

Écosystèmes mangroves : fonctionnement, utilité, évolution

Mangrove
Adaptations
Biomasse
Productivité
Cycle des nutriments

Mangrove
Adaptation
Biomass
Productivity
Nutrient cycle

F. Blasco
Institut de la carte Internationale du Tapis Végétal, Université Paul Sabatier, 31400 Toulouse.

RÉSUMÉ

L'auteur examine d'abord les caractéristiques essentielles des mangroves, dont il ressort qu'en dépit de leur importance économique et territoriale (100 000 km²), ni la biomasse aérienne, ni la productivité primaire ne sont correctement connues, pas plus d'ailleurs que les mécanismes complexes de minéralisation de la matière organique produite ou introduite dans l'écosystème par les cours d'eau.

En ce qui concerne les particularités propres au fonctionnement des écosystèmes mangroves, trois groupes de facteurs clés ont été examinés et expliqués. Des paramètres externes à ces écosystèmes influencent en effet très fortement leur fonctionnement ; il s'agit notamment de :

- l'alimentation régulière et abondante en eaux douces ;
- l'approvisionnement en éléments nutritifs ;
- la stabilité du substrat.

Il va de soi que chacun de ces groupes de facteurs est lié à un certain nombre de paramètres dont l'étude sur le terrain est généralement difficile. C'est ainsi par exemple que la stabilité du substrat dépend, entre autres facteurs, de la charge en sédiments, elle-même liée à la nature géologique du bassin versant, à l'utilisation des terres, au climat régional, etc.

Les principales causes de la disparition des mangroves ont été examinées globalement et des cas particuliers ont été cités. Il apparaît qu'en régions humides du Tiers-Monde, ce sont surtout les déboisements et l'aquaculture qui sont les principaux responsables.

Dans les régions subissant une saison sèche sévère, ce sont souvent les barrages destinés à l'irrigation qui sont à l'origine du déclin de la mangrove. En régions industrialisées, on note de fortes actions de dégradation liées à l'aménagement des littoraux et à la pollution chimique.

Oceanol. Acta, 1982. Actes Symposium International sur les lagunes côtières, SCOR/IABO/UNESCO, Bordeaux, 8-14 septembre 1981, 225-230.

ABSTRACT

Mangrove ecosystems : functions, uses and evolution

First of all the author examines the essential nature of mangroves. One salient characteristic is that, in spite of their economic and territorial size (100.000 km²) and importance, there is a lack of precise information on their aerial biomass as well as their primary productivity. Too little is known also about the complex mechanism of mineralization of the organic matter produced or introduced into the ecosystem by the various streams of water.

Concerning the basic functioning of mangrove ecosystems, three groups of key factors are examined and explained. Several parameters external to these ecosystems have a strong influence on the latter's functioning. In particular the following should be noted :

- the regular and abundant input from fresh water sources ;
- provision of nutrients ;
- the stability of the substrata.

It is self evident that each one of these groups of factors is related to a number of parameters which do not lend themselves to study in the field. For example, the stability of the substrata depends on, among other things, the sedimentation load which itself is linked to the geological nature of the basin, land utilization, local climate, etc.

The principal cause of the decline in mangroves were examined on a global basis and several causes were cited. It seems that in the humid regions of the Third World the primary responsibility lies with deforestation and aquaculture.

In regions subjected to a severe dry season it is often the irrigation dams which are responsible for the decline in mangroves. Industrial regions are marked by the harmful effects of coastal development and chemical pollution.

Oceanol. Acta, 1982. Proceedings International Symposium on coastal lagoons, SCOR/IABO/UNESCO, Bordeaux, France, 8-14 September, 1981, 225-230.

INTRODUCTION

Depuis 1974, date à laquelle s'est tenu, à Hawaï, le premier Symposium International sur l'Écologie et l'Aménagement des Mangroves, les réunions de spécialistes se multiplient, notamment en Asie : en Malaisie (1977 et 1980), aux Philippines (1977), au Bangladesh (1978), en Nouvelle-Guinée (1980) pour ne citer que les principales. Simultanément un nombre élevé de bibliographies concernant ce sujet sont publiées ; celles de Chapman (1977), Frith (1977), Biotrop (1981) et Rollet (1981) sont les plus récentes. Elles rendent compte de l'intérêt rapidement croissant que suscitent les mangroves, écosystèmes forestiers presque exclusivement limités aux régions deltaïques et littorales intertropicales.

Malgré le foisonnement d'études, les unes ponctuelles, les autres très générales, et en dépit de l'importance économique considérable qu'on s'accorde à leur attribuer, notamment en raison de leur relation avec la productivité des pêcheries, les mangroves sont aujourd'hui, de tous les écosystèmes forestiers, les moins bien connus. Et leur dégradation ou leur destruction s'accélère sur presque tous les rivages et les deltas.

Les chapitres suivants seront successivement traités :

- caractéristiques essentielles des mangroves ;
- particularités propres à leur fonctionnement ;
- principales causes de leur destruction dans le monde.

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES MANGROVES

Dans ce chapitre, nous donnons les informations les plus récentes sur les surfaces, les critères écologiques généraux et les adaptations, le cycle de la matière organique, les conséquences pratiques.

Étendue actuelle de la mangrove

En 1981, un groupe de travail de l'UICN (Saenger, Hegerl, 1981) a pu établir que la surface totale de la mangrove dans le monde est de l'ordre de 100 000 km², dont 11 000 km² environ en Australie. Ces chiffres ne sont qu'approximatifs et ne distinguent pas les mangroves développées dans les lagunes côtières tropicales de celles qui couvrent littorales ou deltas. On sait également qu'avec plus de 2 millions d'hectares de mangroves l'Indonésie est le premier pays et que le plus grand complexe continu de mangroves est celui du delta du Gange (6 300 km² dont 4 000 au Bangladesh et le reste en Inde).

Il existe différents types physiologiques, floristiques et économiques de mangroves. Aucune classification satisfaisante n'a pu être encore établie. Mais on sait qu'entre les fourrés bas discontinus que sont la plupart des mangroves de l'Inde péninsulaire et du Pakistan (Blasco, 1975) et les immenses forêts à *Rhizophora*, *Sonneratia* et *Avicennia* de Malaisie (Watson, 1928), de Bornéo et Sumatra (Laumonier, 1981), il existe toute une gamme de types plus ou moins denses, et plus ou moins riches en espèces. Dans une certaine mesure, cette diversité à l'échelle mondiale est donnée dans un ouvrage collectif récent (Chapman, 1977).

Critères écologiques généraux, adaptations

Parmi les particularités écologiques essentielles de la mangrove, on doit retenir :

- Toutes les espèces végétales sont halorésistantes, ou halophytes obligatoires, car en moyenne, la salinité de l'eau inondant la mangrove, deux fois par jour presque partout, oscille entre 5 et 25 ‰. L'optimum de salinité pour les espèces animales et végétales varie d'une espèce à l'autre.
- Les sols de mangroves sont bien entendus hydromorphes et salés puisque baignés presque en permanence par des eaux saumâtres. L'excès d'eau entraîne des conditions de pédogénèse, d'activité microbiologique, et d'évolution tout à fait particulières. Les sulfates de l'eau de mer, en milieu

anaérobie, subissent l'action de bactéries sulfato-réductrices conduisant à la production de sulfures de fer ou pyrite (FeS₂). Et c'est précisément à partir de ces composés du soufre et par oxydation que l'on aboutit à des sols très acides, les « acid sulphate soils » des anglosaxons (Vieillefon, 1977 ; Dost, 1972).

— Le besoin permanent de la mangrove en eaux douces est une constatation commune, de même que la régularité des marées qui les baignent quotidiennement. Mais l'un des effets des marées étant précisément d'exporter, en dehors de l'écosystème, une partie de la matière végétale qu'il a produite, une compensation obligatoire sous la forme d'éléments nutritifs introduits provient des milieux continentaux, soit sous la forme d'alluvions, soit en dissolution (voir chapitre II).

— On sait par ailleurs que dans leur grande majorité les espèces de la mangrove exigent des températures de l'eau et de l'air élevées (Chapman, 1977).

L'ensemble des considérations générales précédentes expliquent la distribution actuelle des mangroves dans le monde, notamment dans les grands deltas asiatiques, sous climats humides : 630 000 ha dans le Gange Brahmapoutre ; 250 000 ha dans le Mékong ; 650 000 ha sur la façade occidentale de Malaisie et au Sarawak (Bornéo). Elles expliquent aussi le petit nombre de familles (17), de genres (25) et d'espèces arborescentes (une soixantaine) capables de se développer dans ces milieux. Elles expliquent enfin les adaptations indispensables et très particulières de ces végétaux, capables de « filtrer » le sel dissous dans l'eau (*Rhizophora*) ou de l'éliminer par excrétion après l'avoir absorbé (*Avicennia*) ; espèces généralement vivipares, souvent dotées d'organes respiratoires racinaires comme les pneumatophores (*Avicennia*, *Sonneratia*, *Xylocarpus*, *Bruguiera*, *Heritiera*, etc.). Les travaux concernant leur physiologie commencent à être précis notamment grâce aux travaux de Joshi (1976) et de Pannier (1974).

Biomasse, minéralisation, productivité

On sait relativement peu de choses encore sur la biomasse et la productivité de la mangrove et du cycle de la matière organique. Selon les chiffres fournis par Lugo et Snedaker (1974), la biomasse aérienne varie considérablement selon l'âge, le site, la composition floristique, etc.

Au Panama, elle est de l'ordre de 280 t/ha (poids sec), elle est de 63 t à Puerto Rico, de 46 t aux Philippines, etc. Quant à la productivité primaire, exprimée elle aussi en poids sec, par hectare et par an, nous devons reconnaître notre presque totale ignorance sinon que dans certaines mangroves de la région atlantique, elle oscille entre 3 et 8 t. Il est probable que dans les « mangroves hautes » de Malaisie et d'Indonésie, cette même productivité primaire oscille entre 10 et 15 t par hectare et par an.

Ce sont là des valeurs moyennes. La quantité de matière organique produite sous forme de litière varie bien entendu d'une mangrove à une autre mais aussi d'une ceinture de végétation à une autre à l'intérieur d'une même mangrove. Quant aux processus de minéralisation de cette matière organique, ils sont particulièrement complexes, faisant intervenir des mécanismes bien différents selon qu'ils se situent dans la partie aérobie du système ou dans la partie réductrice. Snedaker (1978) a fourni un schéma très clair des diverses étapes probables de ces transformations, faisant intervenir une foule de microorganismes, protozoaires, champignons, bactéries, etc. C'est l'un des niveaux trophiques dont le point de départ est la litière produite par la mangrove (feuilles, rameaux, fruits, etc.) et le terme ultime, des particules de débris organiques, enrobées de microorganismes et ingérées par la plupart des poissons, mollusques et crustacés des environs de la mangrove. Particules de débris organiques et colonies de microorganismes décomposeurs, sont des éléments très enrichis en protéines, et donc hautement nutritifs.

Même schématique cette présentation montre bien les liens biologiques existant entre les mangroves des estuaires

MANGROVES DU DELTA DU TJI TARUM (JAVA) - Fig. 1.

Éch. 1/500 000°

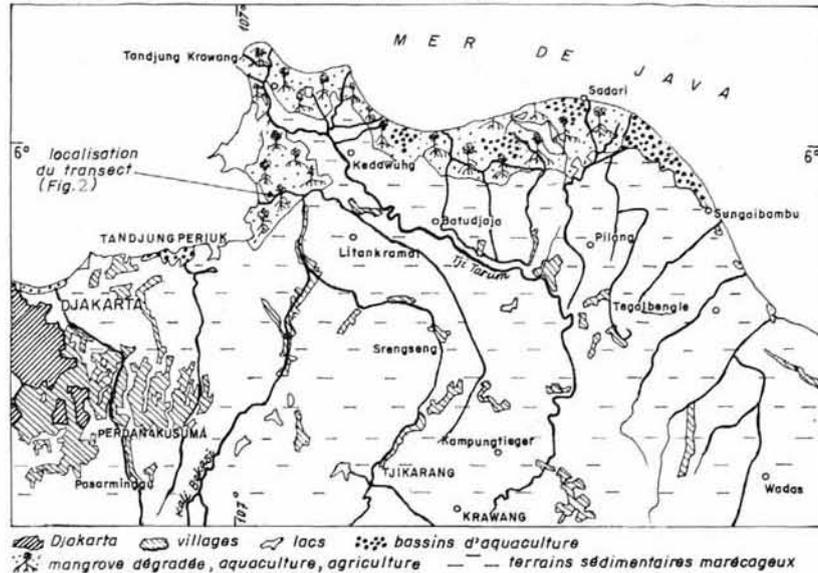


Figure 1

Mangroves du delta du Tji Tarum (Java). Échelle 1/500 000.

Mangroves in Tji Tarum delta (Java) (scale 1/500 000), showing mangrove degraded by agricultural and aquacultural practices.

tropicaux et la richesse des pêcheries situées à leur voisinage. La démonstration de dépendance entre la pêche commerciale et la mangrove de Floride avait été faite, probablement pour la première fois, par Odum en 1971.

Il découle des considérations précédentes :

— que les écosystèmes mangroves jouent un rôle déterminant contre l'action érosive des marées et des vents, notamment sur les littoraux soumis aux dépressions cycloniques comme ceux de la Baie du Bengale (Forsberg, 1971 ; Blasco, 1977) ;

— qu'ils constituent un ensemble végétal hautement productif dont dépend la biologie de nombreuses espèces animales commercialisables (poissons, crevettes, crabes, etc.). Pour le delta du Gange, par exemple, les chercheurs ont dénombré 86 espèces de poissons (22 familles) fréquentant la mangrove. Parmi les plus importantes, on note *Lates calcarifer* Bloch, *Sciaena cuid* Ham., *Mugil parsia* Ham., *M. tade* Forsk, etc. Quant aux crevettes ce sont surtout *Penaeus semisulcatus* De Haan, *P. indicus* Milne-Edwards, *Metapenaeus monoceros* Fabricius, *M. brevicornis* Milne-Edwards, que cette mangrove du Bengale fournit au commerce (Ahmad, 1964).

Exemple de conséquences pratiques

La situation de la mangrove dans le monde est alarmante. A peu près partout, sa surface décroît rapidement (voir « Principales causes de destruction des mangroves ») souvent d'ailleurs pour la conversion en bassins d'aquaculture ou en terres cultivables. C'est le cas dans de nombreux pays d'Asie et notamment aux Philippines (Librero, 1980), en Inde, etc. A Java, la mangrove a été détruite pratiquement partout. Même dans la région de Cilacap, la transformation en rizières est à peu près totale.

Le problème écologique grave, posé par le déboisement généralisé et la dénudation des pentes sur toute l'île de Java concerne aussi ses mangroves. Le résultat le plus spectaculaire est une érosion et un taux de sédimentation, sans doute les plus élevés du monde, dans tous les deltas de l'île. On s'en rend compte à quelques kilomètres à l'Est de Jakarta où la profondeur de l'eau n'excède pas 1 mètre jusqu'à plusieurs centaines de mètres du rivage. Or c'est là précisément, à moins de 20 km à l'est de la capitale de l'Indonésie, que j'ai étudié cette année, un type d'aménagement de la mangrove, tout à fait empirique, mais qui tient compte d'impératifs économiques et de conservation (fig. 1 et 2). Je le résume car il me paraît avoir valeur d'exemple.

Nous sommes ici dans l'estuaire du Tji Tarum, un fleuve régulièrement et abondamment nourri par de fortes pluies, enregistrées toute l'année sur le bassin (4 à 5 m d'eau par an à Bogor). Autrefois, ce delta était couvert de mangroves

dont on ignore tout de leur structure, de leur biomasse, de leur flore dominante.

Cette mangrove a été entièrement remaniée, transformée, compartimentée. Chaque « compartiment » (fig. 2) joue un rôle de complément par rapport aux autres. C'est ainsi que l'élément B du paysage (mangrove dégradée) fournit au village les productions végétales à usages domestiques (bois de feu, piquets, etc.) ou artisanal (menuiserie). Ce même élément B, libère vers la mer la matière organique utilisable, après transformations, par les crustacés et poissons.

La plantation G, fournit, elle aussi, à peu près les mêmes produits. Ici, la production de litière annuelle doit osciller entre 8 et 12 t, ce qui facilite l'élevage dans les drains (F). Un nouvel état d'équilibre semble ici avoir été créé par l'Homme. C'est un début de conciliation entre la nécessité de faire face aux impératifs économiques (production de bois, agriculture, aquaculture, élevage) et celle de conserver la mangrove ne serait-ce que pour protéger les littoraux et fournir au monde aquatique la matière organique dont il a besoin.

Le problème qui se pose après l'examen d'un tel type d'aménagement est celui de savoir quelle est la surface de mangrove à préserver intacte par rapport à la surface de mangrove pouvant être détruite (aquaculture, agriculture, voies d'eau, etc.) sans que l'efficacité du fonctionnement de l'écosystème n'en soit affectée. Certaines études font état de la nécessité de préserver 3 ha de mangroves pour 1 ha mis à la disposition de l'agriculture ou de l'aquaculture. Mais les recherches dans ce domaine n'ont encore fourni aucune réponse satisfaisante, dans aucune partie du monde.

PARTICULARITÉS DU FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES MANGROVES

Dans tout écosystème forestier les mécanismes physiologiques de fixation d'énergie se traduisent et se mesurent par l'accumulation de matière organique, par la biodégradation de cette matière organique qu'il a produite et par le cycle des principaux cations. Ces processus internes, dans le cas des mangroves, sont très fortement influencés par des paramètres externes à l'écosystème, dont les principaux sont :

- l'alimentation régulière en eaux douces et océaniques ;
- l'approvisionnement en éléments nutritifs ;
- la stabilité du substrat.

L'alimentation régulière en eaux douces et océaniques

Lorsqu'on compare la carte de la distribution des zones arides dans le monde (UNESCO, 1977) à celle de la

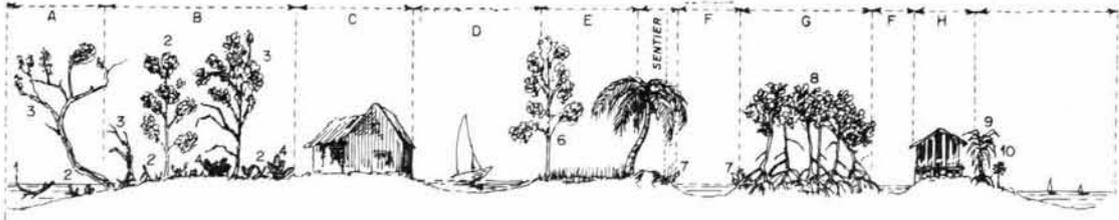


Figure 2

Aménagement d'une mangrove de Java (estuaire du Tji Tarum). Utilisation des divers compartiments (mai 1981).

A. Mer de Java, peu profonde, taux de sédimentation élevé, pêche permanente par « bagangs » fixés au large. Ce compartiment reçoit, en plus des alluvions, la matière organique produite par B.

B. Mangrove dégradée. Les *Avicennia*, rejetant de souche (2), dominant avec quelques *Sonneratia* (3 = *S. alba* ?). Cette formation, qui renferme bien d'autres espèces (*Acrostichum aureum* (4), *Excoecaria agallocha*, *Acanthus ilicifolius*, etc.), fixe les rivages limoneux.

C. Village.

D. Voie d'eau principale (eau saumâtre).

E. Agriculture. Riziculture principalement, avec aussi canne à sucre et cocotiers, 6 = *Sonneratia* (*S. caseolaris* ?).

F. Aquaculture. Drain dont les berges sont fixées par des *Cyperaceae* (7), bénéficiant de la matière organique produite par G et renfermant crevettes et poissons.

G. Reboisements. Plantation de *Rhizophora* (8).

H. Élevage de moutons, dans des cages surélevées. Les produits de la mangrove sont utilisés comme fourrage, notamment diverses graminées, *Avicennia*, etc. (9) = *Pandanus*, (10) = *hibiscus tiliaceus*, etc., espèces des berges de cours d'eau à salinité très faible ou nulle.

Mangrove management in Java (estuary Tji Tarum). Some examples of main uses (May 1981).

A. Sea of Java, estuarine fisheries, shallow waters, high sedimentation rate. Permanent fishing activity using "bagangs". This compartment receives inputs from the sea and organic matter from B.

B. Degradated mangrove, finework, woodwork activity. *Avicennia* are dominant (2) with some *Sonneratia* (3 = *S. alba* ?). This formation includes many more species (*Acrostichum aureum* (4); *Excoecaria agallocha*, *Acanthus ilicifolius*, etc.), retaining alluvial sediments.

C. Village.

D. Principal waterway (brackishwater).

E. Agriculture. Rice plantation with cane-sugar and coconut palms. 6 = *Sonneratia* (*S. caseolaris* ?).

F. Aquaculture. Drain with banks stabilized by *Cyperaceae* (7) receiving organic matter produced by G and containing shrimps and fish.

G. Reforestation. *Rhizophora* plantation (8).

H. Sheep farming, in cages. Mangrove by products are utilized as fodder, notably various graminaceae, *Avicennia*, etc. (9) = *Pandanus*, (10) = *Hibiscus tiliaceus*, etc. river bank species: fresh water or holigohaline water.

répartition des mangroves, on constate rapidement que les zones deltaïques ou littorales des régions pratiquement axériques (sans saison sèche sévère) recevant toute l'année ou presque un important approvisionnement en eaux douces, sont celles qui portent les plus belles formations de mangrove. L'Irawady en Birmanie, la côte occidentale de la Malaisie, la côte orientale de Sumatra, le Sud de Bornéo (Mahakam river) sont des exemples. Par contre, dès que les climats régionaux présentent une saison sèche de 7 ou 8 mois ou plus, la mangrove devient chétive, pauvre en espèces et tend à disparaître rapidement. Les exemples du Pakistan, du Kathiawar (Caratini, Blasco, 1980), du nord du Sénégal, sont bien connus. Par conséquent, en plus du facteur thermique limitant [Chapman (1977) a démontré que la limite thermique de la mangrove est de 16 °C comme température moyenne du mois le plus froid] pour les espèces de la mangrove, l'aridité joue un rôle décisif (Marius, 1979).

L'aridité climatique entraînant un accroissement de la salinité du sol, on note un abaissement de productivité partout où la salinité s'accroît. En fin de compte, les peuplements d'halophytes ayant par définition un besoin de sel pour leur survie et pour leur multiplication, sont sensibles aux fortes concentrations en chlorure de sodium. L'optimum de leur efficacité métabolique est, en fait, lié à un optimum de salinité qui varie selon les espèces. Il est, le plus souvent, compris entre 5 et 20 ‰. Des taux de salinité de l'eau oscillant entre 2 et 10 ‰ conviennent aux espèces les moins halotolérantes comme *Heritiera fomes*, divers *Sonneratia* (*S. ovata*, *S. caseolaris*), ou *Nypa fruticans*. Quant aux espèces les plus halorésistantes auxquelles appartiennent divers *Avicennia*, *Sonneratia alba*, *Phoenix paludosa*, etc., elles tolèrent, durant un certain temps des concentrations salines élevées, largement supérieures à celle de l'eau de mer, mais l'optimum de salinité pour ces espèces semble se situer entre 25 et 33 ‰.

La régularité de l'approvisionnement en eau douce en quantité suffisante est donc un facteur essentiel puisqu'il abaisse la teneur en sel de l'eau et du sol. Mais il est bien connu que la vitesse et l'importance du lessivage du sol dépendent de sa texture.

Il découle des remarques précédentes que les phénomènes liés au cycle du sel dans les mangroves sont fort complexes et que globalement, ils sont gouvernés par l'approvisionnement en eaux douces par les fleuves, par les pertes dues à l'évapo-transpiration, par la fréquence des marées.

Voilà pourquoi, toute modification du régime hydrique, même très en amont d'une mangrove, entraîne inéluctablement de profondes modifications dans son fonctionnement, dans sa productivité et peut conduire à la disparition de l'écosystème.

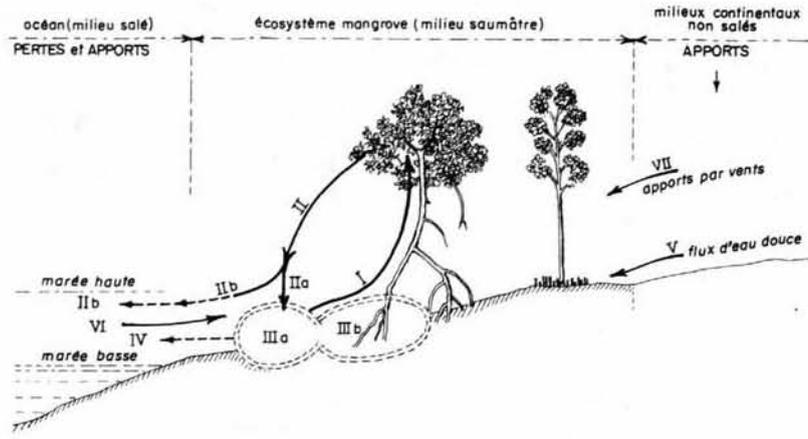
L'approvisionnement en éléments nutritifs (fig. 3).

Le cycle des principaux éléments nutritifs est lié lui aussi au régime hydrique de la mangrove ; il est donc beaucoup plus complexe que dans les écosystèmes forestiers de terre ferme. La difficulté supplémentaire pour les chercheurs provient du fait que la mangrove étant un écosystème ouvert, une fraction importante (probablement de l'ordre de 30 à 50 %) de la matière organique produite est exportée par les effets des marées et des crues. En contrepartie, des débris organiques et des cations sont introduits dans l'écosystème mangrove, en quantités non mesurées, par les eaux continentales, par les océans et par les vents.

Il apparaît clairement qu'une fraction essentielle des éléments nutritifs utilisés par la faune et la flore de la mangrove (carbone, oxygène, azote, potassium, calcium, magnésium, etc.) est acheminée jusqu'à l'écosystème par les eaux continentales soit en solutions, soit fixés à la charge sédimentaire. D'où les risques de rupture d'équilibre dès que le régime hydrique d'une mangrove est altéré par l'homme (irrigation, hydroélectricité, etc.).

Figure 3

Représentation schématique des cycles d'éléments nutritifs dans les mangroves.
 I. Absorption des éléments nutritifs et accumulation de biomasse.
 II. Production de la matière organique : II a. fraction de matière organique minéralisée dans l'écosystème ; II b. fraction de matière organique exportée par les marées.
 III a. Minéralisation de la matière organique par microorganismes décomposeurs.
 III b. Cycles larvaires et alimentation des faunes.
 IV. Ions exportés.
 V. Apports d'éléments nutritifs par les fleuves (éléments dissous + éléments inclus dans les sédiments).
 VI. Apports par les marées.
 VII. Apports éoliens.



Diagrammatic view of nutrient cycles in the mangroves.

I. Absorption of nutrients, growth and biomass storage.

II. Organic matter production : II a. mineralized matter used in the ecosystem ; II b. organic matter part exported by tides.

III a. Organic matter mineralized by decomposer (microorganisms).

III b. Larval cycles and food web. IV. Exported ions. V. Nutrient river input (dissolved and particulate). VI. Tide inputs. VII. Wind inputs.

La stabilité du substrat

Il s'agit là d'un facteur dont l'importance a été récemment soulignée par l'équipe de l'U.I.C.N. (Saenger, Hegerl, 1981) et qu'il faut relier au rôle de la géomorphologie locale pour comprendre la distribution des mangroves, celle de ses principales espèces et l'évolution des peuplements.

La mangrove, c'est bien connu, recule ou disparaît sur les littoraux mal protégés, soumis à une action violente des marées, des cyclones, des courants ; elle progresse par contre naturellement, vers le large, dans les deltas où l'accumulation progressive de sédiments se produit.

Toutefois, en raison de l'ampleur des activités de déboisement dans beaucoup de régions tropicales (Himalaya, Amazonie, Inde, Bornéo, etc.) le taux de sédimentation devient, localement, exagérément élevé. Cette sédimentation excessivement rapide entraîne le comblement des lagunes abritant les mangroves et le dépérissement des arbres tout simplement parce que le régime des marées et de l'inondation, indispensable à la mangrove est perturbé par l'élévation du substrat. Dans certains cas comme celui du Gujarat (ancien delta de l'Indus) et celui du Bengale occidental, le phénomène s'accroît encore par des phénomènes tectoniques de surrection. Les mangroves perdent de leur vigueur, les arbres dépérissent. La matière organique produite durant toute la saison sèche, demeure pratiquement intacte en raison d'un accroissement de salinité et de l'arrêt presque complet de l'activité microbienne de décomposition. La productivité du milieu aquatique environnant s'en trouve considérablement altérée.

L'étude de la stabilité ou de l'instabilité du substrat est donc fondamentale pour comprendre l'évolution des mangroves et pour expliquer l'état de santé de la mangrove. Dans le nord-ouest de l'Inde, ce sont plusieurs dizaines de milliers d'hectares de mangrove qui dépérissent. Le problème est donc grave. Mais l'évolution du substrat est difficilement contrôlable et son étude est fort complexe. Car parmi les facteurs locaux et régionaux entrant en ligne de compte figurent des paramètres oscillant d'une saison à l'autre, d'une année à l'autre, d'un point à un autre. En voici, très simplifiée, une illustration :

Facteurs contrôlant la stabilité du substrat de la mangrove	Déterminés par	<ul style="list-style-type: none"> la topographie locale l'amplitude des marées le débit des cours d'eau la pluviométrie sur bassins versants
---	----------------	---

La charge en sédiments	{	<ul style="list-style-type: none"> la nature géologique du bassin l'utilisation du sol sur le bassin le climat régional la couverture forestière régionale
La salinité de l'eau	{	<ul style="list-style-type: none"> le flux d'eau douce la longueur de pénétration des marées etc.

PRINCIPALES CAUSES DE DESTRUCTION DES MANGROVES

Sur tous les continents on constate le même comportement de l'Homme vis-à-vis de la mangrove : toutes les raisons sont bonnes pour la souiller, la perturber ou pour la détruire.

Dans la baie de Fort-de-France, en Martinique, se sont multipliées ces dernières années les décharges sauvages d'ordures tandis qu'au même moment, le volume des déchets industriels (sucreries, distilleries, etc.) déversés dans les cours d'eau, s'est fortement accru. En Inde, depuis une dizaine d'années, la ville de Bombay s'étend au détriment de la mangrove, en particulier dans le quartier de Thana. De son côté, la pollution chimique par le déversement de métaux lourds accentue son action pernicieuse. On trouve en effet à divers niveaux de chaînes trophiques, depuis le plancton jusqu'aux poissons, en passant par les invertébrés, les crustacés et les poissons, toute une gamme de produits toxiques et notamment du plomb, du mercure, du cadmium, et du vanadium.

Parmi les « bonnes raisons » d'abattre la mangrove, la dernière en date est particulièrement surprenante. Elle vient de Guyane française, près de Kourou, à 50 km environ au nord de Cayenne. Cette station connaît un essor rapide et important en raison du développement du programme spatial européen et du lancement des fusées Ariane. La mangrove littorale à dominance d'*Avicennia germinans* (L.) Stearn ne gêne pas directement ce développement. Mais toute la région subit saisonnièrement une invasion inhabituelle de millions de papillons du genre *Hylesia* qui, le soir venu, incommodent par leur foisonnement les habitants de cette nouvelle station. Cette « papillonite » guyanaise n'est pas un phénomène nouveau. Mais la masse considérable de lumières qui illuminent le Centre Spatial en pleine expansion, focalise la concentration des Lépidoptères. Comme il est probable qu'une partie de l'alimentation des chenilles est fournie par une ou plusieurs espèces végétales de la mangrove, le prétexte est trouvé, non pas pour répandre des insecticides appropriés ou pour tenter une lutte biologique, mais tout simplement pour abattre une partie de la mangrove.

Au total les causes de destruction de la mangrove sont nombreuses à travers le monde. Elles varient d'un pays à l'autre. Le surpâturage par les dromadaires est le principal agent de disparition de la mangrove du Gujarat Indien (golfe de Cambay et du Kutch). Aux Philippines, il faut incriminer les constructions de bassins d'aquaculture sur des surfaces autrefois boisées de mangroves ; dans le delta surpeuplé du Gange, ce sont les travaux d'aménagement agricole qui font reculer les lisières de la mangrove, depuis plus d'un siècle ; en Indonésie, la cause est encore différente puisque ce sont les déboisements pour la production de pâte à papier qui anéantissent les peuplements de palétuviers (East Kalimantan, sud-ouest de Sumatra). Dans aucun des cas précités, les coupes ne sont compensées par des reboisements.

Il est donc difficile de proposer une classification générale des causes de destruction de la mangrove à travers le monde. Par ordre d'importance décroissante des facteurs de destruction, nous pouvons proposer la hiérarchie suivante : Dans les pays du Tiers-Monde :

- régions humides { exploitations forestières
agriculture
aquaculture
- régions semi-arides et arides { détournements des cours d'eau
surpâturage
extraction de sel

RÉFÉRENCES

- Ahmad N., 1964. Fish and fisheries of the Sunderbans, in : UNESCO — scientific problems of the humid tropical zone deltas and their implications, Proc. Dacca Symposium, 271-276.
- Biotrop, 1981. *Bibliography on mangrove and estuarine vegetation*, enlarged and annotated edition, Biotrop, SEAMEO regional center for tropical ecology, 43 p.
- Blasco F., 1975. Les mangroves de l'Inde, *Trav. Sect. Sci. Tech. Inst. Fr. Pondichéry*, T. 14, 175 p. (texte français et anglais).
- Blasco F., 1977. Outlines of ecology, botany and forestry of the mangals of Indian Subcontinent, in : *Wet coastal ecosystems*, edited by V. J. Chapman, chapter 12, 241-260.
- Caratini C., Blasco, F. 1980. Les mangroves de l'Inde, in : *Rivages tropicaux d'Afrique et d'Asie*, *Trav. Doc. Géographie Tropicale, CEGET, Bordeaux*, N° 39, 93-106.
- Chapman V. J., 1977. Wet coastal ecosystems, in : *Ecosystems of the World I*, Elsevier, Amsterdam, 428 p.
- Dost H. (ed.), 1972. Acid sulphate soils, *Proc. Int. Symp.*, 13-20 August, 1972, Wageningen, Publ. N° 18, International Institute for land reclamation and improvement, Wageningen, the Netherlands, 2 vol., 294 et 406 p.
- Forsberg F. R., 1971. Mangroves versus tidal waves, *Biol. Conserv.*, 4, 1, 38-39.
- Frith D. W., 1977. A selected bibliography of mangrove literature, *Phuket marine biological center, Phuket (Thailand), Research Bulletin N° 19*, 126 p.
- Laumonier Y., 1981. Carte internationale du tapis végétal, « Sumatra Sud » Bogor, Indonésie, Institut Tapis Végétal, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, France.
- Librero A. R., 1980. Mangrove management in the Philippines, Paper presented at the 2nd Int. Symp. on biology and management of mangroves and tropical shallow communities, Port Moresby, Papua, New Guinea, July 20/August 2, 1980, 20 p.
- Lugo A. E., Snedaker S. C., 1974. The ecology of mangroves, *Annual Review of ecology and systematics*, vol. 5, 39-64.
- Marius C., 1979. *Les mangroves du Sénégal*, Centre ORSTOM de Dakar, 84 p. et annexes.
- Odum W. E., 1971. Pathways of energy flow in a south Florida estuary, Univ. Miami, *Sea Grant Tech. Bull. N° 7*, 162 p.
- Pannier F., Pannier R. F., 1974. Physiology of vivipary in *Rhizophora mangle*, *Proc. Int. Symp. Mangroves, Honolulu, 8/11 October, 1974* ; 632-642.
- Rollet B., 1981. *Bibliographie sur les mangroves*, Publ. UNESCO (sous presse).
- Saenger P., Hegerl E. J., 1981. *Report on the global status of mangrove ecosystems*, prepared by the International Union for Conservation of Nature and natural Resources, Commission on Ecology, 1 vol., 10 chap.
- Snedaker S. C., 1978. Les mangroves : leur intérêt et leur conservation, *Nature et Ressources, Paris*, 14, 3, 7-15.
- UNESCO, 1977. Map of the world distribution of arid regions. Explanatory note, *MAB technical Notes N° 7*, UNESCO, Paris, 1 carte à 1/25 000 000 + 54 p.
- Vieillefont J., 1977. Les sols des mangroves et des tannes de basse Casamance (Sénégal). Importance du comportement géochimique du Soufre dans leur pédogenèse, *Mém. ORSTOM N° 83*, Paris, 291 p.
- Watson J. G., 1928. *Mangrove forests of the Malay Peninsula*, Malayan Forest Records N° 6, printed by Fraser and Neave Ltd, Singapore, 275 p.

Dans les pays industrialisés : { urbanisation,
aménagements des littoraux
industrialisation, pollution

Mais quel que soit le pays ou la région concernée, l'utilisation traditionnelle des produits de la mangrove (tannin, bois, plantes médicinales, pêche, etc.) est celle qui affecte le moins cet écosystème.

CONCLUSION

Cette étude, basée sur mes travaux sur les mangroves d'Asie et sur les travaux les plus récents des spécialistes à travers le monde, fait apparaître la complexité des mécanismes du fonctionnement de ces écosystèmes, leur vulnérabilité et leur fragilité.

Compte tenu de l'importance économique et écologique que l'on s'accorde à leur reconnaître, un vaste mouvement international de protection et de conservation de la mangrove est né. Il se traduit par d'importantes réunions annuelles de spécialistes, par la constitution de Comités Nationaux pour l'étude des mangroves, par une sensibilisation du grand public et des responsables scientifiques aux problèmes liés au déclin des mangroves.