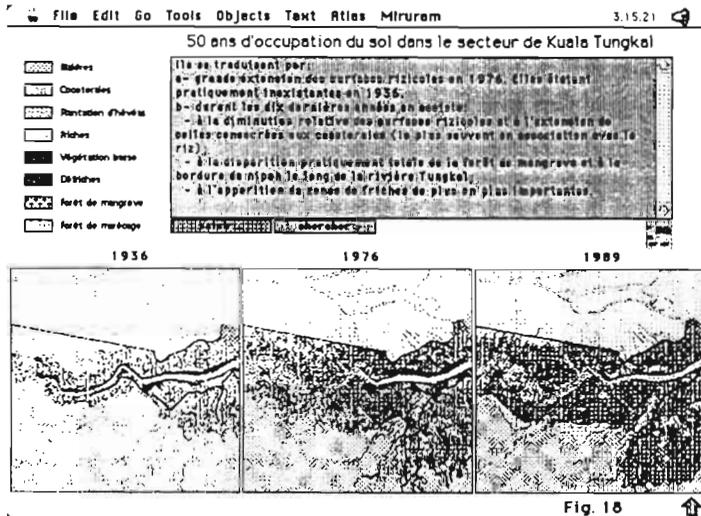
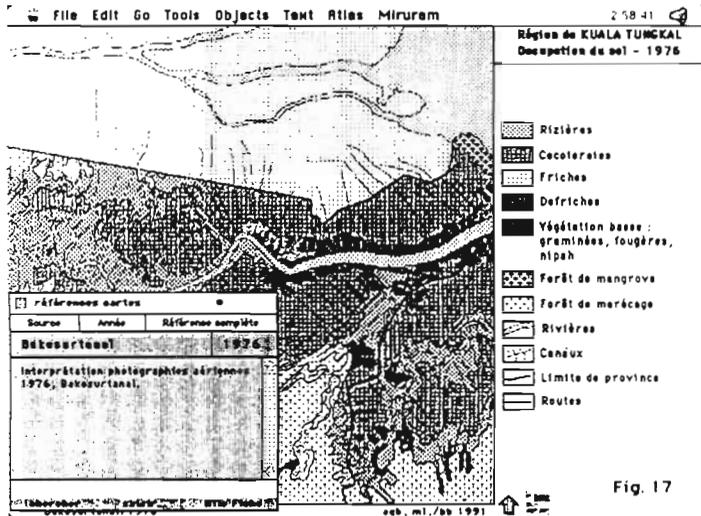


Fig. 4





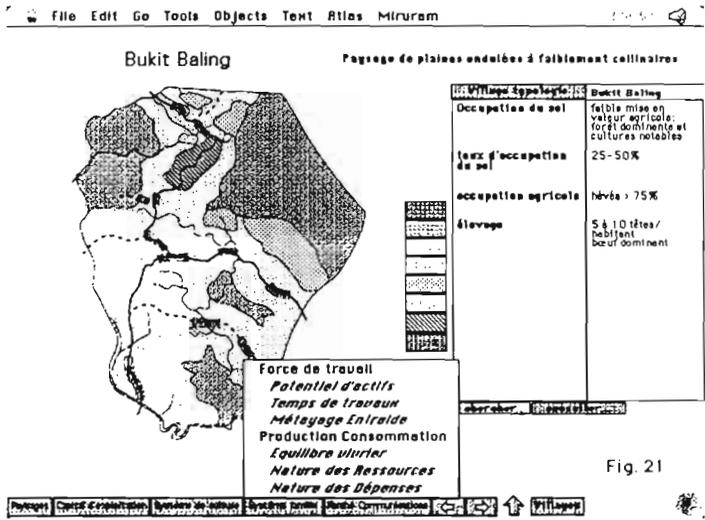


Fig. 21

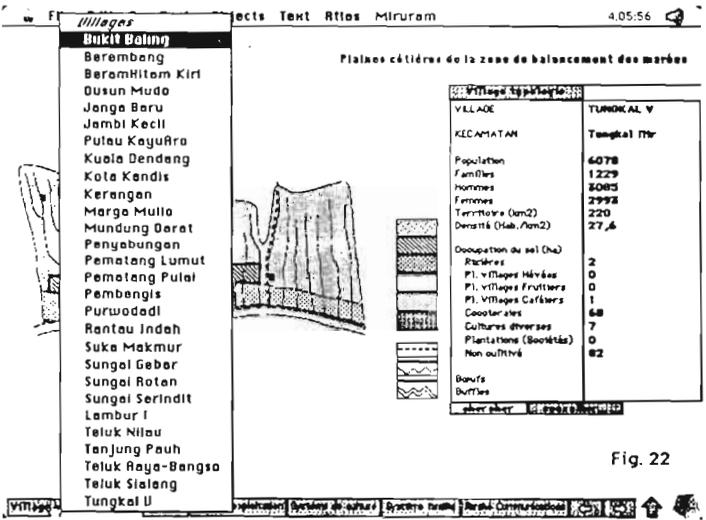


Fig. 22

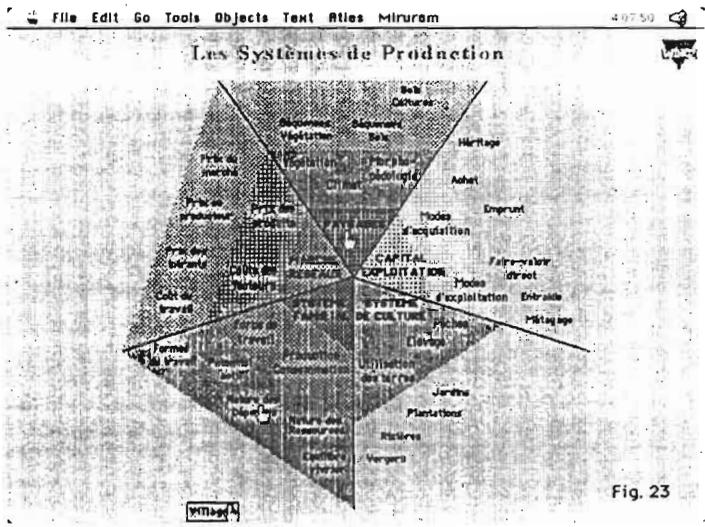


Fig. 23

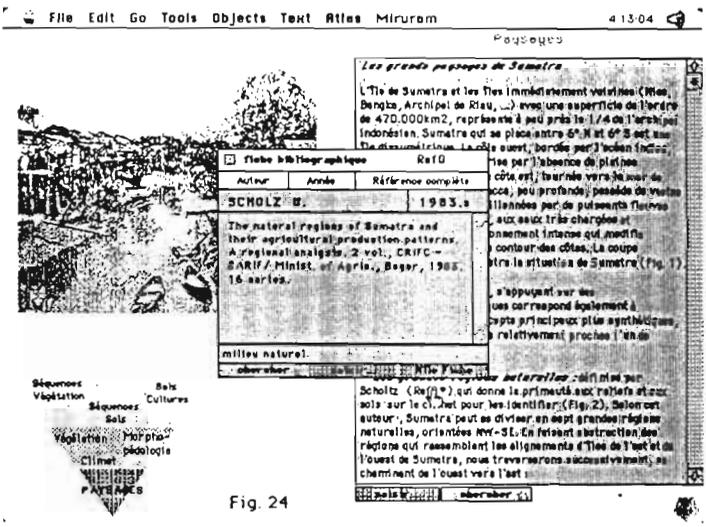


Fig. 24

Echelle d'analyse



Morpho-pédologie

Cette expression traduit une des approches possibles du milieu naturel par les naturalistes. Elle permet de regrouper deux composantes importantes et indissociables du milieu : la morphologie et la pédologie.

Dans ce volet "biophysique" du système de production nous prendrons en considération un certain nombre de critères essentiels par rapport au milieu et à la place de projet de mise en valeur agricole. Il s'agit principalement de :

- la pente (valeur en %, longueur)
- le degré de recouvrement des sols
- les traces de l'érosion (importance, types, localisation)
- le type et la nature du réseau hydrographique, sa relation avec la direction, des pentes, l'importance et la durée du ruissellement
- la pléiométrie
- les types de sol et leur mode de répartition le long de la pente
- la texture et la structure du sol
- l'épaisseur des horizons humifères
- les teneurs en éléments nutritifs des différents horizons
- la nature, le type de couverture végétale



Fig.25

Les séquences



Séquences sols

Il s'agit de la relation entre ces multiples formes de terrain et les types de sols et leurs distributions le long d'un axe issu du point haut et se dirigeant vers le point le plus bas d'un relief.

L'analyse topographique permet de mettre en évidence les transformations progressives des sols, des pentes et des formes de relief depuis le sommet de la forme jusqu'à l'axe de drainage. Toutes ces transformations ont les caractéristiques de l'application de certains processus physiques et chimiques.

Cette approche met l'accent sur la relation sol-morphologie à laquelle s'ajoute le plus souvent une composante "végétation". Celle-ci est le plus souvent soumise à l'étalement parcellaire d'origine anthropique qui rendent très complexe son interprétation.

Ainsi à une observation verticale des sols. Celle de la végétation, s'ajoute une autre dimension, latérale cette fois, qui permet de mieux exprimer l'organisation spatiale des différents organismes naturels et surtout, de mieux faire apparaître les relations qui existent entre les sols, le modèle et la couverture végétale.

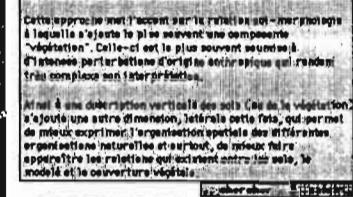
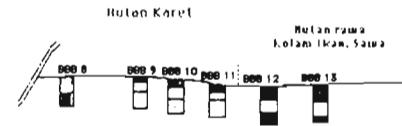


Fig.26

Katena Bukit Baling 2



B00 8 : Dusun Melintang, Desa Bukit Baling, Kab. Sekeloa

Tempat di lereng : Puncak

Lereng : 130 m, 9 %

Pemilihan permukaan : Bat

Pemilihan ukuran : Bat

Pemilihan arah : Batang

Endapan efektif : 145 cm

Jenis tanah : Podsolik

Formasi geologi : Palembang tengah (Plosen)

Penggunaan tanah : Karet rakyat (Herve brasserie) dan belukar

Fig. 27

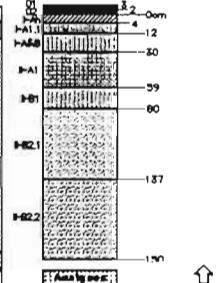
3-2 cm (O 1) Berasah masih tampak jelas.

2-0 cm (O 2) Berasah telah terokompaksi.

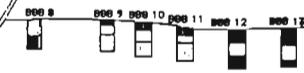
0-4 cm (Aa) B00 8.1 Hitam (10YR 2.5/1); pasir berlingkang (pasilir berlingkang); berstruktur: butir, lemah, sangat halus; konsistensinya lembab; sangat gembur; perakaran: halus banyak, kasar banyak; butir lapuk: sangat jelas, rata.

4-12 cm (p-A 1.1) B00 8.2 Caklet pesisir (10YR 5/2); pasir berlingkang (pasir berlingkang); berstruktur: remah, lemah, sangat halus; konsistensinya lembab; sangat gembur; perakaran: halus banyak, kasar sedang; butir lapuk: jelas, rata.

12-20 cm (p-A 0.8) B00 8.3 Caklet lempungan (10YR 5/6); pasir berlingkang (pasir berlingkang); berstruktur: normal memadat; sedimen; konsistensinya lembab; sangat gembur; perakaran: halus banyak, kasar sedang; butir lapuk: jelas, rata.



Toposekuen Bukit Baling 2



Soil	10YR	KEKUALIFIKAN	Parameter	Soil	10YR	KEKUALIFIKAN	Parameter	Soil	10YR	KEKUALIFIKAN	Parameter
B00 8	5-2	10YR 2.5/1	pasir berlingkang	B00 9	4-12	10YR 5/2	pasir berlingkang	B00 10	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang
B00 9	4-12	10YR 5/2	pasir berlingkang	B00 10	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang	B00 11	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang
B00 10	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang	B00 11	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang	B00 12	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang
B00 11	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang	B00 12	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang	B00 13	12-20	10YR 5/6	pasir berlingkang

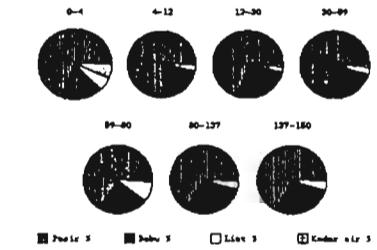


Fig. 28

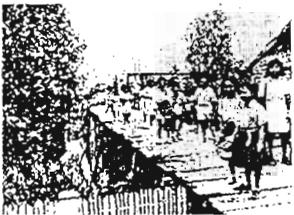


Fig. 29

Echelle d'analyse

Une collectivité humaine entretient des rapports étroits et complexes avec son milieu naturel, son environnement, et avec d'autres collectivités humaines. Detachée de l'histoire de ses migrations et de son implantation locale, chaque collectivité a développé une stratégie d'adaptation et de transformation de milieu qui lui permet de faire face aux difficultés climatiques, de produire sa subsistance, satisfaire ses besoins essentiels, et donc assurer sa survie. La succession des stratégies d'un groupe humain ne peut se concevoir sans que celui-ci se donne l'organisation et les moyens matériels nécessaires; cette succession qui fonde la pérennité d'un système se définit généralement comme la reproduction de ce système.

Résumé

Dans les cinq branches de la représentation du Système de production, la composante Reproduction du Système familial (ou Reproduction domestique) correspond d'un côté aux facteurs de production humains, aux contraintes de travail, et de l'autre aux résultats productifs et économiques. Cette séparation est schématisée dans les deux parties verticales de la cible.

Elle traduit d'abord au niveau de chaque village, pour chaque exploitation, la répartition de la force de travail sous la direction du chef de famille, que cette force de travail soit interne à l'unité de production, ou qu'elle soit empruntée temporairement dans une unité extérieure.

Elle traduit ensuite le niveau productif et le degré de satisfaction des besoins; d'abord au ce qui touche la sphère



Fig 30

Echelle d'analyse

Second grand secteur d'analyse de la Reproduction Familiale, le secteur Production - Consommation aborde la problématique essentielle des équilibres économiques obtenus à partir des activités humaines et de l'efficacité du système productif.

Il s'agit de l'évaluation des résultats obtenus à chaque niveau d'organisation sociale (cellule familiale, groupe social, communauté rurale...) en fonction des moyens mis en œuvre et de l'importance des besoins à satisfaire.

Il s'agit aussi de juger de l'adéquation d'un système par rapport aux contraintes extérieures, celles de l'Etat et de la sphère marchande, mais aussi celles tenant à l'environnement et au milieu local.

Dans quelle mesure les solutions adoptées apportent elles suffisamment de stabilité, de pérennité et de sécurité économique aux agents concernés? Apprécier les résultats demande notamment de pouvoir qualifier le degré de diversification des systèmes.

L'intégrité économique des activités de production est à la mesure de la multiplicité de leurs activités, parfois



Fig. 30bis

Echelle d'analyse

Occupation du sol
Systèmes Paysagers
Densité de population
Potentialités des sols
Sols
Tourbes
Sites de transmigration
Couvert végétal
Unités administratives
Cartographie (zones village)
Echantillon global

Secteur d'analyse de la Reproduction Cœur Production - Consommation aborde la problématique essentielle des équilibres économiques des activités humaines et de l'efficacité du système.

évaluation des résultats obtenus à chaque niveau social (cellule familiale, groupe rural...) en fonction des moyens mis en œuvre et de l'importance des besoins à satisfaire.

Il s'agit aussi de juger de l'adéquation d'un système par rapport aux contraintes extérieures, celles de l'Etat et de la sphère marchande, mais aussi celles tenant à l'environnement et au milieu local.

Dans quelle mesure les solutions adoptées apportent elles suffisamment de stabilité, de pérennité et de sécurité économique aux agents concernés? Apprécier les résultats demande notamment de pouvoir qualifier le degré de diversification des systèmes.

L'intégrité économique des activités de production est à la mesure de la multiplicité de leurs activités, parfois

Echelle d'analyse

Equilibre village
Nature des Dépenses
Nature des Ressources

La Reproduction Consommation aborde la problématique essentielle des équilibres économiques obtenus à partir des activités humaines et de l'efficacité du système productif.

Il s'agit de l'évaluation des résultats obtenus à chaque niveau d'organisation sociale (cellule familiale, groupe social, communauté rurale...) en fonction des moyens mis en œuvre et de l'importance des besoins à satisfaire.

Il s'agit aussi de juger de l'adéquation d'un système par rapport aux contraintes extérieures, celles de l'Etat et de la sphère marchande, mais aussi celles tenant à l'environnement et au milieu local.

Dans quelle mesure les solutions adoptées apportent elles suffisamment de stabilité, de pérennité et de sécurité économique aux agents concernés? Apprécier les résultats demande notamment de pouvoir qualifier le degré de diversification des systèmes.

L'intégrité économique des activités de production est à la mesure de la multiplicité de leurs activités, parfois

Liste des Villages

- Bukit Baling
- Berambeng
- Beramitiam Kiri
- Dusun Mudo
- Jenag Baru
- Jambi Kecil
- Pulau Kayang
- Kuala Dondang
- Kota Kendi

Fig 31

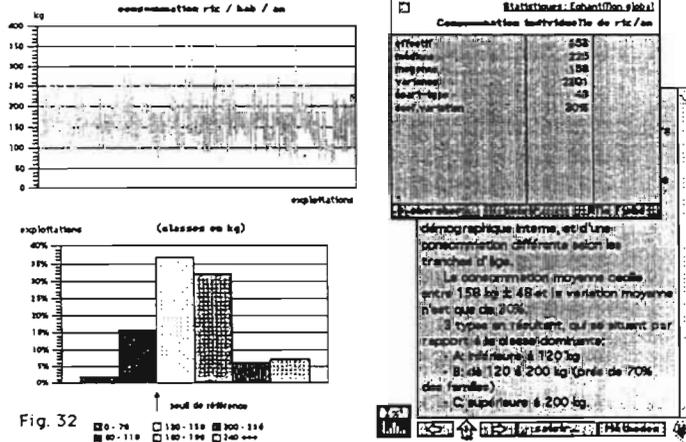


Fig. 32

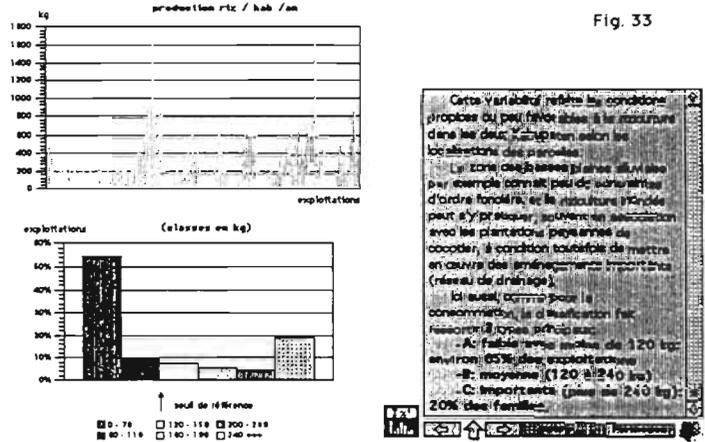


Fig. 33

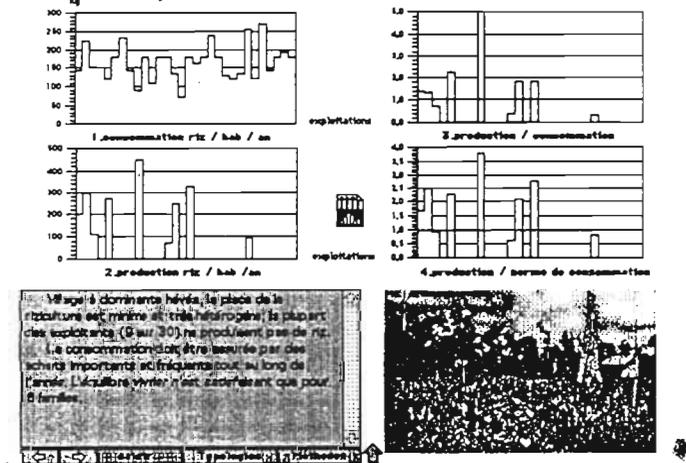


Fig. 34

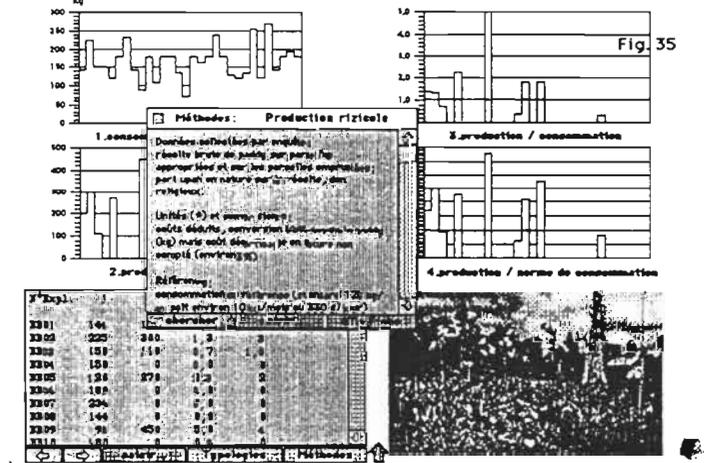


Fig. 35

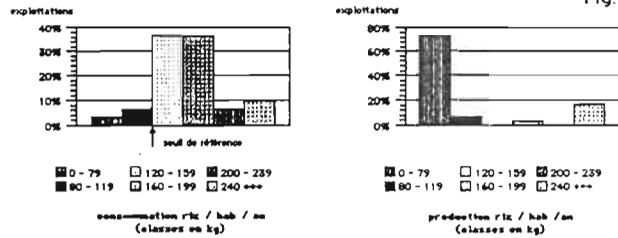


Fig. 36

La faible représentativité des familles productrices de riz se traduit par une typologie élargie, avec dominance de la classe des producteurs de moins de 80 kg par habitant. La consommation de riz par habitant, relativement homogène d'une famille à l'autre, est concentrée dans l'intervalle 320 et 200 kg.

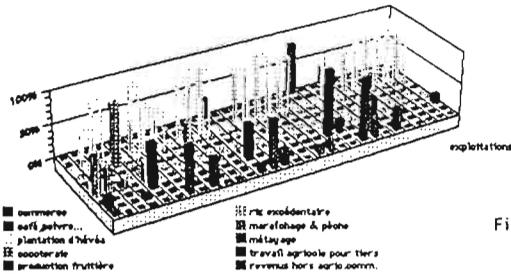


Fig. 38

Commentaires:
 Région essentiellement productrice de caoutchouc, les revenus varient des types d'exploitation associés à la culture de l'hévéa; revenu tiré de la vente du caoutchouc (plantation d'hévéa); salariat des peupons travaillant sur des plantations de terre (mitage).
 Quelques familles tirent des revenus relativement importants en dehors de la sphère agricole et commerciale, surtout pensions, retraites et salaires fixes de l'administration.
 Le type dominant est celui de la quasi-monoculture d'hévéa.

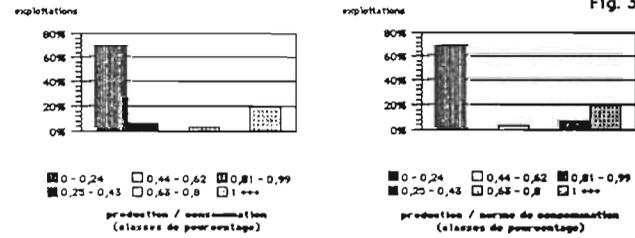


Fig. 37

La faiblesse ou l'absence de production se traduit par un déficit important et un décalage marqué vers un taux de satisfaction de moins de 25%.
 La distinction entre les deux valeurs de référence (consommation réelle ou consommation standard) est sans conséquence sur les taux.

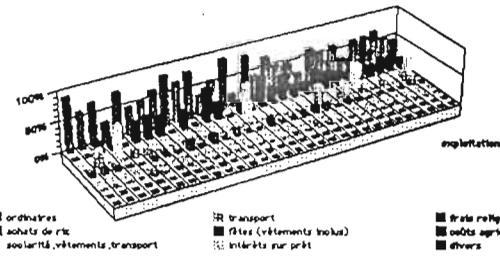
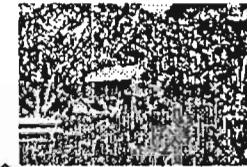


Fig. 39

N°Expl.	Ordinaire	Achats de riz	Scolarité Vêtements	Transports	Fêtes	Intérêts sur prêts	Frais religieux	Coûts agricoles	Divers
3801	91%	0%	1%	0%	7%	0%	0%	0%	0%
3802	62%	0%	0%	31%	7%	0%	0%	0%	0%
3803	72%	14%	2%	0%	6%	0%	0%	0%	0%
3804	33%	17%	47%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
3805	70%	0%	1%	12%	0%	0%	0%	0%	0%
3806	47%	32%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%
3807	52%	37%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%
3808	64%	30%	0%	0%	4%	0%	1%	0%	0%
3809	84%	0%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%
3810	60%	7%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%

Fich. Edit. Options Format Feuille Graph. Script Fenêtre 9:18:17

Fig. 40

nom de Villages

- TV/Tungkal Y
- TS/Teluk Silang
- TR/Tanjong Pauh
- TN/Talut Nlau
- TL/Lambur I
- SS/Sungai Serdit
- SR/Sungai Ratan
- SG/Sungai Debar
- SB/Suta Makmur
- RI/Rantau Indah
- PW/Purwodadi
- PS/Pembanga
- PP/Pematang Pulau
- PL/Pematang Lumut
- PG/Pengabungin
- MD/Mandung Derat
- LU/Lunge Multo
- KN/Kerabon
- KK/Kota Sandi
- KD/Kuala Bending
- KA/Pulau Kayalar
- JK/Jambi Kecil
- JB/Jarge Baru
- DM/Damus Mudo
- BK/Beramblam Kiri
- BB/Beramblang
- TA/Tanah Merah

Francis

catégories thématiques

échelle d'analyse

variables choisies

quitter



Fich. Edit. Options Format Feuille Graph. Script Fenêtre 9:20:19

Catégories standards choisir un thème

monstrer total des dépenses
montrant total des ressources
part des actifs dans la famille
part des ressources agricoles
part des terres mises en mélange
production nette disponible de riz (par personne)
production rizicole/consoommation
ressources par actif
structure des dépenses a
structure des Ressources a
surface de terres appropriées
surface des terres empruntées
surface des terres exploitées
surface des terres prêtées
surface exploitée par actif
surface rizicole exploitée par habitant
utilisation des terres exploitées

Francis

catégories thématiques

échelle d'analyse

variables choisies

quitter



Fich. Edit. Options Format Feuille Graph. Script Fenêtre 9:29:06

M-ORSTOM:ML Miruram:TABLEAUH:RESULTATS:ER_BB/Bukit Baling_825

exploitations	Névie	fruttiers	jardins	coocottiers	palmera à huile	caffiers/potviers/cocottiers..	lot de transmigration	rizières
BB 01	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BB 02	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BB 03	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BB 04	44,9%	0,0%	0,0%	55,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BB 05	75,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BB 06	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BB 07	95,5%	0,0%	4,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BB 08	96,9%							
BB 09	0,0%							
BB 10	96,0%							
BB 11	96,5%							
BB 12	99,7%							
BB 13	66,7%							
BB 14	57,1%							
BB 15	100,0%							
BB 16	49,5%							
BB 17	99,9%							
BB 18	100,0%							
BB 19	100,0%							
BB 20	0,0%							
BB 21	95,3%							
BB 22	97,2%							
BB 23	99,9%							
BB 24	83,7%							
BB 25	99,8%							
BB 26	99,9%							
BB 27	99,8%							
BB 28	100,0%							
BB 29	99,6%							
BB 30	60,0%							

utilisation des terres exploitées

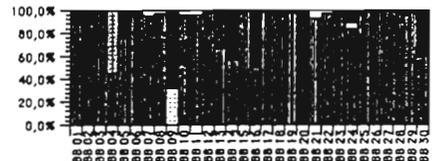


Fig. 42

Fich. Edit. Options Format Feuille Graph. Script Fenêtre 9:37:10

M-ORSTOM:ML Miruram:TABLEAUH:RESULTATS:ER_DD/Consolidée_801

nombre de classes

précision découpage

limite sup. première classe

limite inf. dernière classe

consommation individuelle de riz per en

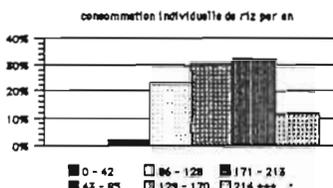


Fig. 43