

Commission océanographique intergouvernementale

Rapport de réunion de travail n° 130

Atelier régional de la COI sur l'océanographie côtière et la gestion de la zone côtière

organisé par

**la Commission Océanographique Intergouvernementale
de l'UNESCO (COI-UNESCO)**

et co-financé par

le Ministère français des affaires étrangères

Moroni, RFI des Comores

16-19 décembre 1996

SOMMAIRE

	Page
1. OUVERTURE DE L'ATELIER	1
2. ORGANISATION DE L'ATELIER	1
2.1. Adoption de l'ordre du Jour	1
2.2. Election du Président	1
2.3. Election du rapporteur	1
3. OCEANOGRAPHIE ET GESTION DE LA ZONE CÔTIERE	1
3.1. Cadre international	2
3.2. Présentation des programmes régionaux	2
4. PROGRAMMES COI/UNESCO : Océanographie au service de l'observation du milieu marin et côtier	2
5. AUTRES OUTILS DE GESTION	2
5.1. Imagerie satellitaire	2
5.2. Aspects scientifiques et techniques de la protection et défense des côtes	2
5.3. Océanographie physique et pêches	2
5.4. Récifs coralliens (ICRI et GCRMN)	3
6. GESTION DE LA ZONE COTIERE :	3
6.1 L'Ile de Grande Comore	3
6.2. Etude de cas : l'Ile de Rhodes	3
7. OCEANOGRAPHIE ET GESTION DE LA ZONE CÔTIERE	3
7.1. Expériences nationales	3
7.2 Table ronde	4
8. SYNTHESE GENERALE ET RECOMMANDATIONS	6
8.1. Adoption du rapport	9
8.2. Clôture de l'atelier	9

ANNEXES

- I - A g e n d a**
- II - Allocutions**
- III - Communications**
- IV - Liste des participants**

1. OUVERTURE DE L'ATELIER

Les représentants de la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI) et les représentants du Ministère de l'Environnement et de l'Education Nationale des Comores accueillent les participants le lundi 16 décembre. La séance est déclarée ouverte à 10 h 00.

Dans un discours de bienvenue, le Secrétaire Général du Ministère de l'Environnement, M. LAISSI déclare ouvert l'atelier.

Le représentant de la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'UNESCO, Mme Cécile GRIGNON-LOGEROT, remercie tout d'abord le Gouvernement des Comores qui a accepté d'accueillir l'atelier organisé sur la gestion de la zone côtière. Elle remercie également la Délégation générale de l'Alliance franco-comorienne qui apporte son concours dans l'organisation de cette manifestation. Elle souligne le soutien particulier du Ministre Comorien de l'environnement et le remercie d'avoir bien voulu parrainer la cérémonie d'ouverture de l'atelier.

A cette occasion, elle rappelle les objectifs de l'atelier qui sont de :

- i) faire le point sur les travaux et actions réalisés dans la région dans le domaine de l'océanographie côtière et sur l'intérêt de ces travaux en matière de gestion de la zone côtière ;
- ii) définir des actions dans le domaine de la gestion des milieux marins et côtiers ;
- iii) d'identifier enfin, d'autres priorités à l'occasion de l'atelier.

2. ORGANISATION DE L'ATELIER

2.1. Adoption de l'ordre du Jour

L'agenda provisoire est présenté par Mme GRIGNON-LOGEROT. Les participants adoptent l'Agenda qui est joint en annexe I.

2.2. Election du Président

Les participants acceptent la proposition de désigner comme Président de l'atelier, Mme Allaoui et M. Bacar Dossar, comme vice-président de l'atelier,

2.3. Election du Rapporteur

Le Président demande à Mrs. Kassim et Solages de bien vouloir accepter le rôle de rapporteurs pour cette réunion. A l'invitation du Président, les participants les ont élus à l'unanimité.

3. OCEANOGRAPHIE ET GESTION DE LA ZONE CÔTIÈRE

Les communications des différents participants sont présentées en annexe III.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

page 2

3.1. Cadre international

Mme Grignon Logerot a, dans un bref exposé, rappelé les recommandations de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED, Rio, 1992) ainsi que le Plan d'Action de la Conférence des Nations Unies sur le développement durable des Petits Etats Insulaires (La Barbade, 25 avril-6 mai 1994). Les dispositions contenues dans les diverses conventions adoptées sous l'égide des Nations Unies (Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, Convention des Nations Unies sur les changements climatiques, Convention des Nations Unies sur la diversité biologique) ont également été rappelées.

3.2. Présentation des programmes régionaux par Mme V. Tilot

Une présentation a été faite sur les différents programmes régionaux en cours et sur les aspects de ces programmes qui ont un lien avec le thème de l'atelier : COI/FED, IOC/SIDA/SAREC, PNUE/FAO/IOC, IUCN, banque mondiale/GEF etc....

4. PROGRAMMES COI/UNESCO: Océanographie au service de l'observation du milieu marin et côtier par le Prof. M. Glass

Le système mondial d'observation de l'océan (GOOS) et le système mondial d'observation du niveau de la mer (GLOSS) ont été présentés dans leur aspect mondial et régional. Au terme de l'exposé, les participants ont été invités à poser des questions, apporter des précisions, émettre des remarques et proposer des actions régionales ou nationales.

5. AUTRES OUTILS DE GESTION

5.1 Imagerie satellitaire

Les techniques utilisées et les résultats potentiels de ces techniques pouvant servir dans le domaine de la gestion de la zone côtière ont été présentés.

5.1.1. Mesure et utilisation de la température de surface et de la couleur de la mer depuis l'espace, application aux zones côtières, présentation de M. H. Demarcq

5.1.2. Présentation de la Station SEAS (La Réunion) par Marc Despinoy

5.2. Aspects scientifiques et techniques de la protection et défense des côtes présentés par M. Tabet Aoul

5.3. Océanographie physique et pêches

Les méthodes et relevés effectués en océanographie physique dans l'Océan Indien et leur utilité dans la gestion des pêches et la conservation des ressources ont été présentés de manière détaillée et dans leurs aspects appliqués par M. J.L. Leblanc.

5.4. Récifs coralliens (ICRI et GCRMN)

Le programme "International Coral Reef Initiative" (ICRI) a été présenté, ainsi que le réseau mondial de surveillance des récifs coralliens (GCRMN) qui se met en place. Les dégradations subies par les récifs coralliens et les méthodes de suivi ont été développées, en mettant l'accent sur les actions réalisées au niveau régional.

6. GESTION DE LA ZONE CÔTIÈRE

6.1. L'île de Grande Comore

Une étude de planification côtière de l'île de Grande Comore a été réalisée avec le soutien du PNUE (programme EAF5). Les différentes étapes de ce processus ont été exposées.

Le projet national PRE/COI/FED a aussi fait l'objet d'une présentation.

Les participants ont été invités à discuter ces exemples et à définir une meilleure mise en oeuvre de la planification côtière et des mécanismes de suivi.

6.1.1. Stratégie pour la planification de l'île de Grande Comore par M. Aboulhouda Youssouf

6.1.2. Présentation du Projet Régional Environnement de la COI/FED par Mme Ali Abdallah Fatouma, Coordinatrice Nationale des Comores pour ce projet.

6.2. Une étude de cas en matière de planification pour la gestion intégrée de la zone côtière en milieu insulaire : L'île de Rhodes par Virginie Tilot

L'île de Rhodes, située dans la mer Egée (Méditerranée orientale) fait face à un problème de développement mettant en péril ses ressources naturelles et ses activités traditionnelles au profit de l'industrie touristique. Un programme de gestion intégrée de la zone côtière a été préparé et a conduit à une zonation des activités dans un concept de développement durable. Les résultats de ce programme ont été présentés.

7. TABLE RONDE SUR L'OCEANOGRAPHIE ET LA GESTION DE LA ZONE CÔTIÈRE

7.1. Présentation des expériences nationales

7.1.1. Les problèmes de gestion des zones côtières à Madagascar et les recommandations de l'atelier de Nosy-Be sur la GIZC par M. J.P. Toussaint

7.1.2. Coastline changes in Mauritius par J. I. Mosaheb, S. Ragoonaden, et B. Dunputh

7.1.3 Suivi de l'environnement océanographique hauturier: Rapport national - Seychelles par Rondolph Payet

7.1.4. The Seychelles perspective par M. F. Joubert

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

page 4

7.1.5. Présentation sur les risques majeurs à La Réunion par M. S. Solages

7.2. Table ronde

Au cours des travaux de cet atelier les représentants des Etats et des institutions ont fait émerger les principaux problèmes suivants :

- renforcer les institutions et services nationaux concernés, en particulier les moyens en personnel et en matériel, la formation, et les transferts de technologie;
- acquérir des données de base minimales pour s'intégrer dans les réseaux régionaux et mondiaux ;
- veiller à ne pas aboutir à l'effet inverse des objectifs initiaux notamment dans le cadre de programmes dont les résultats ont des retombées "directes" sur l'économie, l'océanographie physique et les pêches et éviter une surexploitation des ressources par des Etats ou groupements d'intérêt extérieurs à la zone ;
- trouver des ressources de substitution et parfois même des revenus de substitution, pour s'assurer la prise en compte par les populations des différentes propositions de protection et de gestion intégrée de la zone côtière. En effet, dans ce domaine, certaines initiatives peuvent aller à l'encontre des systèmes socio-économiques fondés sur l'artisanat, la tradition, les pratiques agricoles et les pêches ;
- assurer une meilleure concertation et coordination des programmes au niveau national, régional et bien entendu au niveau mondial.

Ces différents points ont été soulevés plus ou moins fortement par les différents participants en fonction de leur niveau de développement et de leur degré d'implication dans les programmes en cours.

1 - Renforcement des institutions

Si le renforcement des capacités est effectif dans le cadre des programmes nationaux et régionaux, en ce qui concerne les programmes mondiaux (GOOS, océanographie physique...) il semble indispensable d'identifier les besoins et de fixer les priorités thématiques afin de déterminer l'aide spécifique qui pourrait éventuellement être apportée.

Au cours de l'atelier, l'accent est mis sur les besoins en formation. Des priorités apparaissent principalement liées aux outils d'acquisition et de traitement des données :

- l'informatique et les SIG (Système d'Information Géographique),
- la télédétection,
- l'accès aux réseaux et bases de données.

Les moyens nécessaires pourraient être trouvés dans le cadre des programmes nationaux et régionaux en développant des actions spécifiques. Les structures d'accueil et les transferts de

technologie pourraient être trouvés dans la zone géographique (La Réunion, par exemple) dans le cadre d'une coopération régionale d'appoint.

2 - L 'acquisition des données de base minimales pour s'intégrer dans les réseaux

L'atelier relève que ces besoins en matière d'acquisition de données sont différents suivant les Etats, en raison de la disparité du niveau de développement ou de leur spécificité, et souligne :

- la nécessité d'effectuer un état des lieux préalable et indispensable à la définition des priorités et à la mise en place des réseaux (par exemple, gestion intégrée des récifs),
- la nécessité de définir des priorités,
- la nécessité de définir des réseaux d'observation et des modalités opératoires.

Concernant ces différents points, des appuis spécifiques pourraient s'avérer utiles.

En ce qui concerne les programmes GOOS, ICRI, COI/FED environnement, il conviendrait de définir des modes opératoires et d'assurer des formations spécifiques ciblées.

3 - La restitution des données et les retours d'information

Dans le cadre des différents programmes, les informations sont reçues, traitées et restituées sous forme brute ou élaborée (synthèse, prévisions...). Il semble tout à fait indispensable, pour chaque Etat de pouvoir disposer des moyens nécessaires d'accéder à leurs propres données et de bénéficier également de la plus-value technique et scientifique. Pour cette raison, ils doivent avoir accès aux réseaux et en tirer partie. Par ailleurs, une formation spécifique peut s'avérer indispensable.

4 - Océanographie physique et pêche

L'atelier fait remarquer que ce point intéresse les différents Etats présents, mais aussi d'autres Etats ou structures privées extérieurs à la zone. Une déontologie peut s'avérer nécessaire, basée sur une réglementation éventuelle. Un appui peut également être trouvé dans le cadre des accords de pêches passés d'Etat à Etat.

5 - Gestion intégrée de la zone côtière

L'atelier observe que la gestion intégrée de la zone côtière :

- doit nécessairement impliquer les populations concernées ;
- peut parfois aller à l'encontre de systèmes et de structures socio-économiques existantes.

En conséquence, l'atelier juge indispensable :

- l'effort d'information et de vulgarisation ;
- la fourniture de ressources de substitution qui pourrait s'avérer indispensable (par exemple, matériaux de substitution par rapport à l'exploitation des sables de plage et des matériaux coralliens) ;
- l'apport de nouvelles activités économiques ou de ressources financières de substitution.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

page 6

Ces actions sont probablement possibles dans le cadre des actions de développement en cours. Par ailleurs, il conviendrait de renforcer la notion de gestion intégrée et de développement durable de la zone côtière.

6 - Concertation - Coordination

Dans le domaine océanique et côtier, les programmes mondiaux (GOOS, etc.) n'ont pas ou peu de moyens spécifiques autre qu'une structure minimale de coordination et surtout d'apports et d'échanges scientifiques. Par contre les programmes régionaux peuvent avoir une certaine redondance et ignorer les programmes nationaux (ou inversement). Il conviendrait donc de renforcer la concertation régionale par le biais des structures de coopération existantes dans la zone en les élargissant.

8. SYNTHÈSE GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

8.1. Recommandations

Les recommandations suivantes ont été élaborées par les participants à l'issue de la table ronde.

RAPPELS

Conscients des activités internationales dans le cadre des conventions signées par les pays de la région et notamment..

la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer

la Convention sur la Diversité Biologique

la Convention sur les Changements Climatiques

la Convention pour la Protection, la Gestion et la Mise en Valeur du Milieu Marin et des Zones Côtières de la Région de l'Afrique Orientale

Conscients des programmes régionaux dans l'Océan Indien et en particulier ceux relatif à l'océanographie côtière et à la gestion de la zone côtière

Conscients des différences entre les pays de la région dans le développement de programmes concernant l'océanologie et la gestion de la zone côtière

LES PARTICIPANTS, A L'ISSUE DE L'ATELIER REGIONAL DE LA COI SUR L'OCEANOGRAPHIE COTIERE ET LA GESTION DES ZONES COTIERES ONT ADOPTE LES RECOMMANDATIONS SUIVANTES:

A- RECOMMANDATIONS REGIONALES

1- Législation

Au niveau international

- i) S'assurer de la prise en compte des conventions internationales concernant le domaine marin et côtier dans les législations et les pratiques nationales et en particulier ceux déclinés dans la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer.
- ii) Sensibiliser les décideurs et les utilisateurs de la mer aux principes émis par ces conventions.
- iii) Donner les moyens nécessaires aux administrations nationales pour l'application de ces conventions et en particulier en ce qui concerne la Zone Economique Exclusive (ZEE), le domaine public marin et la pollution marine.

Au niveau national

- i) Adapter, réviser, compléter la législation nationale afin d'assurer une protection et une conservation du milieu marin et du domaine côtier.

2- Recherche - Suivi du milieu marin

Au niveau régional

- i) Développer un réseau régional de recherche et de suivi du milieu marin, basé sur des indicateurs communs.
- ii) Améliorer l'accessibilité, la communication et les échanges de données existantes au niveau régional.

3- Formation

Au niveau régional

- i) Coordonner les actions de formation dans le domaine des sciences marines.
- ii) Promouvoir les échanges inter-institutionnels visant au renforcement des capacités des pays de l'Océan Indien en s'appuyant en priorité sur les compétences régionales.
- iii) Développer des activités communes de recherche et de suivi selon des méthodes standardisées afin de rejoindre les réseaux internationaux tels que le GOOS, le GLOSS, le GCRMN.

Au niveau national

- i) Faciliter la formation des agents de contrôle en milieu marin et côtier.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

page 8

4- Participation - Sensibilisation

- i) Promouvoir la participation aux actions de gestion au niveau structurel le plus adapté selon les pays : institutions nationales, régionales, communes, villages, ONG ou secteur privé.
- ii) Adapter et transférer les données de la connaissance scientifique afin de permettre leur utilisation rationnelle par les gestionnaires et les utilisateurs locaux de l'espace marin et côtier.
- iii) Promouvoir la mise en place ou l'accès à des méthodologies permettant d'assurer un meilleur respect des ressources marines et côtières.

5- Prévention des risques majeurs

- i) Développer des programmes permettant de prendre en compte les risques majeurs en milieu marin et côtier et en particulier les cyclones.

6- Coordination

- i) Assurer une meilleure coordination entre les programmes internationaux, régionaux et nationaux sur le milieu marin et la gestion de la zone côtière.

7- Financements

- i) Renforcer, lorsque nécessaire, la mise en place des structures de base permettant de développer la recherche et le suivi du milieu marin et de la zone côtière.
- ii) S'assurer de la pérennisation des actions entreprises au sein des programmes nationaux et internationaux.

B- RECOMMANDATIONS POUR DES ACTIONS NATIONALES

En dehors des actions identifiées concernant l'ensemble des pays, les spécificités d'un ou de plusieurs pays de la région ont amené à définir des actions particulières :

- i) Favoriser l'adhésion de la RFI des Comores à la COI de l'UNESCO, et en particulier la création d'un comité national chargé de la coordination entre les institutions concernées par le milieu marin et la gestion des zones côtières (DGE, DGP, CNDRS, Service de Santé).
- ii) Soutenir en RFI des Comores la création d'un laboratoire d'étude et de suivi du milieu marin, pour lequel des partenaires sont déjà identifiés (COI/FED, Coopération Française) permettant de développer un réseau de mesures océanographiques de base (température, salinité, marée, etc.) en relation avec le réseau existant de la Météorologie Nationale.

- iii) Pour Madagascar, s'appuyer sur les recommandations de l'atelier national de la COI/Banque Mondiale/Sida-SAREC sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières (Nosy-Be, Madagascar, octobre 1996), en ce qui concerne le renforcement institutionnel et la circulation des informations.

Dans l'ensemble de la région, développer ou renforcer les formations et les actions concernant en première priorité la sédimentologie côtière et l'océanographie physique, et en deuxième priorité la météorologie marine ainsi que la connaissance et le suivi des récifs coralliens. Dans tous les cas ces actions chercheront à s'intégrer dans le cadre des réseaux régionaux et mondiaux.

C- RECOMMANDATIONS POUR LA COMMISSION OCEANOGRAPHIQUE INTERGOUVERNEMENTALE (COI/UNESCO)

- i) Apporter un soutien financier et technique pour l'échange et la formation de scientifiques régionaux dans le domaine de l'océanographie selon les priorités déjà définies.
- ii) Faciliter l'adhésion de la RFI des Comores à la COI/UNESCO afin de compléter le réseau régional de l'Océan Indien.
- iii) Compte tenu des évaluations (institutions, expertises) réalisées au cours de l'atelier, un effort particulier devra être fait en direction de la RFI des Comores.
- iv) Afin de faciliter les échanges scientifiques et techniques au niveau régional, développer dans chaque pays sur un site pilote selon une méthode standardisée et sur la base d'indicateurs communs la collecte de données océanographiques et environnementales dans une optique de gestion intégrée des zones marines et côtières.
- v) En fonction des activités développées dans la région et en particulier des résultats obtenus dans le cadre de cette action pilote, réaliser un nouvel atelier sur la standardisation et l'échange de données océanographiques dans la perspective d'une gestion intégrée des zones côtières.

8.2. Adoption du Rapport

Les participants ont approuvé le projet de rapport d'atelier ainsi que les recommandations.

8.3 Clôture de l'atelier

Le Président remercie tous ceux et celles qui ont pris une part active à cet atelier et contribué à sa réussite, mentionnant les organisateurs, les intervenants. Il exprime sa gratitude et ses remerciements au Gouvernement des Comores et à l'Alliance franco-comorienne qui ont accueilli cet atelier.

Le Président prononce la clôture de l'atelier le 19 décembre 1996 à 17 h 00.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe I

ANNEXE I

ORDRE DU JOUR

- 1. OUVERTURE DE L'ATELIER**
 - 1.1 ACCUEIL DES PARTICIPANTS**
 - 1.2 OUVERTURE DES TRAVAUX DE L'ATELIER**
- 2. DISPOSITIONS ADMINISTRATIVES**
 - 2.1 ADOPTION DE L'ORDRE DU JOUR**
 - 2.2 DESIGNATION DU PRESIDENT ET DU RAPPORTEUR**
 - 2.3 DOCUMENTATION**
- 3. OCEANOGRAPHIE ET GESTION DE LA ZONE COTIERE**
 - 3.1 CADRE INTERNATIONAL**
 - 3.2 PROGRAMMES REGIONAUX**
- 4. LES PROGRAMMES COI/UNESCO : L'OCEANOGRAPHIE AU SERVICE DE L'OBSERVATION DU MILIEU MARIN ET COTIER**
- 5. AUTRES OUTILS DE GESTION**
 - 5.1 L'IMAGERIE SATELLITAIRE ET LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE. CARTOGRAPHIE. OBSERVATOIRES.**
 - 5.2 ASPECTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES DE LA PROTECTION ET DEFENSE DES COTES**
 - 5.3 L'OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE AU SERVICE DES PECHEES DANS L'OCEAN INDIEN**
 - 5.4 LES PROGRAMMES DE SUIVI DES RECIFS CORALLIENS : L'ICRI et le GCRMN**
- 6. GESTION DE LA ZONE COTIERE**
 - 6.1 L'ILE DE GRANDE COMORE**
 - 6.2 ETUDE DE CAS : L'ILE DE RHODES**
- 7. TABLE RONDE SUR LE THEME OCEANOGRAPHIE ET GESTION DE LA ZONE COTIERE**
 - 7.1 EXPERIENCES NATIONALES**
- 8. SYNTHESE GENERALE ET RECOMMANDATIONS**
- 9. ADOPTION DU RAPPORT**
- 10. CLOTURE DE L'ATELIER**

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe II

ANNEXE II

ALLOCUTIONS

A - ALLOCUTION DU SECRETAIRE GENERAL DU MINISTERE DE LA PRODUCTION, DE L'ELEVAGE, DE LA PECHE, DE LA FORET ET DE L'ENVIRONNEMENT

Messieurs les Ministres,
Mesdames et Messieurs les représentants du corps diplomatique,
Honorables délégués et invités,
Mesdames et Messieurs,

Permettez moi, pour commencer, de vous dire combien, le Gouvernement comorien est sensible au choix qui a été fait de tenir cet atelier régional sur l'océanographie côtière et la Gestion de la zone côtière dans notre pays.

Je tiens en particulier à remercier la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'UNESCO d'avoir pris l'heureuse initiative de cette rencontre de haut niveau.

Je remercie aussi la Direction Générale de l'Environnement pour le précieux concours qu'elle a apporté dans sa préparation.

Je suis heureux de souhaiter la bienvenue à nos participants venus de Madagascar, de Maurice, de la Réunion et des Seychelles. L'échange d'expérience, pour des pays aussi proches que les nôtres par la géographie, mais aussi par la culture, est un facteur d'enrichissement mutuel.

Je me félicite aussi de la présence parmi nous d'experts de haut niveau. Cet atelier nous donne une occasion inestimable de profiter de leur savoir. Leur connaissance des sciences nouvelles de l'environnement, et aussi des milieux physiques et humains propres à nos régions, nous permettra de mieux appréhender nos problèmes et de trouver les solutions les plus appropriées.

Vous savez combien il est difficile pour des pays comme les nôtres de se doter des moyens matériels et humains nécessaires à une recherche fondamentale. Par conséquent l'option des Comores, comme de bon nombre de pays en voie de développement, est celle d'une recherche appliquée et opérationnelle. Comme ces différents niveaux de recherche s'enrichissent mutuellement, il convient de développer les échanges d'expériences comme celle-ci.

Par exemple, la Direction Générale de l'Environnement, avec l'appui de certains projets, s'emploie à développer un Système d'Information Environnemental. D'ores et déjà la direction s'est dotée d'un matériel adéquat et du personnel a été formé. Des échanges avec les différents centres de recherche que vous représentez, afin d'enrichir ce système, seront les bienvenus.

Les Comores font partie, vous le savez, de la catégorie des petits Etats insulaires. Elles en présentent toutes les caractéristiques physiques et socio-économiques, y compris leurs contraintes et leurs opportunités.

La principale contrainte est évidemment la taille réduite du territoire, environ 1659 Km², surtout si on la considère dans un contexte de croissance démographique accélérée. Ce qui entraîne une densité de population d'environ 300 habitants au Km². Près des trois quarts de celle-ci sont essentiellement concentrés sur la côte.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe II - page 2

La plupart des grandes villes, dont évidemment la capitale où nous nous trouvons actuellement, s'y trouvent. En conséquence, les milieux côtiers et marins sont soumis à une forte pression anthropique.

De ce constat se dégage, une première préoccupation majeure, celle de la croissance des zones urbaines en milieu côtier et les conséquences que cela entraîne sur l'équilibre de ce milieu. Ce constat est d'autant plus inquiétant que cette croissance est loin d'être maîtrisée. L'essentiel des activités économiques, telles que le commerce, les industries et le tourisme s'y développent et sont appelées à y prendre de l'ampleur. Ces activités, par ailleurs indispensables à la croissance économique de notre pays, ne manqueront pas de présenter des impacts négatifs sur le milieu côtier et marin. Il faudrait dès maintenant prendre les mesures appropriées en vue de limiter ces impacts sans nuire au développement économique.

Je ne peux manquer de relever que nous sommes toujours à la recherche des solutions alternatives et des reconversions nécessaires à la levée des contraintes qu'exercent certaines activités extractives.

Je veux citer, par exemple, l'extraction des matériaux telles que le sable, les coraux et les galets du littoral. On peut aussi citer l'exploitation excessive des zones littorales par la pêche traditionnelle, en l'absence d'une capacité de pêche semi-industrielle.

L'application des lois et règlements ainsi que la sensibilisation des populations doivent être renforcées. Il convient de consolider la démarche participative afin d'impliquer, à toutes les étapes de notre démarche, les populations concernées. Il est aussi essentiel de réduire rapidement la dépendance des catégories les plus défavorisées de la population vis-à-vis des ressources naturelles.

Cela suppose une modification profonde de notre façon d'appréhender les problèmes d'environnement et la signification même que nous donnons au développement durable. Il faudra faire en sorte que le problème du développement durable soit l'affaire des villageois, au sein de leur propre communauté.

Il convient de s'assurer que les spécificités propres à chacune des différentes régions soient prises en compte, tant au niveau local que régional ou international. Cela nécessite une intégration effective des questions socio-économiques dans les programmes environnementaux.

Le Gouvernement Comorien se préoccupe, depuis bientôt quelques années, de la sauvegarde et du maintien de la qualité de notre environnement, notamment du milieu côtier et marin. Des progrès remarquables ont été accomplis, depuis 1993, avec la mise en place d'un cadre légal et institutionnel.

Une Politique Nationale et un Plan d'Action Environnementale ont été adoptés par le Gouvernement Comorien et approuvés par nos partenaires extérieurs.

Une loi-cadre, prenant en considération les engagements internationaux auxquels souscrits notre pays, a été élaborée.

Un Comité National de Coordination pour le Développement Durable, a été créé en vue d'appuyer la direction générale de l'environnement.

L'État Comorien a adhéré à neuf conventions internationales relatives à la protection de l'environnement.

L'utilisation de ces différents instruments devrait nous permettre d'accroître considérablement nos capacités juridiques et opérationnelles dans le secteur de l'environnement, pour les années à venir. La gestion intégrée de nos zones côtières et marines est l'une des préoccupations majeures de mon pays, depuis plusieurs années.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe II - page 3

AU cours de l'année 1993, les pays de la région ont signé avec l'Union Européenne la convention de financement d'un important Programme d'appui aux Programmes environnementaux des pays de la Commission de l'Océan Indien.

Ce Programme régional vise essentiellement la gestion intégrée de la zone côtière et marine. Il nous a permis, depuis son démarrage en mai 1995, de réaliser un diagnostic correct de la situation actuelle de ces milieux.

Il y a quelques jours s'est tenu, dans cette même salle, un atelier de restitution des travaux du pré-audit environnemental réalisé à l'échelle nationale par ce programme

Outre le Programme Environnement de la Commission de l'Océan Indien, il faudrait aussi accorder une attention particulière aux projets EAF 5 et EAF 14 coordonnés par le PNUE, la FAO et l'UICN. Ces deux projets visent également la gestion intégrée et durable de la zone côtière et marine.

Il est urgent, à la veille du 21ème siècle, que les pays de notre région mettent ensemble leurs efforts en faveur d'une gestion durable des zones côtières et marines. Je voudrais saisir cette opportunité pour réitérer l'engagement de l'État Comorien en sa faveur.

C'est en ces termes que je déclare ouvert l'atelier régional sur l'océanographie côtière et la gestion de la zone côtière.

Je vous remercie.

B - DISCOURS DU REPRESENTANT DE LA COMMISSION OCÉANOGRAPHIQUE
INTERGOUVERNEMENTALE
(Mme Grignon-Logerot)

Monsieur le Ministre de l'éducation nationale,
Monsieur le Ministre de l'environnement
Distingués délégués et invités
Mesdames et Messieurs,

Je suis très honorée d'être aujourd'hui l'hôte du Gouvernement de la République Fédérale Islamique des Comores qui a accepté d'héberger l'atelier que nous organisons sur la gestion de la zone côtière et je tiens à le remercier vivement au nom du Secrétaire exécutif de la Commission océanographique intergouvernementale (COI). Je remercie également la délégation générale de l'Alliance franco-comorienne qui nous accueille dans ses locaux. Permettez que j'exprime la gratitude de tous les participants à Monsieur le Ministre de l'environnement et en sa personne au Gouvernement de la République Fédérale Islamique des Comores.

Cet atelier qui nous réunit ici autour du thème de la gestion de la zone côtière m'amène à rappeler que les enjeux liés à la connaissance des océans sont d'une importance vitale pour nos sociétés. Ces enjeux sont multiples. Ils concernent aussi bien l'exploitation des ressources vivantes indispensables à la nutrition d'une population mondiale qui ne cesse de croître, que l'exploitation des ressources minérales et les communications maritimes. Ces enjeux sont aussi liés au fait que l'océan exerce une influence profonde sur la vie terrestre et constitue le moteur de la climatologie.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe II - page 4

Face à ces enjeux, on peut dire que la recherche scientifique marine est la seule susceptible de donner la mesure de la complexité du milieu marin, de l'état de ses ressources, des exigences de sa protection, des conditions optimales de son exploitation économique.

Cela est encore plus vrai dans le domaine de la gestion des zones côtières à une époque où, sur une bande côtière de cinquante kilomètres environ de profondeur, vit près de la moitié de la population mondiale et se trouvent situés les deux tiers des plus grandes villes du monde.

En effet, ces régions sont de plus en plus soumises à des pressions de toutes sortes, démographiques et industrielles, entre autres. Elles sont également très exposées à différentes sources de pollution, surtout d'origine tellurique et on peut dire qu'aujourd'hui, par suite du surpeuplement, de la pauvreté et d'une exploitation anarchique des ressources du littoral, le capital social et économique de nombreuses zones côtières s'est gravement dégradé. Cette dégradation est aggravée par les risques d'élévation du niveau de la mer qui touche particulièrement les Etats insulaires que vous représentez, cette élévation étant le résultat aussi bien de processus naturels que des actions de l'homme sur le milieu.

Or, il faut bien le dire, ce n'est que récemment que l'on a pris conscience des enjeux liés à un développement harmonieux des zones côtières et que l'on se préoccupe de concevoir des politiques d'aménagement du littoral qui rendent compatibles environnement et développement.

Dans la mise en oeuvre de ces politiques, la participation des scientifiques est indispensable, aussi bien pour la compréhension des processus naturels qui régissent les côtes que pour l'analyse des mécanismes qui régissent l'ensemble du système constitué par l'environnement naturel et les activités humaines. Pour bien comprendre ce système, une approche pluri et interdisciplinaire s'impose, qui permette d'appréhender le littoral dans toute sa diversité, économique, sociale, juridique, écologique et culturelle. Toutes les disciplines doivent être mobilisées, de l'océanographie physique aux sciences sociales. Un tel travail qui est de la responsabilité des scientifiques constitue pour nous un préalable à la définition d'un meilleur équilibre entre aménagement et exploitation des ressources naturelles.

Toutefois, si de nombreuses solutions relèvent à n'en pas douter de la science et de la technologie, le développement durable ne pourra être imposé par des moyens purement techniques. Il faut que la société comprenne et accepte la nécessité d'un changement de mode de vie.

Cela ne pourra se faire que par la promotion de l'éducation, de la formation et de la sensibilisation du public car on ne protège bien que ce que l'on connaît. De ce point de vue, la COI que je représente, a l'avantage de pouvoir conjuguer science et éducation, deux facteurs clés du développement durable.

Je rappelle que la COI qui est, au sein du système des Nations Unies, l'unique organisation spécialisée dans les sciences de la mer, a également pour rôle de promouvoir la coopération régionale dans ce domaine.

C'est dans ce contexte que nous avons préparé l'atelier qui débute aujourd'hui. Cet atelier s'inscrit dans le programme Action 21 de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Il constitue également une contribution de la COI au suivi de la Conférence

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe II - page 5

internationale sur le développement durable des Petits Etats insulaires, qui s'est tenue à La Barbade en 1994. Cette Conférence a adopté un Programme d'action qui recouvre l'ensemble des problèmes rencontrés par ces Etats. Le programme de l'atelier a été préparé en fonction des chapitres de ce Programme d'action qui relèvent de la compétence de notre Commission, recherche scientifique marine et services océaniques, en particulier.

Je ne vais pas donner plus de détails car je suis sûre que les questions et les expériences des participants nourriront le débat et seront l'occasion d'approfondir notre sujet. Je souhaite donc à tous les participants, au nom du Secrétaire exécutif de la COI, un bon déroulement de l'atelier et un travail fructueux. Je vous remercie pour votre attention.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III

ANNEXE III

COMMUNICATIONS

PRESENTATION No. 1

(Point 3.2)

Les programmes régionaux actuels en Océan Indien

par Virginie TILOT

Les grands organismes internationaux ont mis en place plusieurs programmes régionaux importants dans la région de l'Afrique de l'Est. A ces programmes s'ajoutent de nombreuses actions spécifiques tant au niveau régional que national. Exceptés quelques travaux de recherche à caractère scientifique datant d'avant 1970, les principaux diagnostics concernant les problèmes environnementaux en milieu littoral et récifal dans la région de l'Afrique de l'Est ont été effectués après 1974, c'est à dire après l'inauguration du programme des mers régionales.

Le **Programme des Nations Unies pour l'Environnement** des mers régionales pour l'Afrique de l'Est PNUE EAF a alors réalisé des missions exploratoires dans les 9 Pays de la région (Comores, Seychelles, Tanzanie, Madagascar, Maurice, La Réunion, Somalie, Kenya, Mozambique). Un plan d'actions pour la région de l'Afrique de l'Est a ensuite été adopté en 1995

- Le projet **EAF-5** a comme objectif général la promotion d'une politique régionale de gestion durable des ressources naturelles et plus particulièrement la sauvegarde et la gestion intégrée de la zone côtière.

Le Centre d'Actions Prioritaires pour l'Océan et la Zone Côtière (OCA/PAC) du PNUE met en oeuvre le programme EAF-5 avec le support de la FAO et du Centre d'Activités Régionales pour le Programme d'actions Prioritaires (CAR/PAP) du Plan d'Action pour la Méditerranée du PNUE. Les principaux objectifs pour chaque pays concerné sont d'élaborer le profil côtier d'un site de démonstration ainsi-qu'une stratégie d'aménagement orientée vers les problèmes critiques de la zone étudiée.

En ce qui concerne le projet EAF-5 en cours aux Comores, l'action au niveau national se déroule sous la responsabilité du Ministère du Développement Rural, de la Pêche et de l'Environnement, représenté par une de ses administrations, la direction générale de l'environnement (DGE). Une équipe de 16 nationaux, assistée de deux experts internationaux a terminé le profil côtier annoté et la stratégie de planification et de gestion intégrée de l'île de Grande Comore qui a été choisie comme site pilote. Un zonage du territoire en zones prioritaires a été proposé. Les principaux problèmes et ressources à valoriser ont été mis en évidence.

Le profil côtier a été réalisé à partir de missions de terrain, d'enquêtes, de rapports

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 2

sectoriels et de la synthèse de la documentation existante. Des études de sensibilisation sur le terrain ont été menées afin d'informer un large public des problèmes identifiés. Un atelier national sur l'aménagement côtier est programmé regroupant tous les acteurs publics, privés et les ONG, afin d'exposer la stratégie d'aménagement intégrée, les plans d'actions et de sensibiliser un maximum d'acteurs.

- Le projet EAF-6 concerne des activités de surveillance et de recherche relatives aux sources et aux niveaux de pollution et aux effets des polluants, une estimation des risques, des paramètres océaniques influençant la distribution des polluants dans des baies semi-fermées.... Le site de Port Louis à Maurice a été choisi comme site pilote (Novembre 1990) pour illustrer l'approche de EAF-6. L'eau du port a été échantillonnée et les nutriments ainsi que le taux d'oxygène dans l'eau a été analysée.

Au niveau régional, les projets PNUE EAF-5 et EAF-6 sont coordonnés par la FAO, l'UNESCO et le PNUE. Ils comportent des actions de formation et de gestion de la zone côtière avec notamment l'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) et l'élaboration d'une stratégie nationale de gestion de la zone côtière.

- Le projet EAF-7 concerne l'élaboration des plans d'urgence en cas de pollution marine et la révision des problèmes de pollution d'importance dans la région.
- Le projet EAF-8 concerne l'éducation en matière d'environnement.
- Le projet EAF-9 concerne les projets relatifs à la pêche.
- Le projet EAF-10 concerne l'érosion côtière et la sédimentation.
- Le projet EAF-11 concerne l'évaluation des effets de l'érosion sur l'environnement avec une étude de cas.
- Le projet EAF-12 concerne la création d'un centre régional de lutte contre la pollution de l'environnement (toutes les activités relevant du projet EAF-6).
- Le projet EAF-13 concerne la sylviculture.
- Le projet EAF-14 concerne la création d'une base de données et un atlas sur les ressources côtières.

Le projet PNUE EAF-14 entre dans le cadre du Plan d'Action pour l'Afrique orientale avec un financement du Gouvernement de Belgique. L'objectif principal de ce programme est de rassembler tout d'abord à l'échelle nationale puis régionale, des renseignements sur le milieu côtier puis de les publier sous une forme facilement accessible aux planificateurs, aux décideurs et à l'ensemble de la communauté concernée.

Les renseignements recueillis sont ensuite présentés sous deux formes : base de données (SIG) des ressources côtières et un atlas formé d'une série de cartes des ressources côtières (3 000 cartes) à l'échelle 1/50 000. La bande côtière et les récifs coralliens

devront être représentés. Certaines caractéristiques de l'habitat côtier sont aussi représentées comme les mangroves, les côtes rocheuses, les falaises, les plages, les récifs coralliens... Les ressources biologiques protégées peuvent comprendre les catégories suivantes : mammifères, oiseaux, reptiles, flore, coelacanthe, formations coralliennes, herbiers sous-marins, insectes...

Dans ce programme, le personnel est formé à la gestion des bases de données et des techniques SIG. La population est sensibilisée afin de promouvoir l'utilisation des cartes des ressources côtières. Le projet EAF-14 a démarré aux Comores en février 1996. D'une durée d'exécution de 18 mois, il complète d'autres projets en cours comme notamment le projet PNUE EAF-5. Un total de 8 cartes doivent couvrir l'archipel en illustrant des informations environnementales globales et être tirées des acquis de EAF-5. Au niveau des Comores, le service de l'Aménagement du territoire à la direction générale de l'environnement est chargé de ce projet.

D'autres programmes et organismes existent actuellement dans la région dont :

Le programme régional de sciences marines de la **Commission Océanographique Intergouvernementale COI et de l'Agence suédoise pour la coopération avec les pays en voie de développement (SAREC)** fonctionnant de 1990-1995, a été conçu pour le renforcement de la capacité institutionnelle et des ressources humaines dans le domaine marin et notamment la gestion intégrée des zones côtières.

Dans le cadre de ce programme, de nombreux scientifiques de la région ont été formés lors d'ateliers et de stages intensifs de courte durée sur des sujets aussi divers que : la pollution marine, la variation du niveau marin, l'impact sur les ressources et l'environnement ainsi que le programme de monitoring marin, la gestion intégrée du milieu marin et côtier, l'intercalibration des méthodes et l'analyse de la dynamique et du flux des nutriments dans les écosystèmes marins, la surveillance satellitaire et son utilisation en environnement côtier et marin, la bathymétrie, l'aqua/mariculture, l'érosion côtière, la bio/géochimie, les grands écosystèmes marins, la gestion des données et de l'information ainsi que l'échange et la coopération scientifique sur la littérature scientifique et technique, le développement des capacités de recherche scientifique et marine dans la région.

Le programme SAREC a aidé au développement de l'association des sciences marines de l'Océan Indien occidental, **WIOMSA (Western Indian Ocean Marine Sciences Association)** et de son programme d'aide à la recherche marine (MARG). Actuellement, le programme COI/SAREC est en charge notamment de la rédaction d'un guide sur la flore et la faune des côtes marines de l'Afrique de l'Est.

Le programme de la Commission Océanographique Intergouvernementale COI pour la protection et la gestion de récifs coralliens et des écosystèmes côtiers associés "**International Coral Reef Initiatives (ICRI)**" dans la région de l'océan Indien occidental. Un séminaire a été organisé aux Seychelles en Mars-début Avril 1996, deux représentants nationaux par pays étaient invités.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 4

Le projet de la Commission Océanographique Intergouvernementale COI et **le projet Kenya - Belgique** en sciences marines basé à l'Institut de recherche et des pêches marines de Mombasa a pour objectif d'aider la coopération régionale en matière d'échange d'information scientifique en sciences marines dans la région de l'Océan Indien Occidental (**RECOSCIX-WIO**), de pourvoir à la faible production de la littérature scientifique de la région et de promouvoir la communication avec les scientifiques en dehors de la région. Ainsi ce projet a pour but de créer une prise de conscience du public en ce qui concerne l'environnement marin et ses problèmes.

Le programme de l'Association des Sciences Marines de l'Océan Indien Occidental (WIOMSA), basé à l'Institut des Sciences Marines de Zanzibar est assisté par la Commission Océanographique Intergouvernementale COI et l'Agence suédoise pour la coopération avec les pays en voie de développement (SAREC). Le programme d'aide à la recherche marine (**MARG**) gère notamment des bourses de recherche au sein de WIOMSA. Ce programme a pour objectifs de promouvoir les sciences marines et de renforcer le développement de l'éducation, de la science et de la technologie de la région de l'Océan Indien.

Le programme du bureau régional pour la Science et la Technologie en Afrique (UNESCO/ROSTA) de **l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO)** a dans le domaine des Sciences marines mis en place les actions suivantes: **COMAR (Coastal Marine Programme, PROMAR (Promotion of Marine Science), TREDMAR (Training and Education).**

Le programme de coopération du **PNUD/COI** sur la coopération inter-états insulaires est prévu. L'objectif global est de renforcer les compétences institutionnelles existant dans les Caraïbes, le Pacifique Sud et l'Océan Indien par la création d'une politique de formation sur la gestion et le maintien du développement (appui institutionnel).

La **Banque mondiale (BM)** participe à de nombreux programmes régionaux et nationaux concernant la gestion du milieu littoral et marin et finance d'autre part de grands projets d'équipement visant notamment à limiter les impacts des pollutions sur le milieu littoral et marin (gestion des eaux usées).

La **Commission de l'Océan Indien (COI)**, avec le concours financier du **Fonds Européen de Développement (FED) Lomé IV régional**, exécute durant 5 ans (1995-2000) un programme régional intitulé "Appui aux programmes environnementaux dans les pays membres de la COI" (Comores, Madagascar, Maurice, Réunion et Seychelles). L'objectif global est de contribuer à la promotion d'une politique régionale de gestion durable des ressources naturelles. L'objectif spécifique est la gestion intégrée de la zone côtière.

L'Union Européenne (UE) finance pour trois ans un projet de Développement du Tourisme aux Comores conformément aux accords des programmes indicatifs régionaux de Lomé III et Lomé IV. L'objectif du projet est de contribuer au développement de la coopération régionale dans le secteur du tourisme et de favoriser l'accélération du tourisme dans la région de l'Océan Indien

en contribuant à l'émergence rapide d'un nouveau produit à caractère régional.

L'Union Européenne finance pour cinq ans un projet de développement de l'Artisanat basé aux Seychelles. Les objectifs sont la mise en place des différents Centres Nationaux, des cours de formation et de perfectionnement en vannerie et boiserie et une promotion et commercialisation des produits.

L'Union Européenne développe un programme régional de coopération météorologique concernant les cyclones tropicaux. Les objectifs sont d'établir un réseau d'observations et de surveillance ainsi que de renforcer le système régional de télécommunications.

Le 6ème Fonds Européen de Développement (FED) a financé au sein d'un programme FED/COI le **Projet Thonier Régional Phase II** qui a commencé au début de janvier 1992. Ce projet intitulé "Développement des Ressources thonnières dans l'océan indien" s'est réalisé sous l'autorité de la Commission de l'Océan Indien (COI). L'objectif prioritaire est de soutenir le développement régional dans le domaine des ressources maritimes et en aquaculture. Un projet d'appui à la pêche artisanale vise à diminuer la pression de la pêche sur les récifs.

L'Union Européenne projette de financer un **Programme d'Action Régionale de Sécurité (PARSEC)** en cours d'étude. Les objectifs sont la sécurité civile recouvrant les risques technologiques et naturels majeurs ainsi que les secours en mer dans les eaux territoriales et la ZEE des pays membres de la COI.

L'Union Européenne projette de financer une **Université de l'Océan Indien** dont la mission principale serait de promouvoir la diffusion des savoirs essentiels pour le développement économique social et culturel des pays de l'océan indien.

L'Union Européenne finance un Programme Régional de Statistiques du Commerce Extérieur des pays membres de la Commission de l'Océan Indien afin de centraliser et de diffuser les informations commerciales des cinq Etats membres.

L'Union Européenne finance pour cinq ans un **Programme Régional Intégré pour le Développement des Echanges (PRIDE)**. L'objectif général est de définir une véritable stratégie régionale des échanges de biens et de services.

L'Union Européenne développe un programme régional pour le **Centre International des Civilisations Bantoues (CICBA)** dont font partie les Comores. Le **CNDRS** s'occupe de ce projet aux Comores. Parmi les objectifs se trouve un volet environnement.

Le programme de conservation marine et côtière du bureau régional de l'Afrique de l'Est de **l'Union Mondiale pour la Conservation de la Nature** comprend des actions relatives à la gestion intégrée des zones côtières, des zones protégées ainsi qu'à la conservation de la biodiversité. **L'UICN** développe actuellement une méthodologie de suivi rapide du milieu récifal qui a été testé dans la région de Tanga en Tanzanie.

Le programme de conservation marine et côtière dans la région de l'Afrique et de Madagascar

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 6

du “**World Wide Fund for Nature (WWF)**” réalise des actions relatives à la Conservation des zones marines et côtières à un niveau national sur plusieurs sites au Kenya, en Tanzanie, au Mozambique et à Madagascar.

Le programme de recherches mené par le navire océanographique “**Shoals of Capricorne**” sur l’initiative de la Royal Geographic Society devrait couvrir une campagne de deux ans (1997-1998) et inventorier notamment les ressources faunistiques des Seychelles et de l’île Maurice.

De nombreux programmes ou programmes de recherche sont menés par les universités ou les instituts nationaux souvent en partenariat avec les universités de pays développés (France, Belgique, Suède, Pays Bas, Irlande, Australie, Canada, Afrique du Sud...) qui contribuent financièrement à la mise en place des projets.

Un travail important est réalisé par des **Organisations Non Gouvernementales**.

Analyse comparative des programmes en cours

Dans ces différents programmes, on retrouve en commun comme thème principal la gestion intégrée de la zone côtière incluant la **gestion et la conservation des milieux naturels côtiers et marins**.

Outils nécessaires : Banque de données
Systèmes d’information informatique (SIG)
Méthodologie d’étude des écosystèmes et des paramètres concernés (télédétection, monitoring des récifs...)

L’utilisation de ces outils se fait par :

l’accès à l’information au travers d’un réseau régional et/ou international
la réalisation d’actions de formation

En général dans les programmes régionaux en cours (mis à part les territoires français de La Réunion et de Mayotte), les actions menées jusqu’alors consistent principalement en des opérations de formation, d’échange d’information et de définition de stratégies ou de plans d’actions reposant sur des ateliers et des missions de diagnostic menées par des consultants.

On observe une **redondance** des actions préparatoires en matière de gestion intégrée des zones côtières.

La notion de gestion intégrée des zones côtières est un concept théorique souvent très complexe car le nombre des paramètres à prendre en compte est très important. Les **démarches** peuvent être sujet à discussion et souvent très **différentes** en fonction des écoles. La finalisation pratique du concept de gestion intégrée, mettant en liaison les scientifiques et les ingénieurs spécialisés en environnement et aménagement, n’est dans certains cas pas encore très claire.

Recommandations

Il semble donc nécessaire de **coordonner** les actions afin d'éviter les redondances et de **définir au niveau des méthodologies, des standards** permettant ensuite des **comparaisons** de suivi au niveau régional et international (SIG, monitoring, base de données).

Les programmes proposés par les différents organismes doivent s'intégrer dans les plans d'actions environnementaux nationaux. Il faut :

- identifier les responsables de projets et les organisations,
- créer un registre centralisé des activités terminées, en cours et en projet dans la région,
- distribuer l'information à tous les partenaires de façon régulière,
- identifier un coordinateur,
- continuer à tenir régulièrement des réunions entre bailleurs de fonds.

PRESENTATION No. 2

(Point 4.)

Le programme GOOS

par le Professeur Michel GLASS (IFREMER), Président de I-GOOS

La pression anthropique sur les ressources naturelles de la planète, et notamment celles de l'océan, est de plus en plus forte. Le développement durable de l'utilisation de ces ressources n'est possible que si la science met à la disposition des utilisateurs des méthodes fiables permettant d'identifier l'émergence de problèmes environnementaux, d'en prévoir l'évolution et éventuellement de prendre des mesures pour endiguer leurs effets.

Il s'agit d'un enjeu formidable dans lequel l'océan, qui couvre 70% de la planète, joue un rôle fondamental. C'est avec l'idée de mettre en place un système capable de répondre à ce défi que la Commission Océanographique Intergouvernementale a proposé au début des années 1990 le Système Global d'observation des Océans (en anglais GOOS).

Quels sont les objectifs de GOOS ?

Il s'agit d'abord d'assurer des séries d'observations permanentes et systématiques, puis de fournir à des utilisateurs institutionnels et commerciaux une description et des prédictions de l'état de l'océan mondial dans 5 grands domaines : variabilité et changements climatiques, ressources marines vivantes, santé des océans (pollutions), gestion des zones côtières, services météo-océaniques. Toutes choses égales par ailleurs, il s'agit en fait de définir et d'implanter des systèmes et des services pour l'océan équivalents à ceux que la météorologie propose depuis plus d'un siècle. GOOS a cependant un caractère plus ambitieux dans la mesure où les paramètres dont la mesure et le suivi sont proposés sont beaucoup plus nombreux.

Pourquoi faut-il mettre en place un système mondial ?

L'utilisation intensive de l'océan par l'homme est en général limitée à ses interfaces, que ce soit le plateau continental, le fond ou la surface. Ceci ne semble justifier que des systèmes

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 8

d'observation locaux ou régionaux, comme ceux qui sont déjà opérationnels dans certains pays développés. Mais les prévisions à longue échéance même dans des zones de taille restreinte nécessitent des données aux limites qui sont liées au fonctionnement de l'océan dans son ensemble. Par ailleurs, le suivi et les prévisions du climat mondial nécessitent naturellement des données à très grande échelle. Enfin, il est nécessaire de mettre à la disposition des pays les moins développés la technologie et le savoir-faire des pays industrialisés, surtout en matière d'environnement. C'est pourquoi le GOOS s'est placé d'emblée à une échelle mondiale.

Quels sont les besoins de GOOS ?

Tout système de prévision de phénomènes naturels nécessite la mise en place d'un réseau opérationnel d'observations, c'est-à-dire travaillant sur le long terme, de manière systématique et avec un échantillonnage spatio-temporel suffisant. Pour cette entreprise, il est difficile de s'appuyer sur la flotte océanographique et il est illusoire de rechercher la construction d'une flotte spécifique capable de réaliser toutes les observations nécessaires. C'est pourquoi GOOS se doit de faire développer un programme technologique d'accompagnement permettant notamment la mise en oeuvre des capteurs et de leurs vecteurs depuis des navires de commerce, comme c'est déjà le cas pour des besoins météo-océaniques. L'apport des satellites est également indispensable, en raison de leur couverture systématique de l'océan mondial, comme l'ont montré par exemple les satellites ERS et TOPEX/POSEIDON.

GOOS n'est pas conçu comme une organisation fonctionnelle par elle-même. Le programme ne sera mis en oeuvre que grâce aux contributions d'agences et d'organisations nationales et régionales, et avec l'assistance des organisations internationales de gestion et de distribution des données. L'utilisation des systèmes déjà existants se poursuivra, avec les modifications et extensions proposées par le plan coordonné en cours de fabrication par GOOS.

Tous ces éléments de GOOS et leur évolution dans le temps ne seront évidemment réalisables qu'avec le soutien de la communauté scientifique. Celle-ci, en retour, disposera des séries à long terme nécessaires à ses propres besoins.

Que peut apporter GOOS aux petites îles ?

GOOS est construit sous forme de modules qui peuvent tous apporter une aide à la gestion des activités humaines liées à la mer. Pour les petites îles, un certain nombre de modules se placent clairement dans un cadre international de collecte de données : il s'agit du module "Climat" et du module "Service de météorologie marine".

D'autres nécessitent des mesures locales dont la qualité et l'échantillonnage seront définis au niveau international et qui pourront être échangées entre pays voisins pour avoir une vision claire de la situation sanitaire de la région. Il s'agit des modules "santé des océans", "zones côtières" et "ressources marines vivantes".

Tous ces modules fourniront des produits de prévision obtenus par l'introduction des données collectées dans des modèles élaborés qui pourront être mis en place à l'échelle régionale.

Quels produits peut apporter le module "climat" ?

Les modèles climatiques, destinés à effectuer des prévisions à l'échelle saisonnière, commencent à apparaître. Ils seront capables de fournir des tendances, notamment en matière de précipitations dont l'intérêt pour les cultures est fondamental. Par ailleurs, ils peuvent également apporter des renseignements sur l'évolution de la température de surface de la mer, intéressant la pêche et

surtout les probabilités d'occurrence des cyclones tropicaux. Enfin, des modèles de prévision de l'intensité de la mousson commencent à être envisageables.

Quels produits peut apporter le module “services de météorologie océanique” ?

Ce module a des préoccupations plus immédiates de prévision de l'état de la mer. C'est ainsi que le Centre Européen de Prévisions à Moyen Terme fournit au niveau mondial des prévisions de houle (force et direction). De même, certains modèles sont actuellement capables de fournir des prévisions de surcote liée à l'occurrence des cyclones. Dans l'avenir, on peut envisager la mise au point de modèles de prévision des cyclones et de leur trajectoire, complétés par un suivi de leur évolution par satellite.

Quels produits peuvent apporter les modules “Santé des océans” et “Zones côtières” ?

Bien que ces deux modules soient différenciés dans les projets GOOS, les études et produits initiaux liés à la pollution seront effectués dans les zones côtières. Comme les mesures à effectuer sont généralement d'un intérêt limité à l'Etat qui les effectue, le rôle de GOOS est de définir une méthodologie de mesure et des priorités sur les produits chimiques à détecter, en fonction de la situation géographique des zones considérées.

On peut également ajouter à ce module les suivis de l'évolution des récifs coralliens et des mangroves. Même si des modèles d'évolution des récifs coralliens sont encore hors de portée, une comparaison de ces suivis dans des zones similaires peut apporter des éléments de réponse. Enfin, des modèles d'impact de grands aménagements côtiers commencent à être disponibles. Ils nécessitent une bonne connaissance de la courantologie côtière.

Quels produits peut apporter le module “Ressources vivantes” ?

La prévision à long terme de l'évolution des stocks n'est pas encore possible et la méthodologie de collecte des données pour ce faire n'est pas disponible. Dans ces conditions, les seuls produits actuellement disponibles sont ceux qui peuvent aider la pêche ou contrôler les captures. Ces produits sont dépendants des observations satellitaires, comme la mesure de la température de surface de la mer, ou l'utilisation des balises ARGOS.

Comment GOOS peut-il se développer dans les PVD ?

L'objectif général de GOOS est de développer un service océanographique national dans chaque nation maritime. Pour ce faire, un programme de formation de cadres et de techniciens doit être mis en place par les pays développés à l'intention de tous, y compris d'eux-mêmes. Par ailleurs, les méthodologies proposées par le GOOS doivent pouvoir être mises en place sur les lieux de mesure par du personnel local. Ceci implique évidemment des transferts de technologie. Cependant, les réunions du programme GOOS ont insisté pour que les programmes de renforcement des capacités soient organisés au niveau régional, adaptés aux besoins socio-économiques locaux et incluent dès leur origine la présence des utilisateurs potentiels, des scientifiques régionaux intéressés et des agences susceptibles de participer au financement des actions.

Quel calendrier pour GOOS ?

GOOS se construira sur une approche graduelle. Après la phase conceptuelle qui est en cours actuellement, GOOS proposera aux nations des développements de services ou programmes déjà opérationnels actuellement, au niveau mondial ou régional (européen par exemple). Ce sera

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 10

notamment le cas dans le domaine de la prévision du climat mondial, car les programmes scientifiques tels que TOGA ou WOCE ont permis des avancées spectaculaires. Ce n'est que vers les années 2005 que des sous-systèmes de GOOS pourront être envisagés, avant un fonctionnement complet prévu vers 2010.

Cela ne signifie pas qu'à cette date tout sera figé définitivement, car l'intégration des résultats scientifiques pour l'amélioration des réseaux de données et des produits opérationnels constituera la base de fonctionnement de GOOS.

GOOS est donc un programme ambitieux qui nécessite des efforts et des investissements de longue durée. La communauté scientifique doit y jouer un rôle moteur afin de les rationaliser et surtout pour fournir à l'humanité les moyens de maîtriser son avenir.

PRESENTATION No. 3

(Point 5.1)

Mesure et utilisation de la température de surface et de la couleur de la mer depuis l'espace. Application aux zones côtières

par H. DEMARCQ, océanographe de L'ORSTOM

PLAN

1. Intérêt de la mesure de la température de surface de la mer (TSM)
2. Principe physique de la mesure
3. Quelques méthodes de restitution de la TSM
 - 3.1 utilisation des satellites défilants
 - 3.2 utilisation des satellites géostationnaires
4. Cas de l'utilisation des données infrarouge des satellites de la série METEOSAT
 - 4.1 caractéristiques et traitements généraux
 - 4.2 Traitements spécifiques des données pour la restitution de la TSM
 - 4.2.1 Pré-traitements
 - 4.2.2 Discriminations mer/nuage par référence à une situation moyenne de TSM
 - 4.2.3 Correction atmosphérique
 - 4.2.4 Construction d'une climatologie satellitale
5. Exemple d'utilisation des techniques de radiométrie infrarouge aérienne en halieutique
- 6 Conclusion et perspectives

1. Intérêt de la mesure de la température de surface de la mer (TSM)

L'utilisation de l'outil satellitaire en océanographie en tant que moyen d'étude et de surveillance de l'environnement permet, grâce à son aspect synoptique et à sa répétitivité, la restitution des champs thermiques superficiels et ainsi une bonne description des phénomènes physiques ayant une signature superficielle (courants, décharges fluviales, upwellings côtiers, dômes thermiques, glaces de mer, etc...).

La température de surface de la mer est le paramètre le plus couramment mesuré par les

satellites météorologiques à défilement et géostationnaires. La précision des radiomètres embarqués est de l'ordre de $\pm 0,5$ °C. Cette précision est théorique car le rayonnement d'un corps dans l'infrarouge est perturbé par l'atténuation du signal en raison du contenu en vapeur d'eau lors de sa traversée de l'atmosphère. Pour s'affranchir de cette principale contrainte posée par l'extraction de la TSM à partir de données satellitales, deux démarches ont été tentées, l'une utilisant le domaine des micro-ondes grâce aux radars passifs (bande spectrale située entre 1,5 et 300 mm), l'autre celui de l'infrarouge thermique (bande de 10 à 12 micromètres). Ces radiomètres sont embarqués sur les satellites météorologiques à défilement et géostationnaires.

La télédétection passive infrarouge, une des premières utilisées en océanographie avec les premiers satellites d'observation, reste une des techniques les plus performantes actuellement dans les études systématiques de suivi de l'environnement à grande et moyenne échelle, à but opérationnel ou même temps réel. C'est principalement cette technique que nous développerons ici.

A l'heure actuelle, la fourniture au niveau mondial de cartes de la température de surface de la mer a atteint un stade opérationnel. Les thermographies de surfaces en temps réel ou compilées sur 5, 7 ou 30 jours, participent à de nombreuses études : réactualisation des climatologies, caractérisation de la variabilité spatio-temporelle des masses d'eau, étude de la distribution spatio-temporelle des gradients, processus physico-biologiques de l'océan, analyse du développement des chaînes alimentaires en relation avec les activités et gestion des pêcheries (pêches thonières tropicales).

En France par exemple, le Centre de Météorologie Spatiale fournit en routine des cartes de température de surface de la Méditerranée. L'ORSTOM fournit tous les 5 jours des cartes de température de surface de l'Atlantique tropical oriental pour les océanographes en charge d'un programme sur l'hydro-climat de la province maritime sénégal-mauritanienne et les pêcheurs de thons de la côte africaine. Aux USA, la NOAA fournit des cartes de température de surface au niveau de l'océan mondial.

2. Principe physique de la mesure

La Température de Surface de la Mer (ou TSM) est un terme générique qui représente en fait une certaine hauteur de mercure dans un thermomètre plongé dans un seau qui à l'aide d'un bout a recueilli un peu d'eau de mer le long de la coque du navire. Ce prélèvement concerne les quinze premiers centimètres. Les navires ont à présent un capteur de température installé sur la prise d'eau de refroidissement des machines. Cette prise d'eau se situe à faible profondeur (< 5 m) sur les bateaux de pêche ou à des profondeurs plus importantes (> 10 m) sur les pétroliers géants. Dans une zone où la thermocline est profonde, une température relevée à une dizaine de mètres de profondeur est peu différente de celle de surface, en revanche il n'en est pas de même dans des zones où la thermocline se situe dans les dix premiers mètres. Par ailleurs, la température de surface de la mer mesurée à distance à partir d'un avion ou d'un satellite avec un radiomètre infrarouge ne concerne que les premiers microns de la surface de la mer. Cette technique, datant des années cinquante, est depuis une vingtaine d'années parfaitement opérationnelle (SAUNDERS, 1970).

La fenêtre spectrale la mieux adaptée à la mesure de la TSM est celle s'étendant de 10 à 12 micromètres car dans cette bande, la part de rayonnement infrarouge incident (provenant du soleil) peut être considérée comme négligeable devant celle provenant de la terre, qui possède par contre une émissivité propre importante dans cette fenêtre spectrale. De plus, les récepteurs

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 12

possèdent une bonne détectivité dans cette fenêtre (DESCHAMPS et al., 1973). La surface de la mer est considérée comme un corps noir Lambertien (sa luminance ne dépend pas des angles d'observation ou d'éclairement et elle est indépendante de la nature du corps, seule la température intervient) dans l'infrarouge thermique, l'équation générale de passage de la luminance reçue par le capteur à la TSM repose sur la loi de Planck:

$$L_v = 2 h_v^3 / c^2 (e^{h_v/KT} - 1)$$

c = vitesse de la lumière = 3, 108 m.h-1

h_v = énergie des photons

K = 1,38 10⁻²³ koules koules ° K-1 (constante de Boltzman)

T = température en ° Kelvin (273 + t° Celcius).

La luminance s'exprime en Watt m⁻² steradian⁻¹ m⁻¹

L'émittance spectrale du corps noir est donnée par la formule:

$$M_\lambda = \pi L_\lambda = D_1 \lambda^5 / e^{c_2/\lambda T} - 1$$

$$D_1 = \pi c_1 = 3,740 \times 10^8 \text{ w m}^{-2} \text{ m}^{-4}$$

$$c_2 = 1,439 \times 10^4 \mu^\circ \text{ K}$$

La longueur d'onde correspondant au maximum d'émission (λ_M) est une fonction de la température. Elle est donnée par la formule $\lambda_M = 2897 / T \mu\text{m}$

Ainsi, le soleil est assimilé à un corps noir à la température de 6000 °K et la terre à un corps noir à la température de 300° K.

Dans le visible et le proche infrarouge, le soleil constitue donc la source principale de rayonnement électromagnétique, et les récepteurs de télédétection enregistrent l'énergie solaire réfléchi par les objets de la surface terrestre.

Par contre, dans l'infrarouge thermique, la terre constitue la source de rayonnement électromagnétique. Dans l'infrarouge moyen, le soleil est, de jour, la source de rayonnement, tandis que la terre l'est de nuit.

La figure 1 donne une comparaison des flux respectivement réfléchis et émis par la terre.

Le rayonnement électromagnétique, soit émis, soit réfléchi est maintenant plus ou moins absorbé par l'atmosphère, en fonction de ses divers constituants. On remarque que pour la partie émise (voir figure 1) la transmittance est relativement élevée aux environs de 10 micromètres, constituant ce que l'on appelle une fenêtre de transparence atmosphérique qui peut donc être utilisable pour la mesure par télédétection. La figure 2 représente les courbes de sensibilité des capteurs AVHRR infrarouge thermique (canaux 4 et 5) embarqués sur les satellites américains de la série NOAA ainsi que celle de l'unique capteur infrarouge thermique utilisé sur les satellites géostationnaires européens de la série METEOSAT.

Les capteurs opérant dans l'infrarouge thermique possèdent en général leur propre système interne de calibration (par visée d'un corps noir interne de référence maintenu à une température constante, dans le cas de l'AVHRR), soit par visée de l'espace, corps noir dont la température absolue est proche de 0° K (cas du satellite METEOSAT). Ces différents

paramètres sont généralement transmis par le satellite aux utilisateurs avec les coefficients de calibration des radiomètres, qui ne dépendent que de leur caractéristiques électroniques connues avant le lancement du satellite.

La figure 4 synthétise le trajet du signal depuis la mer jusqu'au capteur ainsi que les principales étapes de son traitement qui sont effectuées en retour une fois le signal numérisé recueilli. Celui-ci peut être stocké temporairement à bord du satellite mais en quantité limitée (possibilité offerte par les satellites NOAA), soit, c'est le cas général, envoyé directement et recueilli par une station de réception pouvant viser le satellite. Dans le cas des satellites géostationnaires, la réception ne nécessite pas le suivi du satellite, contrairement aux satellites défilants (cas de NOAA) qui nécessitent une motorisation permettant à l'antenne de rester pointée en permanence sur le satellite pendant la réception. Les systèmes d'acquisition sont de moins en moins chers et peuvent maintenant être aisément pilotés par un simple micro-ordinateur qui peut également assurer le traitement des données, même en temps réel.

3. Quelques méthodes de restitution de la TSM

La plupart des applications actuelles sont développées à partir des données acquises dans l'infrarouge thermique, les capteurs utilisant la bande spectrale 10,5 à 12,5 microns pour laquelle l'émissivité du soleil est négligeable devant celle de la terre. En outre, cette bande est la principale fenêtre de relative transparence atmosphérique dans l'infrarouge thermique. En raison de sa très grande absorption par l'eau, le signal émis par la mer dans l'infrarouge ne concerne que la couche d'extrême surface.

Les principales différences dans le traitement des données viennent de l'utilisation d'une ou plusieurs fenêtres spectrales ainsi que de l'utilisation éventuelle de sondeurs verticaux ou de données exogènes. Enfin, l'orbitographie du satellite (défilant ou géostationnaire), conditionne la résolution spatiale et la répétitivité des observations.

3.1 Utilisation des satellites défilants

Les satellites météorologiques défilants de la série NOAA, équipés du capteur multispectral AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer), sont de loin les plus utilisés en océanographie. Leur orbite est héliosynchrone, ce qui permet une répétitivité maximale d'une même zone de 6 heures avec deux satellites volant en paire alternée. La résolution spatiale du capteur AVHRR est de 1,1 km tandis que la résolution radiométrique des deux canaux opérant dans l'infrarouge thermique est de 0,12 degrés. La présence simultanée de ces deux canaux permet la correction atmosphérique par un algorithme de "split-window" (fenêtre glissante) (Phulpin & Deschamps, 1980 ; McClain et al., 1983). Ces méthodes, utilisées depuis longtemps en opérationnel par la NOAA, permettent d'atteindre actuellement une précision inférieure à 0,5 ° C, approchant parfois 0,2 degrés. Ho et al (1986) ont également proposé une évaluation directe de la TSM par combinaison des canaux AVHRR et du canal infrarouge de Météosat II, ce qui améliore légèrement la précision. Cependant, dans les régions intertropicales, le couvert nuageux peut être une limite à l'application de cette méthode d'autant que le recouvrement des orbites et leur fréquence de passage sont moindres.

Moyennant certaines hypothèses sur l'absorption atmosphérique, la connaissance des températures de brillance des canaux AVHRR 4 et 5 (notée T4 et T5) permettent de calculer cette

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 14

dernière et de déduire la température de surface corrigée. Elle peut s'exprimer sous la forme :

$$SST = aT_4 + bT_5 + c$$

La littérature est riche d'algorithmes développés par différents auteurs (Deschamps et Phulpin, 1980 ; Mc Clain, 1983; Deschamps et Phulpin, 1980). D'autres algorithmes du même type prennent en plus en compte l'angle zenithal d'observation du satellite (NOAA (1991), Antoine et al (1992), Barton (1989)).

Les améliorations les plus sensibles sont celles apportées par de nouveaux capteurs comme l'ATSR, embarqué sur ERS-1 et décrit par Ballard et al. (1982). Ce capteur permet le calcul précis de l'absorption atmosphérique, chaque point de mesure étant visé successivement sous deux angles différents, sous la trace du satellite.

Des extensions de la technique de split-window utilisée (Harris et Mason, 1992), permettent d'approcher une précision d'environ 0,1 ° C.

Parmi les premiers produits opérationnels, citons le produit américain GOSSTCOMP (Brower et al., 1976) remplacé avantageusement par le produit MCSST du CAC/NWS (Climatological Analysis Center). Ce produit intègre données AVHRR et données in-situ du réseau international de navires marchands (McClain et al., 1983), à l'échelle planétaire et à différentes résolutions spatiales et temporelles (une à deux semaines). En France, le Centre de Météorologie Spatiale (Castagne et al., 1986, Le Borgne et al, 1988) réalise également une cartographie automatique à partir de l'AVHRR, sur l'océan atlantique nord-est et la mer Méditerranée, par semaine et à une résolution spatiale de 25 km.

3.2 Utilisation des satellites géostationnaires

Parmi les premiers, le produit opérationnel MIEC (Meteorological Information Extraction Center) est calculé en temps réel par l'ESOC (European Space Operation Center) à partir des données de Météosat, de données issues du modèle de circulation atmosphérique du CEPMMT (Centre Européen de Prévision à Moyen Terme) et de données de TSM des navires marchands. Cependant, sa trop faible résolution spatiale (2.5° lat/lon) ne permet pas son utilisation en océanographie à l'échelle régionale.

Différentes expériences de traitement atmosphérique des données de satellites géostationnaires ont été réalisées à l'aide de l'utilisation du TOVS (Tiros Operational Vertical Sounder) de TIROS-N (Smith, 1980 ; Zandlo et al., 1982, Bériot et al., 1982), ou à l'aide du canal visible de GOES (Maul, 1981), ou encore à partir des données de deux satellites géostationnaires (Smith, 1980).

Gohin (1987) a utilisé conjointement les données issues de Météosat, d'AVHRR et des navires marchands, synthétisées par krigeage.

La plupart de ces méthodes nécessitent cependant un flot important de données et sont lourdes en calcul, ce qui explique qu'elles n'ont pas été utilisées à des fins opérationnelles. L'aide japonaise aux flottilles de pêche par la diffusion de cartes décennales de température élaborées à partir du satellite géostationnaire japonais GMS (Abe et al, 1979) est une des rares actions concrètes basées sur une exploitation opérationnelle d'un produit issu d'un satellite géostationnaire.

Plus simplement, Maul et Bravo (1983) ont expérimentalement utilisé une régression linéaire simple entre des données infrarouge des satellites GOES et des données de TSM relevées

par les navires marchands. Cette méthode statistique simple, utilisée par l'auteur sur une zone géographiquement réduite, possède l'avantage de résoudre calibration et corrections diverses (dont l'absorption atmosphérique) en une seule opération. Elle montre de plus l'intérêt potentiel de l'utilisation combinée de données exogènes, à condition de résoudre les problèmes de qualité de ces dernières et de rendre compte de la variabilité spatiale de la correction atmosphérique à appliquer. La principale restriction rencontrée par Maul et Bravo réside dans la qualité de la discrimination mer/nuages.

Dans l'ensemble, peu de méthodes de restitution de la TSM utilisent les données in-situ de TSM, pourtant abondantes, alors que les produits opérationnels actuels intègrent systématiquement des données exogènes en complément des données satellitales.

L'utilisation des données des satellites géostationnaires (METEOSAT, GOES et GMS), n'est pas à priori restrictive d'un point de vue opérationnel si l'on considère que la plus faible résolution spatiale et radiométrique (5 km et 0.5° C pour le canal infrarouge de Météosat) est suffisante pour décrire les structures océaniques les plus couramment rencontrées dans la zone d'étude. La haute répétitivité des observations, de 30 minutes, est alors un atout. Elle permet de minimiser les inconvénients liés à la nébulosité atmosphérique, principale limitation générale à l'utilisation du domaine infrarouge thermique.

La géostationnarité assure de plus un traitement géométrique simple et rapide des données, sans recourir à des calculs d'orbitographie. Le coût relativement faible d'une station de réception sur le site de traitement, lié à une grande souplesse d'utilisation, nous a conduit au choix de cette solution, la répétitivité d'observation étant particulièrement intéressante en zone d'upwelling côtier.

Dans le cas de Météosat, la principale difficulté de traitement provient de l'unicité du canal infrarouge, ce qui ne permet pas l'estimation directe de l'absorption atmosphérique. La restitution de la température de surface de la mer obligera alors à recourir à une méthode indirecte spécifique de correction atmosphérique faisant appel à l'utilisation de données exogènes, satellitales, in-situ ou issues de modèles.

En l'absence de possibilité d'estimation directe de l'absorption atmosphérique dans le cas de Météosat, nous utiliserons une méthode de correction basée sur des ajustement polynomiaux entre données satellitales et in-situ. Les données de surface du réseau mondial de navires marchands fournissent dans ce cas une source largement suffisante de données permettant la correction indirecte des données infrarouge de Météosat.

A la différence de Maul et Bravo qui n'utilisent qu'une seule image quotidienne de GOES, une synthèse de 48 images par jour est utilisée, ce qui accroît considérablement le nombre de pixels clairs et donc les possibilités de discrimination mer/nuage ainsi que de correction atmosphérique.

4. Cas de l'utilisation des données infrarouge des satellites de la série METEOSAT

4.1 Caractéristiques et traitements généraux

Les données de Météosat sont disséminées toutes les 30 minutes dans trois canaux: visible (0,4-1,1 m), infrarouge dit "vapeur d'eau" (5,7-7,1 m) et infrarouge thermique (IR) de 10,5 à 12,5 m. La résolution sous satellite est de 2,5 km pour le visible et de 5 km pour les autres canaux. Seules les données du canal IR sont utilisées dans le cadre de cette méthode.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 16

Les caractéristiques et les traitements de base propres au signal infrarouge thermique sont décrits par de nombreux auteurs (voir par exemple Wald, 1985).

La calibration des comptes numériques bruts en énergie émise est des plus simples dans le cas de Météosat, les informations de base nécessaires à la calibration étant retransmises directement via le satellite par la station de contrôle de l'ESOC à Darmstadt, notamment la valeur du corps noir interne de référence et la valeur de la visée de l'espace. Une information sur la valeur de la visée de l'espace par le capteur (space count), ainsi que celle du corps noir interne de référence chauffé à 290° K (Normalized Black Body) permet la correction préalable des CN bruts. La transformation des luminances en radiantes dépend des caractéristiques du capteur, mesurées avant le lancement (Morgan, 1979). Elle est effectuée en utilisant les tables fournies pour chacun des deux capteurs pouvant être indifféremment utilisés. La transformation en température (ou température radiative) se fait enfin par inversion de la fonction de Planck, la surface visée pouvant généralement être assimilée à un corps noir. Ces étapes sont schématisées sur la figure 3. La résolution radiométrique résultante est de 0,5 degrés Celcius.

4.2 Traitements spécifiques des données pour la restitution de la TSM

4.2.1 Pré-traitement

Le pré-traitement de l'information, bien que simple, tient une place très importante dans cette méthode, contrairement à celles utilisant les données des satellites défilants. Il tire parti au maximum de l'abondance de l'information de base, acquise à un rythme de 30 minutes dans le cas de Météosat.

Les comptes numériques de l'image IR du disque METEOSAT entier sont calibrés immédiatement après l'acquisition, à l'aide des diverses mesures effectuées simultanément par le capteur et reçues avec les données images.

Les images utilisées pour la restitution de la TSM sont extraites du "disque terrestre" vu par METEOSAT et sont simultanément redressées géométriquement suivant une projection équidistante directe. Cette projection accélère par la suite l'intégration de données exogènes, généralement repérées en latitude et longitude. Le redressement géométrique est des plus simple dans le cas de METEOSAT, l'ESOC effectuant une superposition systématique des images avant leur rediffusion, ce qui les rend directement superposables.

L'étape principale du pré-traitement est issue d'une connaissance préalable simple de la nature des structures thermiques océaniques et atmosphériques. En effet, dans la très grande majorité des cas (sauf pour certains aérosols de poussière), le rayonnement infrarouge mesuré effectivement par le capteur est systématiquement inférieur à celui émis par la mer. En effet, la vapeur d'eau atmosphérique absorbe une partie du rayonnement marin tout en renvoyant un rayonnement proportionnel à sa température propre, qui est généralement plus basse que celle de l'océan (voir figure 3). Le rayonnement résultant correspond donc à une température radiative mesurée d'autant plus faible que l'absorption atmosphérique est forte.

Cette propriété permet d'effectuer une première synthèse systématique de l'information sur une période de temps suffisamment courte, en accord avec la forte variabilité océanique mesurée en zone d'upwelling côtier. En effet, sur une courte période de temps, de l'ordre de 24 heures, la TSM peut être considérée comme constante.

Après calibration en température radiative de toutes les images infrarouges semi-horaires,

une image quotidienne de synthèse est créée par maximum thermique point à point entre les 48 images élémentaires. Notons que pour une restitution de la TSM à grande échelle (atlantique tropical par degré de lat/lon), la période de synthèse peut être portée à quelques jours, au risque de maximiser la TSM dans les zones de forte variation temporelle.

Pour 27 jours successifs, du 5 au 31 mai 1991, le rapport entre l'enneuagement instantané à 12h et celui mesuré sur la synthèse journalière a été calculé (figure 4). Le rapport moyen est de 3.2 sur cette période, ce qui correspond à une très forte diminution de la nébulosité apparente, grâce à la synthèse effectuée. Les images de nuit se révèlent à l'usage très peu utilisables en raison de la présence fréquente de brumes de mer. Des exemples type du taux d'enneuagement au cours de la journée sont montrés en figure 5.

L'efficacité de la méthode est étroitement liée à la dynamique nuageuse et dépend donc des variations climatiques saisonnières. Elle est maximale en saison d'upwelling côtier pendant laquelle la dynamique nuageuse est forte et minimale en saison de mousson durant laquelle l'enneuagement est fort et régulier.

Un tel produit de synthèse a pu être utilisé sans correction atmosphérique dans un but opérationnel de reconnaissance des structures thermiques de surface à l'échelle de l'Atlantique intertropical pour l'aide à la pêche thonière (Citeau et al, 1984).

La répétitivité d'observation d'un satellite géostationnaire se révèle être un atout par rapport à un satellite théorique défilant et héliosynchrone, de même résolution. L'image de nuit de ce dernier ne serait guère utilisable en raison de la présence fréquente de brumes marines, qui rendent également moins utiles les images de nuit de Météosat.

4.2.2 Discriminations mer/nuage par référence à une situation moyenne de TSM

Les étapes précédentes peuvent être considérées comme une sélection temporelle permettant de minimiser fortement la composante "atmosphérique" du signal par rapport à celle d'origine "marine" qui nous intéresse. La discrimination entre mer et nuages résiduels reste cependant à effectuer. Elle constitue un point souvent considéré par les auteurs comme un des plus délicat dans la restitution des champs thermiques de surface

Les discriminations utilisées sont basées sur des critères de vraisemblance de l'information plutôt que sur une comparaison entre les canaux visible et infrarouge, cette dernière méthode étant surtout applicable à des données image à haute résolution spatiale (Phulpin et al 1983). Ce dernier choix serait d'autre part très contraignant en exigeant le doublement de l'imagerie utilisée ainsi que des contraintes de traitement nettement plus lourdes pour une utilisation opérationnelle. De plus, l'acquisition systématique du canal visible de METEOSAT n'est pas possible à la fréquence du slot (30 minutes) pour des raisons de temps de transfert de l'information aux stations de réception par la station principale de l'ESOC.

De plus, certains nuages bas fortement absorbants dans l'infrarouge sont transparents dans le domaine visible et de ce fait ne peuvent être identifiés par cette méthode.

La discrimination mer/nuage utilisée fait appel à un critère de vraisemblance de l'information par comparaison à une situation climatologique.

Cette discrimination ne fait pas appel à une comparaison avec une situation instantanée "vraisemblable". Cette dernière peut être soit directement issue d'une climatologie de TSM, soit représentée par la moyenne sur quelques jours des champs thermiques précédemment traités. La comparaison par rapport à une climatologie assure une élimination de certaines valeurs

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 18

s'écartant trop systématiquement de la "normale saisonnière".
La figure 6 illustre l'effet de cette discrimination.

4.2.3 Correction atmosphérique

En l'absence de données sur l'atmosphère, les navires marchands adhérant au Système Mondial de Télécommunication (SMT) fournissent une densité suffisante de mesures de TSM, utilisée non pas pour une assimilation directe des mesures au même titre que la donnée satellitale, ce qui est le cas de certaines méthodes, mais pour une évaluation indirecte de l'absorption atmosphérique. En zone d'upwelling côtier, l'assimilation directe de ces mesures n'est de plus aucunement justifiée au regard de la résolution spatio-temporelle nettement supérieure de l'information satellitale. L'atlantique tropical et particulièrement la région côtière ouest-africaine est de plus privilégiée en raison de sa densité relativement grande en lignes de navigation (figure 7).

La méthode utilisée consiste à estimer statistiquement l'absorption atmosphérique totale (apparente) à partir des différences mesurées à moyenne échelle entre température radiative mesurée par le capteur (notée T_{sat}) et température de surface de la mer mesurée par les bateaux (notée TSM_{bat}).

L'absorption moyenne est calculée du nord au sud sur quatre zones, par régression polynomiale entre les deux jeux de données. La zonation utilisée est établie en fonction de la structure moyenne de l'absorption totale telle qu'elle est déterminée par la méthode. Cette zonation permet notamment une meilleure prise en compte de la plus faible absorption qui prévaut localement au dessus des zones côtières soumises aux vents alizés.

L'absorption ainsi calculée, aussi bien à l'échelle de l'atlantique tropical sur une période de 15 jours (figure 8a) qu'au large du Sénégal durant une période de 3 jours (figure 8b), montre une structure spatiale très marquée suivant un schéma principalement lié à la variation spatiale moyenne du contenu intégré en vapeur d'eau de l'atmosphère.

Soit T_a la diminution apparente totale de température par l'atmosphère (due à l'absorption du rayonnement marin et à la réémission par l'atmosphère à sa température propre), T_a peut donc être calculé statistiquement à moyenne échelle par la différence $TSM_{\text{bat}} - T_{\text{sat}}$, ce qui permet en outre l'intégration de l'effet dû à la variation de l'angle zénithal de visée. L'effet de ce dernier a été calculé par Gouriou (1983) pour une atmosphère tropicale standard vue par Météosat (figure 9). La différence d'absorption dépasse deux degrés en bord de zone et aurait due être prise en compte dans le cas d'un calcul direct de l'absorption atmosphérique.

En zone côtière, la densité des données des navires marchands est suffisante pour estimer la différence $TSM_{\text{bat}} - T_{\text{sat}}$ sur une base de temps de un à quelques jours, les différences dans la juxtaposition temporelle des deux types de données étant masquée par le bruit instrumental propre des mesures des navires, estimé à $0,8^\circ \text{C}$ (Gohin, 1987).

Avant leur utilisation, les données brutes des navires sont soumises à une vérification préliminaire consistant en une élimination des valeurs de TSM s'écartant de plus de 3°C de la climatologie de Reynolds (Reynolds, 1982), ce seuil étant supérieur aux anomalies les plus fortes rencontrées en Atlantique tropical. Les navires dont plus de 50% des données ont été ainsi éliminées sont considérés comme peu sérieux et l'ensemble de leur données est alors éliminé.

Par comparaison à des données exogènes, l'erreur standard moyenne de cette méthode a

été déterminée sur l'ensemble de la zone couverte. Elle est voisine de 0.7°C , ce qui est d'un ordre de grandeur à peine supérieur à celui obtenu en zone tropicale à partir des données du capteur AVHRR.

4.2.4 Construction d'une climatologie satellitale

L'ensemble des traitements effectués sur les données de Météosat de 1984 à 1994 a permis l'élaboration d'une climatologie satellitale préliminaire, néanmoins unique en zone d'upwelling côtier. Elle a été réalisée pour la zone côtière s'étendant de 9°N à 21°N , par quinzaines, d'octobre à juin, soit la période d'activité principale de l'upwelling dans cette région.

La zone côtière s'étendant de la Mauritanie à la Guinée est soumise au balancement saisonnier des vents alizés, générant l'upwelling côtier ouest-africain, où la variabilité saisonnière de la TSM est connue pour être une des plus fortes de la planète, de l'ordre de 12°C (Rébert, 1983). Grace aux alizés, secs, la nébulosité atmosphérique est faible durant la saison d'upwelling, ce qui facilite l'observation satellitale.

L'enrichissement du milieu pélagique côtier étant dépendant de l'intensité et de la dynamique de ces résurgences, la connaissance détaillée de sa variabilité et des structures spatiales associées est un des maillons nécessaire pour tenter l'interprétation des fortes fluctuations biologiques naturelles du milieu.

L'effet de lissage rendu par la moyenne climatologique ne justifie pas sa définition à une échelle de temps inférieure à 15 jours sans redondance de l'information. La résolution spatiale utile de la climatologie est d'environ $0,25^{\circ}$ de latitude et longitude. La figure 10 montre sa comparaison avec la climatologie de Reynolds (Reynolds, 1982), mondialement définie par degré de latitude à partir des données des navires marchands. L'utilisation de cette dernière climatologie était impossible en zone d'upwelling côtier, notamment pour le calcul d'anomalies de température.

5. Exemple d'utilisation des techniques de radiométrie infrarouge aérienne en halieutique

Les techniques de radiométrie aérienne dans le domaine de l'infrarouge ont été utilisées par l'ORSTOM à bord d'avions dans les trois océans. Ces techniques ont été mises en oeuvre au cours d'opérations qui représentent, au total, plus de 4300 heures de vol et qui avaient pour point commun l'étude de la relation entre un environnement hydrologique et des concentrations de thonidés.

Le matériel utilisé pour des relevés thermiques à partir d'un vecteur aérien est un radiomètre infrarouge qui se compose de deux parties :

- une unité optique qui permet de déterminer le niveau de rayonnement infrarouge émis par la surface de la mer et collecté par le système de visée,
- une unité électronique qui mesure la différence entre la température de la cible et la température d'un corps noir de référence placé dans l'unité optique dont la température reste stable. Une modulation optique par un miroir permet de viser alternativement le corps noir de référence et la cible. La différence de potentiel entre les deux mesures traduit la température de la cible.

L'appareillage de base est composé d'un radiomètre infrarouge (BARNES PRT-5) muni d'une tête optique dirigée vers la surface de la mer à travers une ouverture pratiquée dans le

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 20

plancher de l'avion. Un galvanomètre incorporé à l'unité centrale du radiomètre affiche la température. Dans l'Atlantique, le radiomètre est équipé d'un capteur permettant une mesure entre 8 et 14 mm. Dans l'océan indien et dans le Pacifique, le capteur utilisé permet une mesure entre 9,5 et 11,5 mm. Dans le Pacifique et dans l'océan indien, le radiomètre est relié à un enregistreur sur papier à une voie, à un voltmètre digital et à un micro-ordinateur.

Le micro-ordinateur utilisé dans le Pacifique est relié au système OMEGA-VLF de l'avion par une carte interface, ce qui permet l'enregistrement automatique de la position par le micro-ordinateur. La configuration mise au point à cette occasion est ainsi la plus compacte (poids) et la plus performante (intégration, logiciels...). C'est ainsi que la précision de la température de surface mesurée à partir d'un vecteur aérien à l'aide d'un radiomètre infrarouge, est de l'ordre de 0,2°C. Cette précision est jugée comme acceptable pour des études halieutiques. D'autre part, la température mesurée par radiométrie s'est révélée différente de celle mesurée au seau à partir d'un navire, au cours de certains épisodes de calibration du radiomètre, dans les cas suivants :

- pendant certains grands calmes persistants plusieurs jours ou éphémères, pendant lesquels la "température radiométrique" est le plus souvent inférieure à la "température seau" en raison de l'évaporation intense au niveau de la pellicule superficielle ;
- lors des survols de masses d'eaux au niveau de la "source d'upwelling", à cause de l'instabilité de la température de surface ;
- en cas de pluies, brumes ou brouillards au-dessus de la mer.

On note toutefois un problème particulier à la zone maritime autour des Seychelles : il s'agit de celui de la variation thermique diurne de la couche superficielle. Cette variation thermique pouvant atteindre 3° C a perturbé certains vols. (NB. Pour ces paramètres, l'emploi de radiomètre à balayage à la place d'un radiomètre simple, permet la mesure du champ de surface plutôt que celle de leur valeur ponctuelle).

Mode opératoire :

Dans le cas où nous avons la maîtrise du plan de vol, ce dernier est établi après examen des données historiques variées (hydrologie générale, statistiques de pêche), des divers documents décrivant la situation thermique récente (température de surface transmise par les navires marchands, cartes satellites), des enseignements tirés des vols précédents (température de surface relevée, pêche, météorologie locale). La zone à prospecter est donc définie, mais le trajet au sein de cette zone peut toutefois être modifié au cours du vol en fonction des évolutions thermiques ou météorologiques qui se manifestent : la recherche des conditions optimales de prospection est un élément fondamental du succès et de la rentabilité des vols.

Un vol est composé d'une succession de trajets linéaires ou radiales effectués à une altitude de 500 pieds (150 mètres) ; chaque relevé est effectué le long de ces radiales. Au cours du vol, toutes les cinq minutes, ou à chaque événement rencontré (par événement, nous entendons tout banc de thons, objet flottant, ou phénomène particulier survolé, à savoir, les fronts thermiques, les changements de couleur de l'eau, les mammifères marins, les oiseaux, les épaves, thoniers en pêche,...) sont relevés :

- la nature de l'événement lui-même
- l'heure
- la nébulosité (pour la correction atmosphérique)
- la température de surface de la mer après les corrections instrumentale et atmosphérique.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 21

A chaque changement de cap, l'heure et la position (en degrés, minutes) sont relevés. Pour chaque vol, la position de la flottille en pêche est notée grâce aux contacts radio permanents entre les patrons des thoniers et l'équipage de l'avion.

Dans les océans, pacifique et indien, au cours du vol, toutes les quatre minutes, ou à chaque événement rencontré, sont enregistrés en plus des paramètres définis plus haut :

- la position
- le cap suivi
- l'état de la mer
- la couleur de l'eau
- la vitesse et la direction du vent
- la distance d'observation des bancs par rapport à l'axe de vol.

Ces données sont saisies en cours de vol, en partie automatiquement en ce qui concerne la valeur de la température de surface issue du radiomètre et la position, en partie manuellement sur le micro-ordinateur pour les autres paramètres (configuration type Pacifique).

Parallèlement aux deux types de situations que nous avons évoquées, à savoir les vols à priorité radiométrique et les vols à priorité pêche, l'exploitation des données se situe à deux niveaux temporels qui correspondent au contexte de pêche auquel on est confronté. Un contexte de pêche actif impose une exploitation des données en temps réel alors qu'un contexte d'évaluation de la potentialité de pêche d'une région permet une exploitation des données en temps différé (ce deuxième niveau d'exploitation sera développé plus bas).

Le type d'exploitation des données en temps réel, indispensable lorsque l'on est dans un contexte de pêche active se déroule de la façon suivante. Après le vol (ou le plus souvent à bord de l'avion au cours du vol), les données sont dépouillées manuellement et une cartographie du champ thermique de surface est réalisée. Cette rapidité d'exécution est de règle car elle permet:

- la modification éventuelle du plan de vol au cours de celui-ci ;
- la diffusion par radio à partir de l'avion d'un "bulletin" donnant aux patrons des thoniers des informations sur la situation thermique de la journée et de son évolution par rapport aux jours précédents. Cette action a surtout été menée dans la zone du Cap Lopez et en Nouvelle Zélande au moment où l'instabilité du front était maximale. Les thoniers pouvaient ainsi se situer au sein d'un système frontal aux mouvements incompréhensibles à l'échelle d'un navire recherchant du poisson ;
- la communication à la flottille de la position et des caractéristiques des bancs repérés par l'avion, ainsi que des prévisions à court terme (1 à 3 jours) sur l'évolution du système front-thonidés : ces tentatives ont été faites dès 1976 entre le cap Lopez et l'île de Sao Tomé ;
- l'élaboration de petits documents de synthèse pour les pêcheurs sous la forme de cartes de température de surface.

Dans certains cas, le pilotage de l'avion "dicté" par le radiomètre a été tenté avec succès par le pilote et l'océanographe embarqué, ce dernier guidant le pilote pour survoler les zones de même température où se concentrait le poisson. Ces vols ont lieu dans l'Atlantique, au large du Gabon en juillet et au large de la Côte d'Ivoire en août-septembre ainsi que dans le Pacifique aux Marquises et dans la région située entre les îles Loyauté et le Vanuatu en hiver austral.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 22

6. Conclusion et perspectives

L'approche synoptique et répétitive depuis l'espace permet d'appréhender non seulement la description mais la dynamique des phénomènes observés et de cerner les échelles spatio-temporelles où le transfert d'énergie est maximal entre les phénomènes physiques et les divers niveaux d'intégration biologique, depuis la production primaire océanique, dont l'évaluation devient plus aisée avec la nouvelle génération des capteurs de la couleur de l'océan, jusqu'au niveau de l'exploitation de la ressource par l'homme.

Les modèles climatologiques et de circulation océanique à trois dimensions ont également besoin de champs précis de température de surface de la mer (TSM) pour le calcul des flux de chaleurs et des convections à différentes échelles.

Les méthodes de correction atmosphériques s'affinent, ainsi que la précision des capteurs, ce qui permet de réduire les risques d'erreur, les modèles de calcul des températures permettant une erreur réduite sur la valeur absolue de température, parfois inférieure à 0.5°C.

Pour beaucoup de méthodes opérationnelles de restitution de la TSM, l'amélioration des algorithmes de discrimination mer/nuages ainsi que leur automatisation reste un aspect pouvant faire l'objet d'améliorations sensibles. L'utilisation des capteurs actifs, encore peu adaptés à l'étude des zones côtières en raison de leur faible résolution spatiale, pourra néanmoins apporter une contribution dans ce domaine.

La climatologie a besoin d'une connaissance très précise de la TSM pour modéliser les interactions étroites entre l'océan et l'atmosphère. Les domaines concernés sont l'étude des mécanismes des échanges gazeux et de l'évaporation, de l'amélioration de la prédiction du temps ainsi que l'analyse de la balance thermique des océans.

Dans le domaine de l'infrarouge thermique, les capteurs existants permettent de réaliser la plupart de ces études, les améliorations progressives des capteurs concernant principalement la sensibilité ainsi que les possibilités de correction atmosphérique, plus que la précision spatiale, suffisante pour la plupart des applications.

Liste des figures

Figure 1. Comparaison entre le flux réfléchi par la terre et le flux directement émis par la terre

Figure 2. Réponses radiométriques comparées de 2 capteurs dans l'infrarouge thermique

Figure 3. Schéma du trajet du rayonnement infrarouge depuis la surface de la mer et de son traitement en retour

Figure 4. Pourcentage d'ennuagement instantané à midi et pourcentage résiduel sur les synthèses infrarouge journalières correspondantes, du 5 au 31 mai 1991

Figure 5. Evolution journalière de l'ennuagement en zone d'upwelling côtier durant 5 jours pris au hasard entre le 17 mai et le 6 juin 1991.

figure 6. Effet de la discrimination mer/nuage le 22 mai 1992.

Figure 7. Exemple de densité mensuelle des données des navires marchands sur l'atlantique tropical.

Figure 8. Exemple d'absorption atmosphérique calculée sur l'Atlantique tropical sur 15 jours et sur le Sénégal sur 5 jours.

Figure 9. Effet de l'angle zénithal d'observation de Météosat sur la diminution apparente de la TSM en zone tropicale pour une TSM de 22 C (trait plein) et de 27 C (trait pointillé), d'après Gouriou, 1986.

Figure 10a à 10j. Climatologie de la TSM en zone d'upwelling saisonnier de novembre à mars, établie sur 5 ans, de 1984 à 1988 (10a à 10j) et différence par rapport à la climatologie de Reynolds.

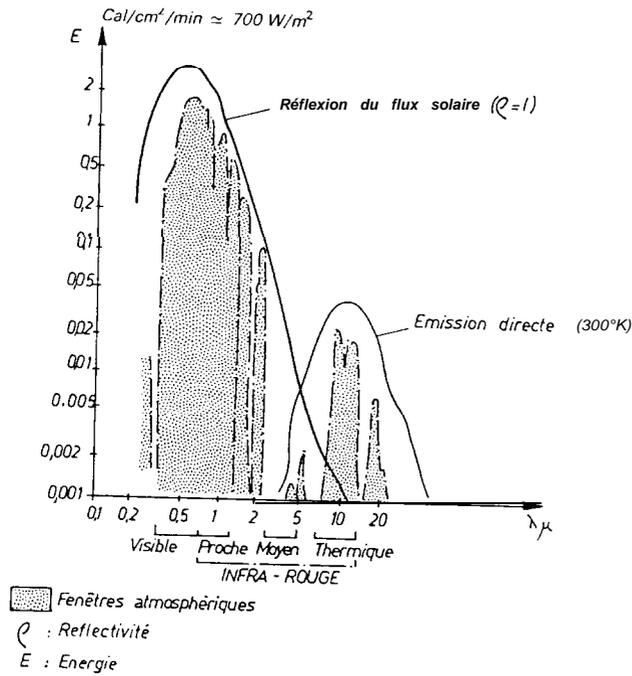


Figure 1: Comparaison entre le flux réfléchi par la terre et le flux directement émis par la terre

- Comparaison entre le flux réfléchi par la terre et le flux directement émis par la terre (d'après BECKER, 1979)

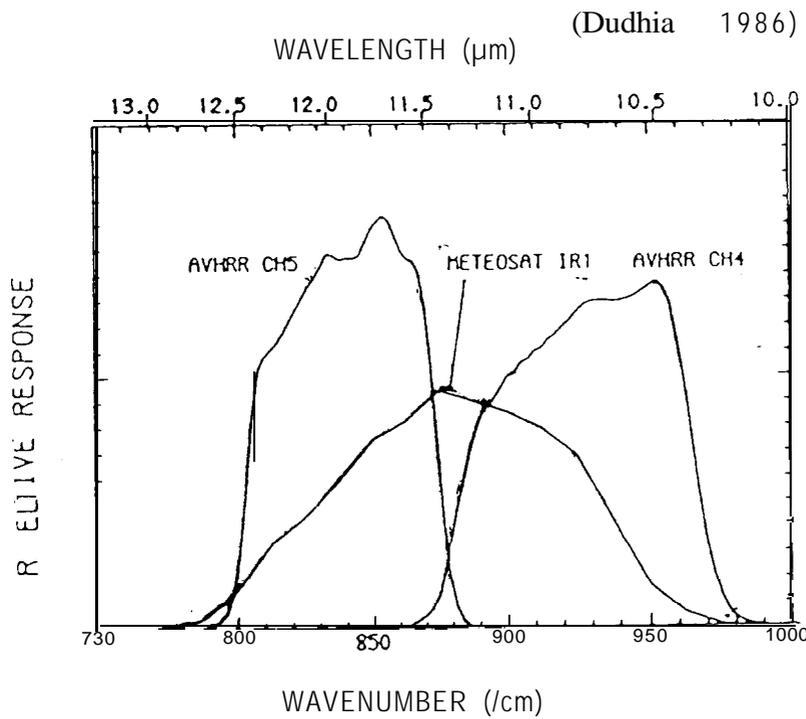


Figure 2: Réponses radiométriques comparées de 2 capteurs dans l'infrarouge thermique

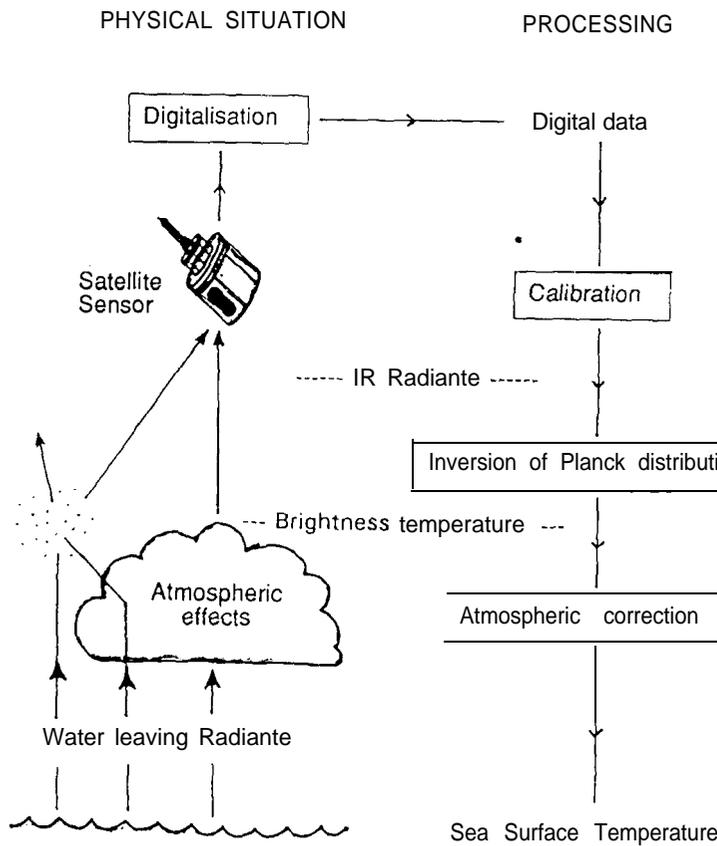


Figure 3 : Schéma du trajet du rayonnement infrarouge depuis la surface de la mer et de son traitement en retour

Réduction de l'ennuageement obtenue par l'utilisation de 48 observations par jour

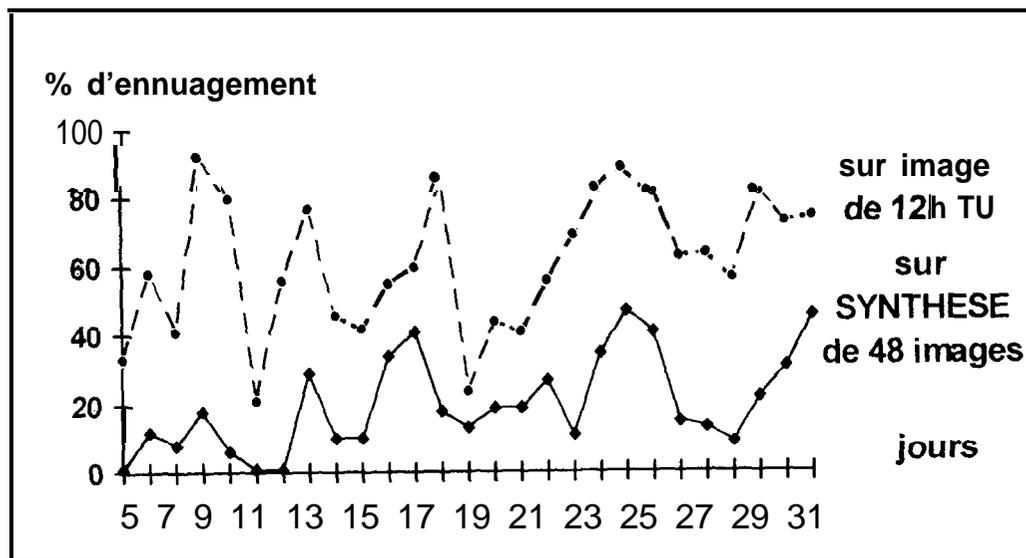


Figure 4: Pourcentage d'ennuageement instantané à midi et pourcentage résiduel sur les synthèses infrarouge journalières correspondantes, du 5 au 31 mai 1991

Evolution horaire de l'ennuagement au Sénégal vu par METEOSAT

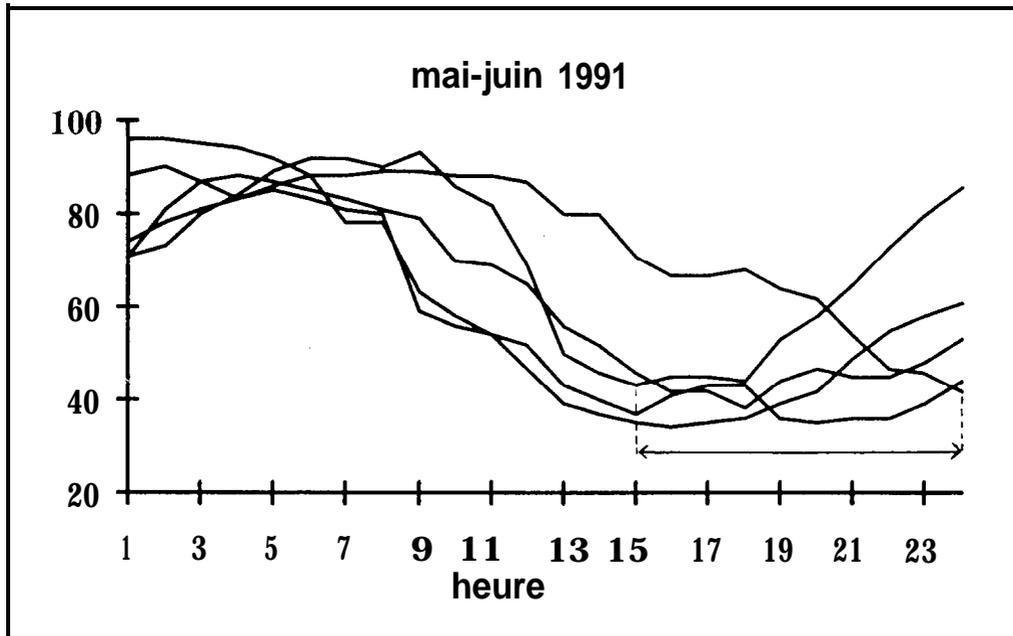


Figure 5: Evolution journalière de l'ennuagement en zone d'upwelling côtier durant 5 jours pris au hasard entre le 17 mai et le 6 juin 1991.

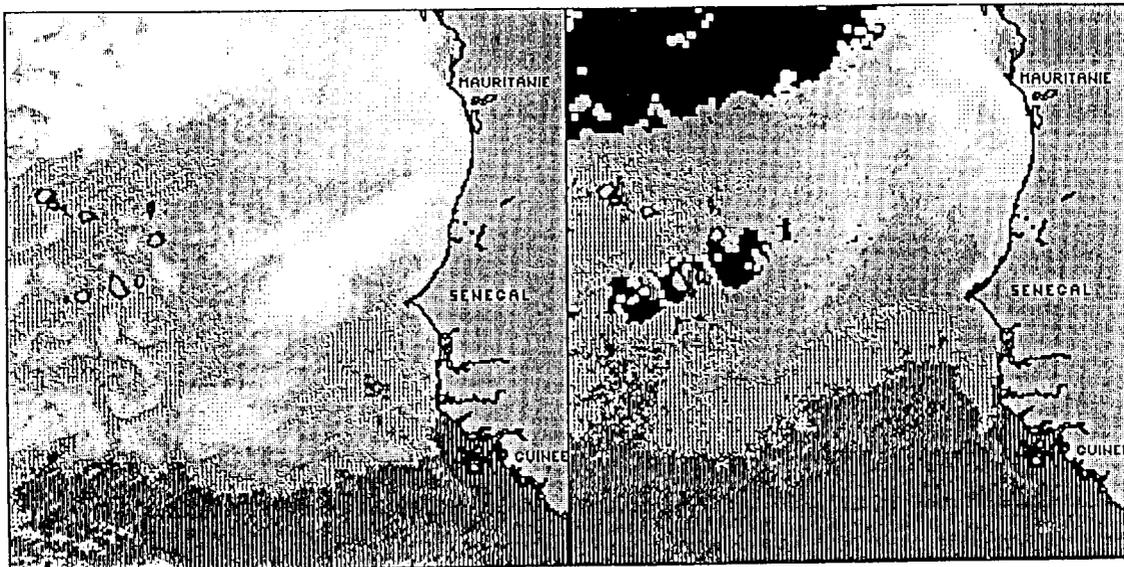


Figure 6: Effet de la discrimination mer/nuage le 22 mai 1992.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 26

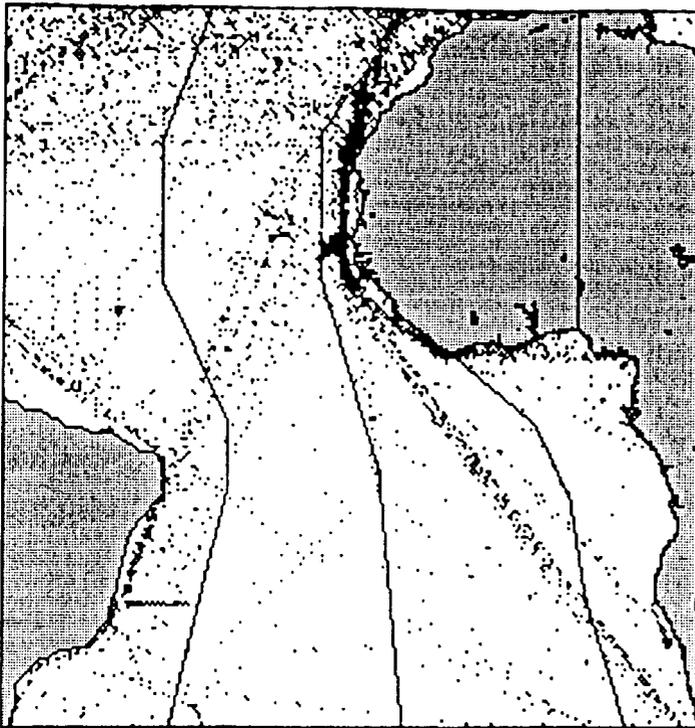


Figure 7: Exemple de densité mensuelle des données des navires marchands sur l'atlantique tropical.

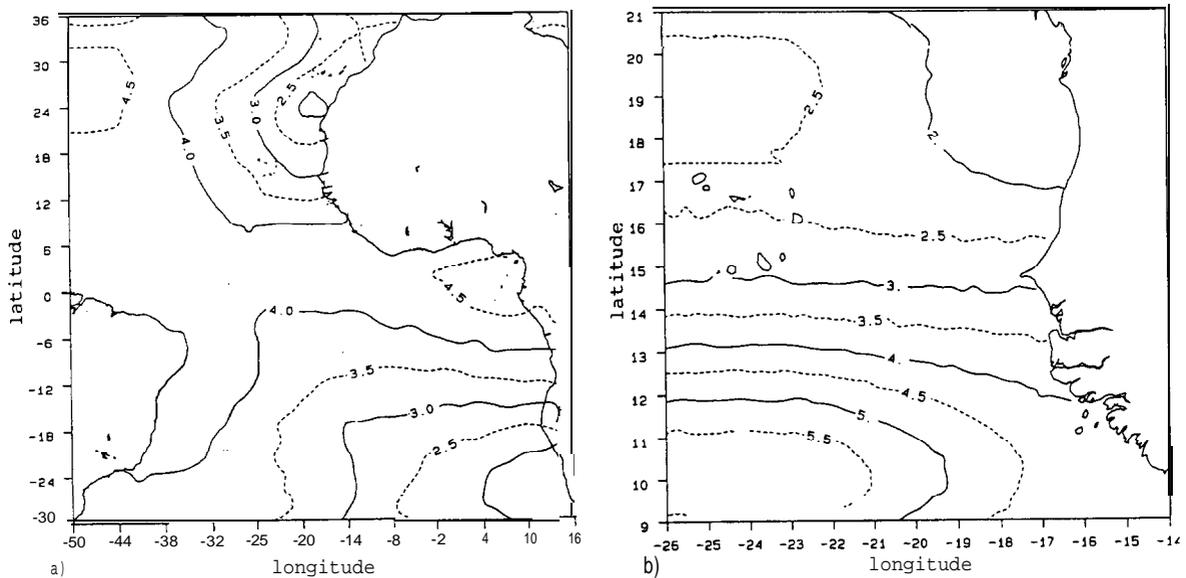


Figure 8: Exemple d'absorption atmosphérique calculée sur l'Atlantique tropical sur 1.5 jours et sur le Sénégal sur 5 jours.

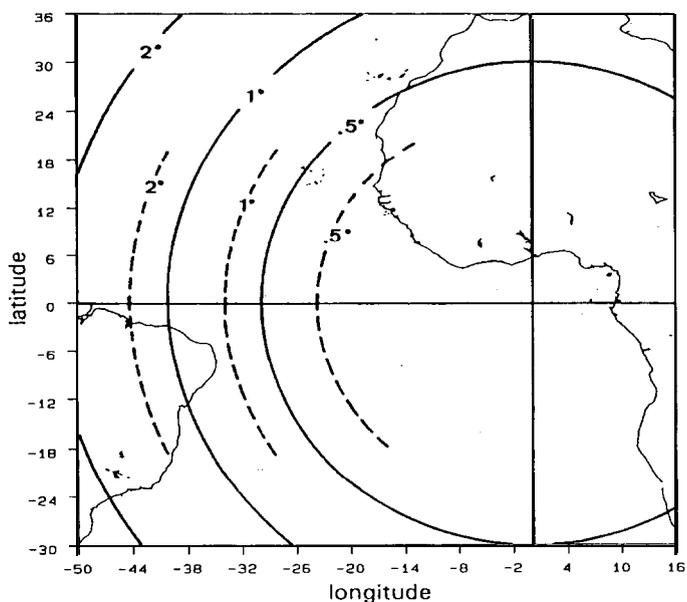


Figure 9: Effet de l'angle zénithal d'observation de Météosat sur la diminution apparente de la TSM en zone tropicale pour une TSM de 22 C (trait plein) et de 27 C (trait pointillé), d'après Gouriou, 1986.

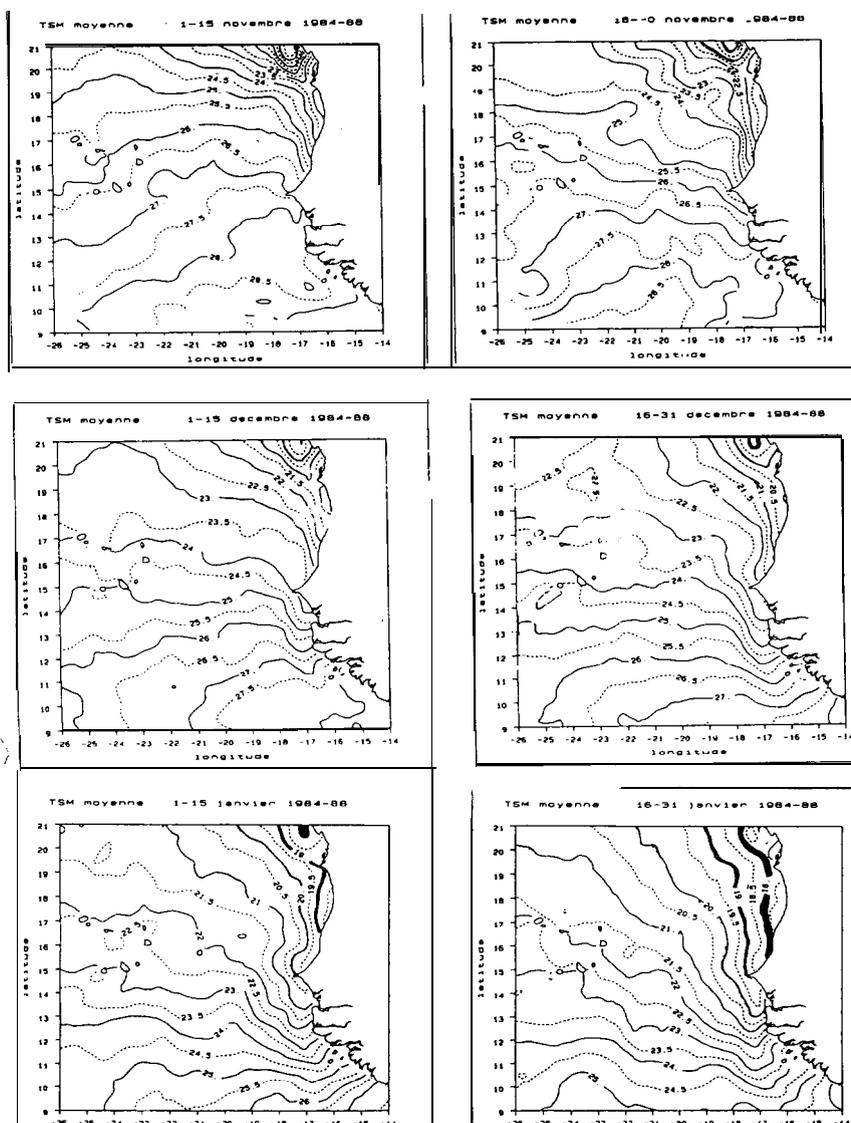


Figure 10a à 10j. Climatologie de la TSM en zone d'upwelling saisonnier de novembre à mars, établie sur 5 ans, de 1984 à 1988 (10a à 10j) et différence par rapport à la climatologie de Reynolds.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 28

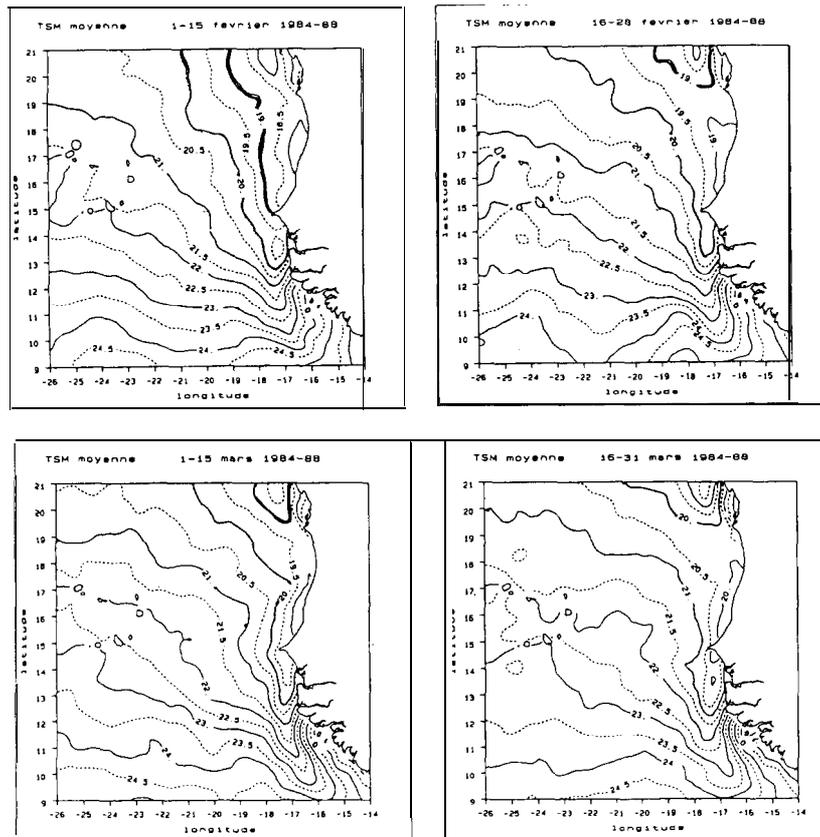


Figure 10

PRESENTATION No. 4

(Point 5.1)

Projet Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite (SEAS/ORSTOM)

par Marc DESPINOY doctorant au laboratoire de recherche de l'ORSTOM-SEAS à La Réunion

PRESENTATION DE SEAS

Date de création : juillet 1989

Station comprenant 10 personnes.

DESCRIPTION

La Station SEAS (Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite) est d'abord une station de réception des images du satellite NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Les images ainsi captées sont stockées et traitées pour différentes applications.

La principale étude concerne la variation des températures de surface de l'océan indien sur une zone allant en latitude de 5° Nord à 40° Sud et en longitude de 30° Est à 80° Est. Elle a son application directe au niveau des activités de pêches dans ce secteur. En effet la communication satellitaire permet aux pêcheurs de se connecter de leurs bateaux directement au laboratoire de façon pluri-journalière. L'intérêt pour les pêcheurs étant de localiser les fronts thermiques révélateurs de concentration de poissons (chaîne alimentaire).

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 29

Cependant l'utilisation de ces images NOAA a fait l'objet d'autres projets :

- suivi de la végétation annuelle de Madagascar (indice de végétation mesurant l'activité chlorophyllienne),
- détection des feux de brousse à Madagascar et interaction avec l'ozone contenue dans l'atmosphère.

La station SEAS est également un centre de recherche en télédétection possédant un certain nombre d'études réalisées ou en cours sur des thèmes et supports de données différents (images radar d'ERS 1, SPOT, CASI...).

PRESENTATION DES SST (Zoom sur les Comores)

ANIMATION ET INTERPRETATION

L'animation de la zone entière (en degrés celsius) et de la zone des Comores (en demi-degrés celsius) est commentée par M. H. Demarq (ORSTOM Montpellier) spécialiste de la couleur de l'eau.

En ce qui concerne les pêcheries côtières, la résolution des images (au mile près) ne permet pas a priori le suivi et la localisation des pélagiques par la température. En effet l'influence de la température terrestre est trop importante dans les 2 premiers miles marins. La possibilité serait d'établir une relation entre les milieux côtiers (plus stables) et les milieux océaniques (à l'échelle de l'image NOAA). Cependant l'utilisation de masques permettraient d'isoler les parties côtières marines pour des traitements différents.

PRESENTATION DE L'EXPERIMENTATION ICARE

La télédétection à très haute résolution aéroportée est en plein essor depuis ces 5 dernières années. Outre les atouts physiques (résolutions spatiale et spectrale), les systèmes embarqués sur avion sont d'une flexibilité thématique exemplaire. C'est pour cela que la station ORSTOM-SEAS basée à l'île de la Réunion a organisé un projet sur l'emploi d'un de ces systèmes sur l'environnement Réunionnais.

Ce projet expérimental a été réalisé en Mai 1996 et était axé sur trois thèmes principaux en fonction de la demande de sept laboratoires de recherche extérieurs ou appartenant à la faculté des sciences de l'université de la Réunion. Ces thèmes se décrivent ainsi :

- Botanique (cartographie des pestes végétales),
- Géologie (cartographie de la zone du volcan),
- Océanographie côtière (cartographie des lagons).

DESCRIPTION DU CASI

Le système CASI (Compact Airborne Spectrometer Image) fait l'acquisition et la visualisation d'images multispectrales en haute résolution avec un PC de type 386SX (ou supérieur). Cet ordinateur enregistre les données ainsi qu'une variété d'autres paramètres (radiomètre IR ou GPS différentiel), en fonction de la mission.

Le CASI est de la génération du radiomètre embarqué DAEDALUS Airborne Thematic Mapper. Ce radiomètre est équipé d'une matrice de capteurs "push-broom" qui couvre un spectre de 428 nm à 946 nm. Il peut opérer en mode imageur (ligne de 512 pixels) avec 19 canaux au maximum, au choix, ou avec 288 canaux en mode spectral (sur 39 pixels) le long de l'axe de vol. L'angle de

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 30

visée (Instantaneous Field Of View) est de 35 degrés.

A son altitude la plus basse (100 mètres), le CASI peut détecter des objets d'environ 10 cm sur une fauchée de 50 mètres.

A la vitesse minimale (40 m/s étant la vitesse d'intégration la plus lente possible), la taille du pixel dans l'axe du vol est de 1,2 m.

En général, le CASI est utilisé entre 1 000 et 5 000 mètres à 50 - 70 m/s pour obtenir des pixels de 2 à 5 mètres sur une fauchée de 1 à 2.5 km.

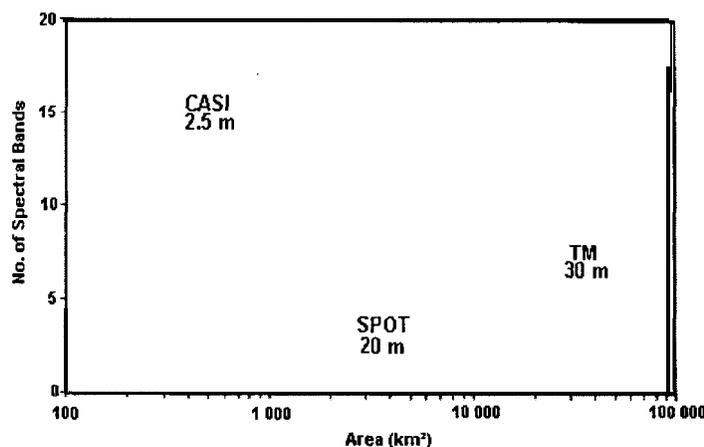


Figure 1 : Bandes spectrales, couverture au sol et résolutions (CASI, SPOT et Landsat TM)

La comparaison établie par ce tableau montre les différentes possibilités et limites des trois satellites. SPOT et LANDSAT sont en général réservés, de part leur résolution spatiale et spectrale, aux études et aux cartographies de zones terrestres (cultures, forêts...). Le système CASI se présente comme un outil à très haute définition permettant difficilement cependant des analyses sur une grande échelle.

Une application : LES LAGONS

Avec la collaboration du laboratoire d'écologie marine de la faculté de La Réunion, une cartographie des lagons à l'aide de ces images est en cours. Il s'agit dans un premier temps de localiser les coraux vivants et morts et de différencier les variétés d'algues.

Dans un deuxième temps, et après vérification sur le terrain, une quantification en superficie des différents éléments séparés sera établie.

Cette étude sur l'océanographie côtière a pour objet de dresser un "état des lieux" afin d'aider à la mise en place de priorités sur les mesures à prendre contre les pollutions éventuelles au niveau des lagons de la Réunion (eutrophisation, rejets marins, infiltrations...).

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 31

Une comparaison temporelle (annuelle) d'images sur les mêmes sites expérimentaux est prévue et permettra une analyse fine de l'évolution du couvert terrestre et côtier.

Les images CASI ont trouvé d'autres utilités dans l'étude des plages (beachrocks) et dans l'étude de l'arrière platier récifal (corail...). En effet les canaux du visible nous permettent d'atteindre aisément une profondeur de 30 mètres environ.

Enfin de part sa mobilité (75 kg en tout, embarqué sur hélicoptère ou sur avion), sa facilité de fonctionnement et ses caractéristiques (hautes résolutions spectrale et spatiale), ce système aéroporté est d'une grande importance pour l'environnement non seulement à la Réunion mais aussi dans les îles de l'Océan Indien. Il serait par exemple, d'une aide capitale pour le programme environnemental de la COI (Commission de l'Océan Indien).

Ce système CASI, choisi par l'ORSTOM, ne possède bien évidemment pas de monopole dans la télédétection haute résolution aéroportée. En effet il existe une liste non exhaustive de systèmes européens équivalents.

L'expérience acquise depuis plusieurs années par la station ORSTOM-SEAS au niveau de l'imagerie satellitaire (NOAA-AVHRR, repère) et l'imagerie aéroportée très haute résolution (CASI), pourrait être mise à disposition pour un programme de "surveillance de l'environnement assistée par satellite sur la zone de la Commission de l'océan indien".

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 32

PRESENTATION No. 6

(Point 5.2)

Aspects scientifiques et techniques dans la protection et défense des côtes

Par Mr H. TABET AOUL - *Université du Havre (France)*

L'équilibre naturel de la zone côtière est fragile. Son cycle temporel dépasse souvent la saison, l'année ou même quelques fois la décennie. La connaissance des phénomènes naturels dont il est dépendant (houles, vents, courants, marée etc.) est indispensable pour assurer son maintien ou le retrouver. Le problème lors de toute intervention sur le littoral, est de s'attacher à prévoir les conséquences que pourrait subir tout un espace côtier du fait de l'aménagement d'un ouvrage artificiel. Il s'agira à chaque fois de rechercher l'équilibre très complexe entre les forces hydrodynamiques dues à ces phénomènes d'occurrence aléatoire pour la plupart et les matériaux côtiers très mobiles.

Les lois donnant lieu à des solutions exactes d'état d'équilibre demeurent assez mal connues. Cependant il est possible grâce à l'utilisation d'un certain nombre d'instruments scientifiques et techniques d'analyser et quantifier les phénomènes physiques à l'origine des mouvements sédimentaires dans les cas relativement simples.

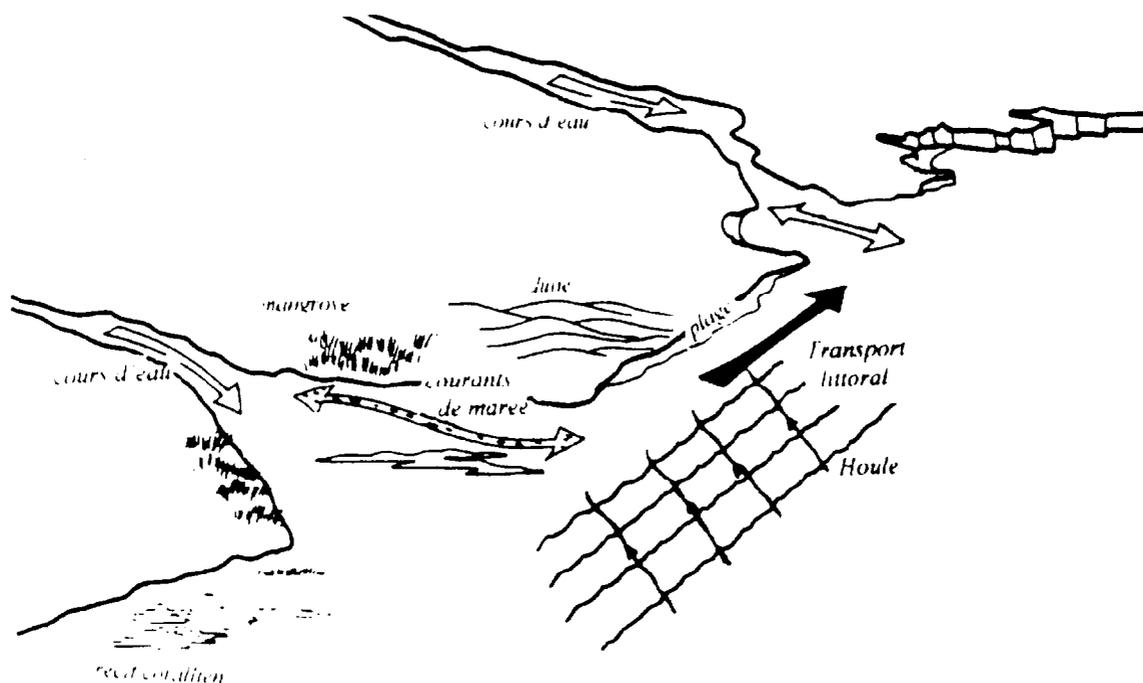


Fig. 1 - Dynamique des systèmes côtiers (Source UNESCO)

Dans les cas plus complexes, l'appel à l'expérimentation sur modèles physiques et/ou mathématiques permettra, à partir de la reproduction approchée de situations passées du site, la prévision des états d'équilibre que l'on pourrait retrouver avec tel ou tel type de solution.

I. Les sédiments marins

Les matériaux côtiers proviennent soit de l'érosion du rivage, soit d'apports fluviaux ou telluriques.

Leur classement se fait grâce à l'analyse granulométrique définissant le diamètre moyen, mais aussi la répartition granulométrique donnée par D (n %), le diamètre du tamis par lequel passent n % du matériau.

Ainsi peut être défini:

Le coefficient de dispersion : $D(75\%) / D(25\%)$

Echelle Wenworth		Unité	Diamètre du grain (mm)	Classification USC			
Blocs		- 8	256	Galets			
Galets		- 6	76,2				
Cailloux			64				
			19	Grossier	Gravier		
			4,76	Fin			
		- 2	4	Sable			
Granules		- 1	2			Grossier	
Sable	très grossier	0	1			Moyen	
	grossier	1	0,5				
	moyen	2	0,42				
	fin	3	0,25				
			0,125	Fin			
			0,074	Silt ou argile			
			0,0625				
Silt		4	0,00391				
		8	0,00024				
Argile		12	0,00024				
Colloïdes							

II. Profil des plages

La pente d'une plage dépend de la granulométrie des sédiments et de l'importance des houles auxquelles elles sont exposées.

Les plages de galets dont le remaniement des matériaux reste limité en haut de l'estran, forment des profils souvent raides pouvant dépasser les 10 %.

Par contre les plages de sable subissent des mouvements permanents. Elles se creusent en période de tempête et s'engraissent par faibles houles.

Au niveau de la ligne de déferlement se forment des barres de lévigation lorsque la cambrure de la houle $\gamma > 2.5\%$, donnant lieu à des cordons (pouvant même émerger) dans le cas de pentes

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 34

faibles avec de faibles marnages. De même qu'entre ces dernières et la plage apparaissent des fosses de lévigation.

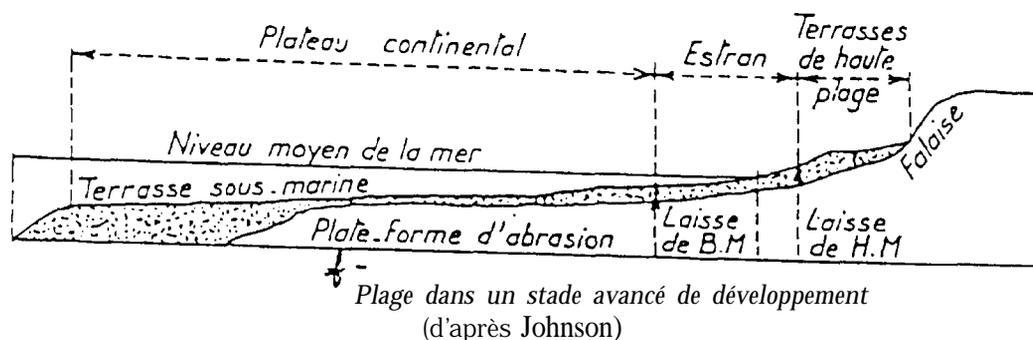


Figure 2. Position du trait de côte définie par la position du niveau moyen

Les pentes des plages sont classées en fonction de la granulométrie et de l'exposition grâce aux abaques de Wiegel et Sylvester.

On peut aussi utiliser le tableau ci-dessous.

Diamètre (mm)	0.1	0.2	0.4	0.8	1.5	3	30	150
Pente (degré)	1	3	5	7	9	11	17	24

Tableau 2 - Relation entre la pente d'une plage et le diamètre des grains.

A noter aussi que les sédiments subissent un triage granulométrique dans le profil de la plage dû à la décantation successive des grains en fonction de leur taille.

Profondeur (m)	0	-5	-10	-15	-30
Diamètre (mm)	0.25 à 0.40	0.15 à 0.25	0.10 à 0.15	0.05 à 0.10	<0.05

Tableau 3 - Triage granulométrique

III. Transport littoral par la houle

La houle est le principal agent responsable du transport sédimentaire le long et à travers le rivage. Son action dépend du type de littoral ainsi que de son incidence par rapport au trait de côte.

III.1 Propagation de la houle

La théorie de Stokes montre que, lors de la propagation d'une houle de hauteur H, de période T et de longueur d'onde L, les trajectoires des particules fluides sont des ellipses dont le grand axe est parallèle à la ligne des fonds et le petit axe devient nul sur le fond.

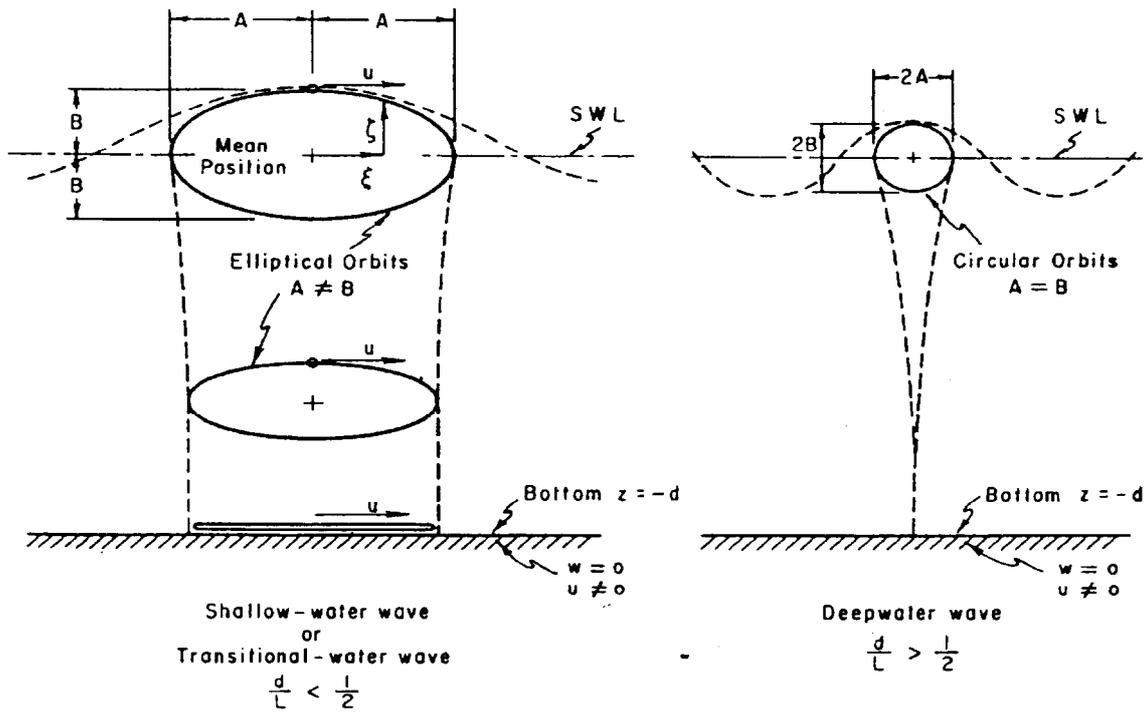


Fig.3 - Trajectoire des particules fluides soumises à la houle (d'après SPM)

La vitesse orbital sur le fond s'écrit:

$$U_{\max} = \pi H / T \operatorname{sh}(2\pi d/L) \quad d : \text{profondeur d'eau}$$

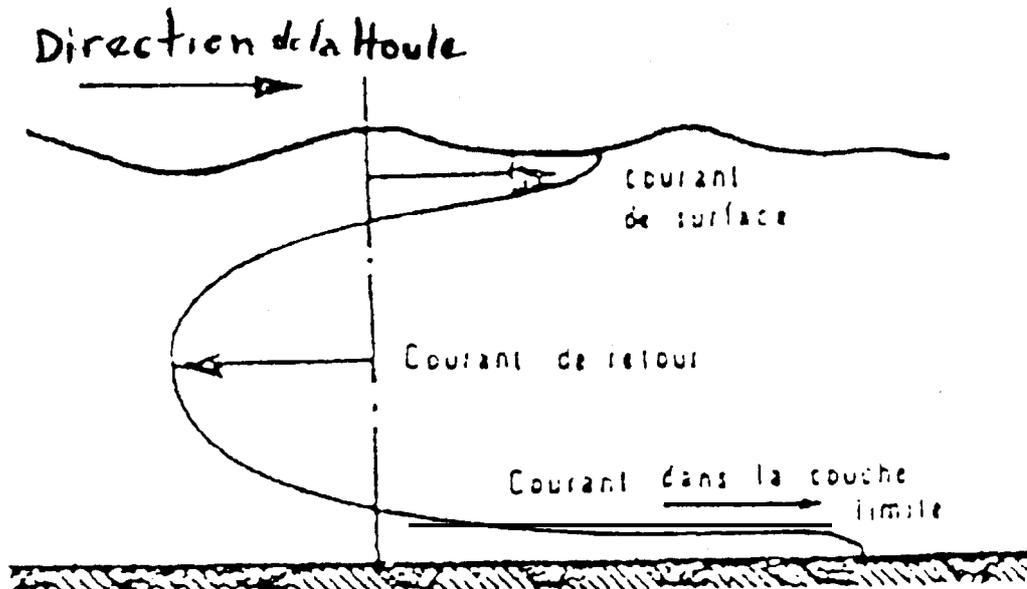


Fig.4 - Profil transversal des courants de houle

A l'approche du rivage, la houle subit un certain nombre de déformations pouvant avoir des

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 36

effets importants sur le transport sédimentaire, comme:

La réfraction: l'onde en se propageant en direction de la côte évolue dans un milieu où la profondeur varie. Sa célérité varie aussi. La ligne de crête se déforme donnant lieu, en fonction de la bathymétrie rencontrée, soit à une dissipation ou à une concentration de l'énergie. Cette dernière situation peut être à l'origine d'érosion côtière, se produisant en particulier derrière des hauts fonds.

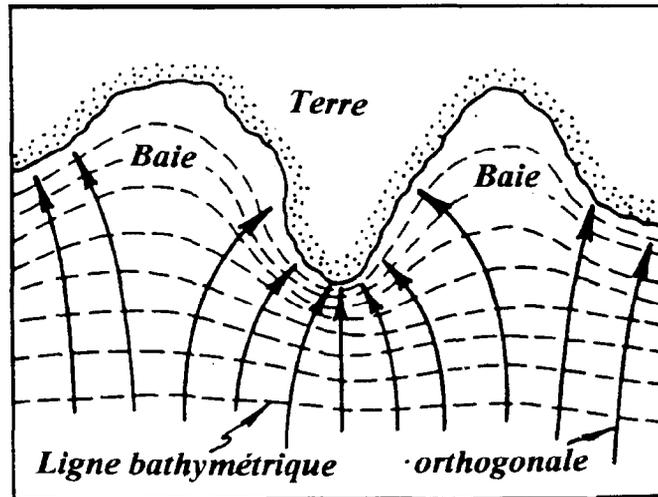


Fig.5 - Réfraction sur des fonds irréguliers

La réflexion ou clapotis: lorsque la houle aborde une paroi imperméable, elle se réfléchit partiellement (paroi inclinée), ou totalement (paroi verticale) en se combinant à la houle incidente. Dans ce cas il y a formation d'une onde stationnaire dont la fluctuation du niveau de la surface libre peut atteindre le double de la houle incidente (dans le cas de la réflexion sur une paroi verticale).

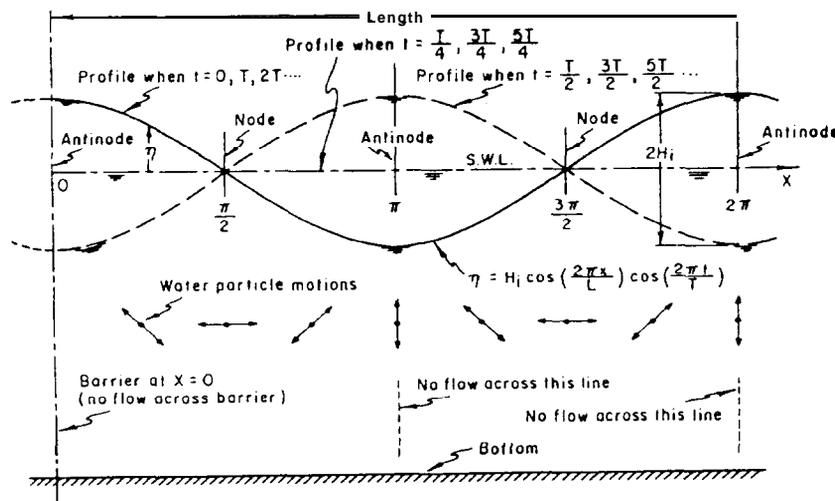


Fig.6. - Réflexion sur un mur vertical - formation d'un clapotis.

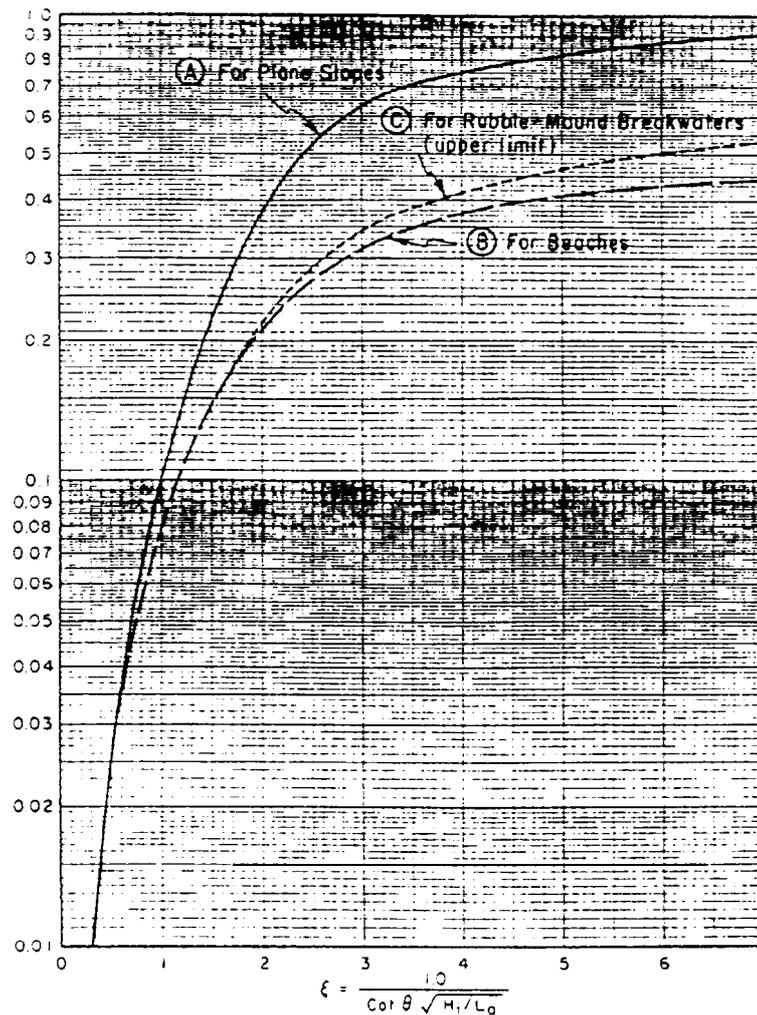


Fig.7 - Coefficient de réflexion sur différents type de parois .

Source SPM

La diffraction: lorsqu'un ouvrage n'arrête qu'une partie du front de houle, une onde diffractée se produit derrière celui-ci, comme si elle avait tendance à le contourner.

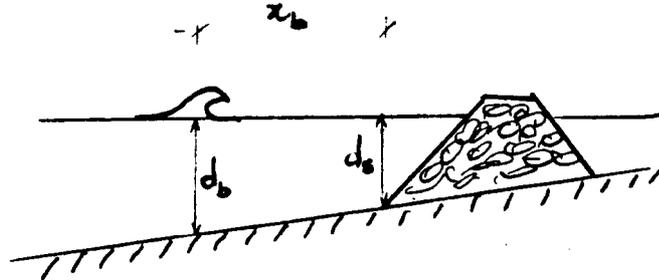
Le déferlement: lorsque la vitesse des particules fluides sur la crête dépasse la célérité de l'onde ou lorsque la cambrure de la houle devient trop grande, la vague se détruit totalement ou partiellement. On dit qu'elle déferle. Ce qui se caractérise par un haut degré de turbulence. Les vitesses instantanées deviennent très importantes et sont à l'origine de la mise en suspension de grosses quantités de sédiments.

Par petites profondeurs, la houle déferle à:

$$d_b = 1.28 H_b \quad \text{avec} \quad d_b : \text{profondeur critique au déferlement} \\ H_b : \text{Hauteur de la houle au déferlement}$$

La position de la barre de déferlement peut être calculée comme suit:

d'après Goda (1970) : $d_b / H_b = 1 / (b - aH_b / T^2)$
 $a = 4.46[1 - \exp(-19m)]$ $b = 1 / [0.64(1 + \exp(-19.6m))]$
 $x_b = (d_b - d) / m$



A noter aussi que lors d'une tempête le niveau moyen de la surface libre va se surélever d'une hauteur pouvant atteindre 1/10 à 1/15^{ème} de la hauteur de la houle.

III.2 Mouvements des matériaux

Le transport sédimentaire dépend de la vitesse de frottement sur le fond. Il se fait alternativement:

- Au déferlement, le sable est arraché du fond et remonté dans la direction de propagation vers le haut de plage.
- Après le déferlement, le sable est ramené vers le large avec le reflux de la vague.

Parmi les nombreuses formules proposées pour déterminer la vitesse du courant induit par la houle, on peut citer celle du CERC.

$$V = 20.7 m (gH)^{1/2} \sin 2\alpha$$

avec m: pente moyenne de la plage

a : incidence de la houle avec le rivage

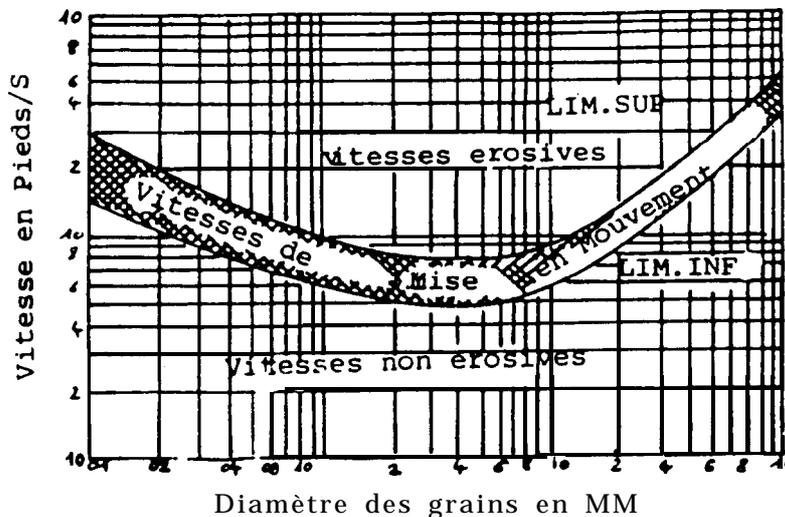


Fig. 8 - Mise en mouvement des sédiments

a) Le jet de rive

Avec l'incidence de la houle sur la plage, la progression des sédiments se fait en dents de scie dans le sens de la houle. C'est le *jet de rive*

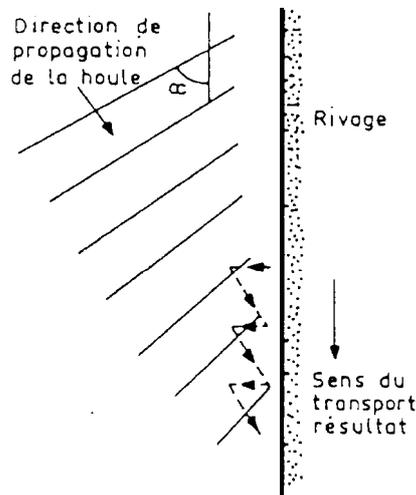


Fig.9 - Jet de rive

b) Le longshore-current

Les lames déferlantes atteignant la plage avec une incidence oblique ont tendance à favoriser la création d'un courant parallèle au trait de côte dans la direction de propagation de la houle. Ce courant appelé *longshore-current* se situe entre la barre de déferlement et le rivage. Il représente lors des grandes tempêtes la part la plus importante du transit littoral (plus des 3/4) et sa vitesse moyenne est maximale lorsque l'incidence de la houle sur le rivage est comprise entre 45° et 60°.

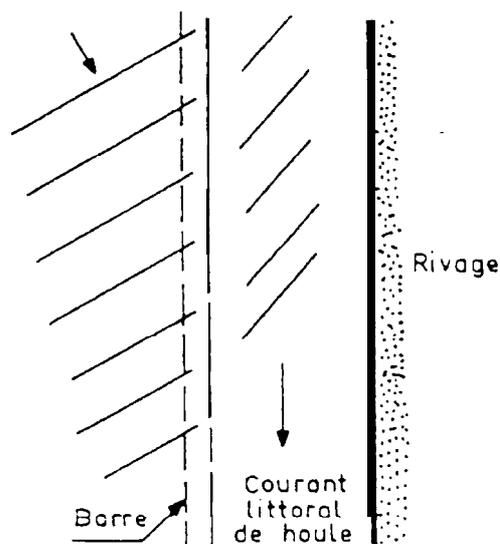


Fig. 10 - Longshore current

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 40

c) Le courant de retour

Les fluctuations du niveau d'eau entre le point de déferlement et la côte engendrent des accumulations et des vidages successifs. Les masses d'eau en mouvement sont importantes, 40 à 50 m³/ ml qui s'évacueront vers le large avec le *courant de retour*.

Elles peuvent se concentrer en des points où la hauteur est la plus faible.

C'est le *rip-current*

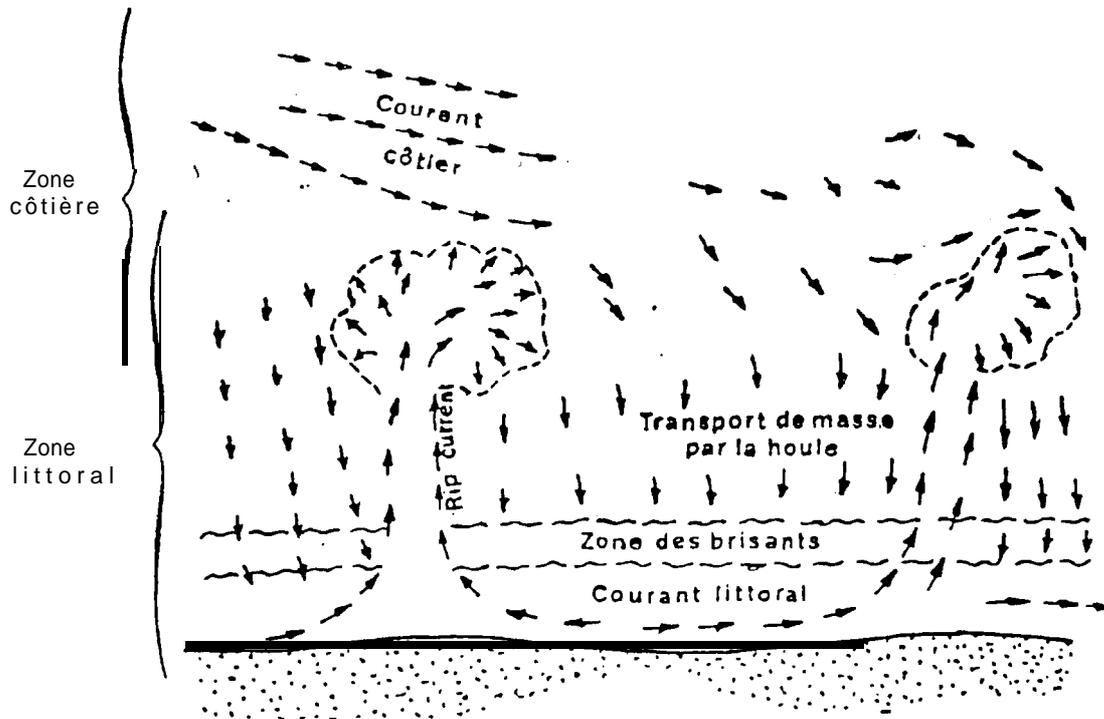


Fig. 11 - Schéma général des courants près de la côte - Source Shepard et Inman

III.3 Action du vent

Le vent peut d'abord, en exerçant une surpression sur la surface libre, créer une pente sur cette dernière et provoquer ainsi un courant de pente de composante sur le fond opposée à la direction du vent. D'où le fait qu'en général les plages ont tendance à s'engraïsser par vent de terre.

L'autre action du vent est le transport de quantités, qui peuvent être importantes, de sable à partir de zones sableuses non protégées ou de l'estran.

C'est ainsi qu'il est important de ne pas détruire les dunes ni par le piétinement de la végétation qui les protège, ni encore moins par une exploitation abusive des sables. Car elles constituent une réserve indispensable au maintien de l'équilibre sédimentaire de la zone. Leur fixation par des plantations est particulièrement recommandée. Elle contribue donc à limiter l'appauvrissement du stock sédimentaire de la région.

Ce transport éolien peut atteindre des centaines de milliers de m³. Un cas concret est donné ci-dessous grâce aux résultats obtenus par le LCHF à Tanger (Maroc):

	<i>Vitesse à 2m au dessus du sol</i>					
<i>Vitesse du vent (m/s)</i>	11.1	10.2	8.3	7.8	7.1	6.5
<i>Quantités transportées (t/ml.j)</i>	3.48	1.37	0.40	0.34	0.10	0.08

IV. Les ouvrages de defense de côte

Les ouvrages de défense sont conçus pour s'opposer à l'effet des lames. Lorsque la houle dominante atteint le rivage avec une incidence oblique, il est recommandé d'envisager une protection avec des ouvrages transversaux. Dans le cas contraire, il y aura lieu de prévoir des ouvrages longitudinaux.

Il est important de noter que l'aménagement d'un ouvrage sur le rivage crée des perturbations dans l'équilibre naturel du transport sédimentaire. Les fonds proches et le rivage vont évoluer de manière à retrouver un nouvel état d'équilibre. Il est donc indispensable de bien prévoir les effets induits.

IV. 1 Ouvrages transversaux ou épis



Fig. 12 - Batterie d'épis à La Hève (France)

⇨ Principes de conception

1. Les épis ne peuvent servir que pour arrêter le transport littoral. Lorsque le transit littoral est prédominant, ce type d'ouvrage est plus efficace.

Le but est de:

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 42

- stabiliser ou recharger une plage en piégeant le sable en transit.
 - maintenir un rechargement artificiel de l'estran
 - réduire le transit pour éviter la sédimentation d'un port
2. Le trait de côte autour de l'épi dépendra de l'importance, de la direction du transport littoral ainsi que de la forme de l'épi:
- épi droit ou oblique: fonction de la direction dominante de la houle.
 - épi en L ou en T: formation de plage alvéolaire
3. L'eau accumulée dans le compartiment entre épis va repartir vers le large sous forme de rip-current le long de l'ouvrage
4. La part du transit littoral qui passera à travers l'épi dépendra de la dimension des grains, de la dimension de l'ouvrage, du niveau de l'eau et des caractéristiques de la houle

L'expérience montre néanmoins que :

- * Pour les grands épis (musoir à $d > 3\text{m}$), on considère que tout le transit est arrêté
- * Pour les épis de longueurs moyennes (musoir $1.2 < d < 3\text{m}$): 75% du transit arrêté
- * Pour les épis courts ($d < 1.2\text{m}$): 50% du transit arrêté

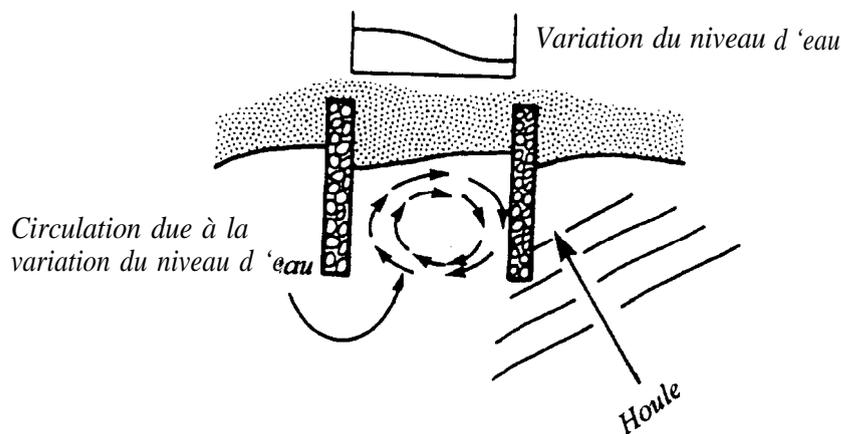


Fig. 13 -Fonctionnement des épis (Source SPM)

⇒ **Recommandations générales pour le dimensionnement**

Longueur des épis

Les épis seront d'autant plus courts que les sédiments sont plus gros, la marée plus faible et les houles plus petites.

Les épis courts sont à prévoir pour s'opposer au transport par jet de rive ou dans le cas de plage à galets où le transport s'effectue principalement en haut de l'estran avec des pentes fortes. Leurs longueurs de l'ordre de 50m à 60m.

Les épis plus longs servent à arrêter le transit littoral dans le cas de plage de sable. Il est souhaitable de les prolonger au delà du niveau des plus basses mers pour capter le maximum du transit. Leurs longueurs: 100 à 150m

Espacement des épis

En général l'espacement entre épis varie entre 1 à 2 fois leur longueur. Il sera d'autant plus réduit que les houles sont plus fortes ou auront une direction plus frontale.

On adopte fréquemment des espacements de l'ordre de 1.51.

Hauteur et inclinaison des épis

La hauteur dépend des caractéristiques locales tant sédimentaires qu'océanographiques. Il est souhaitable néanmoins que la saillie au dessus du profil de la plage ne dépasse pas le mètre dans le cas de plage de sable. Eventuellement un peu plus pour les plages de galets.

L'inclinaison par rapport au trait de côte dépendra de la direction dominante de la houle. En général, pour des houles d'incidences faibles ($\alpha < 15^\circ$) ou pour des houles de directions variables, il y a lieu de prévoir des épis perpendiculaires au trait de côte.

IV.2 Ouvrages longitudinaux de haut de plage

La construction de tels ouvrages s'impose dans le cas de défense d'ouvrages de haut de plage fortement sollicités par des houles frontales.

⇒ **Recommandations sur les principes de dimensionnement**

Eviter les ouvrages verticaux ou à forte pente susceptibles de provoquer des érosions importantes aux pieds, dues à la forte augmentation des vitesses du fluide. Les vitesses peuvent être doublées dans le cas de clapotis total.

1. Rechercher la forme de talus et des matériaux favorisant l'absorption maximale de l'énergie de la houle.
2. Renforcer le pied du talus contre l'érosion en prévoyant une butée de pied ou des pentes plus faibles dans la partie basse du talus (pente $< 1/3$). Les parafouilles sont à éviter.
3. Assurer une bonne perméabilité du talus (barbacanes), pour éviter les surpressions à l'arrière de l'ouvrage.
4. Prévoir une cote d'arase suffisante pour éviter les franchissements entraînant des dégradations à l'arrière de l'ouvrage
5. Intégrer dans le paysage.

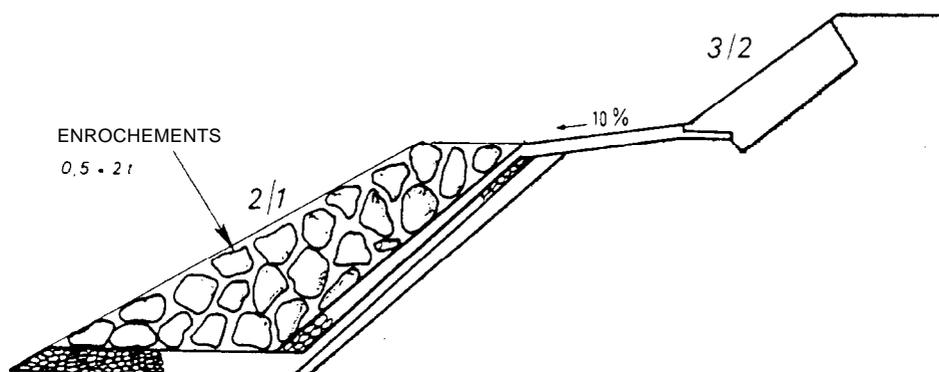


Fig. 14 - Cordon d'énrochement de défense de côte

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 44

IV.3 Ouvrages partiellement ou totalement submersibles. Les brise-lames

Les brise-lames ou brise-mer sont conçus pour absorber une partie de l'énergie afin de diminuer l'attaque de la plage se trouvant à l'arrière.

Il existe une distance et une profondeur d'implantation optimales, car l'efficacité diminue si l'ouvrage est trop loin de la côte. Elle diminue aussi si la distance est trop faible car le bassin de dissipation est trop petit pour absorber l'énergie de la houle après le déferlement.

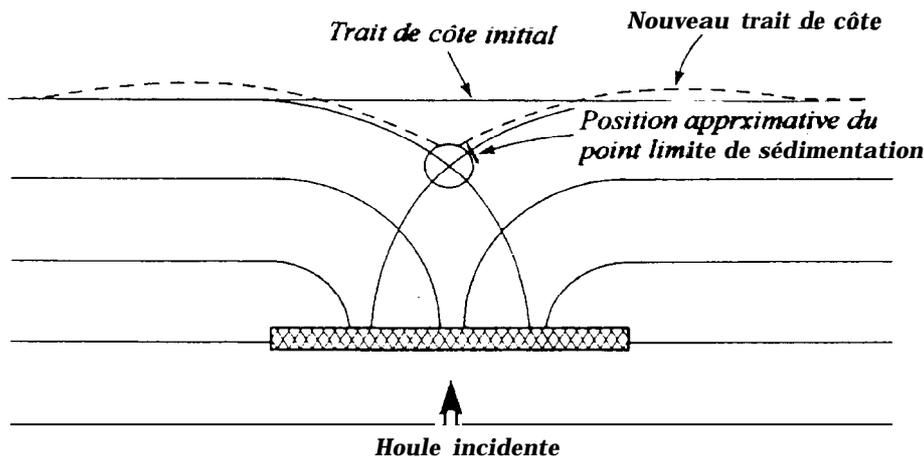


Fig. 1.5 - Brise-lames offshore

Ce type d'ouvrage offshore est fondé généralement entre 1m et 8m de profondeur. La longueur λ et la distance δ par rapport à la côte peuvent être recherchées en fonction de la longueur d'onde L , grâce à la formule donnée par le LCHF:

$$L \leq 2.77 \times \lambda - 3.33 \times \delta$$

De même pour éviter l'érosion du rivage entre deux brise-lames successifs, il faudra prévoir un espacement e tel que:

$$e \leq L/2 + 0.83 \times \delta$$

N.B. Il faut éviter autant que possible les brise-lames submersibles dans les zones touristiques à cause des dangers qu'ils peuvent présenter pour la navigation de plaisance et pour les sports nautiques.

IV.4 Protection dynamique

Lorsqu'on cherche à éviter la mise en place de défenses rigides, le remblaiement artificielle de plage peut être envisager. Cette opération est réalisée par dépôt direct sur ou au large de la plage.

Il faut que le matériau d'apport soit de taille supérieure ou égale à celle du matériau initial.

Il est possible aussi de chercher à rétablir artificiellement le transit littoral interrompu par la réalisation d'ouvrages transversaux. Le sable est pompé du coté engraisé et refoulé du coté aval afin de nourrir la plage à recharger.

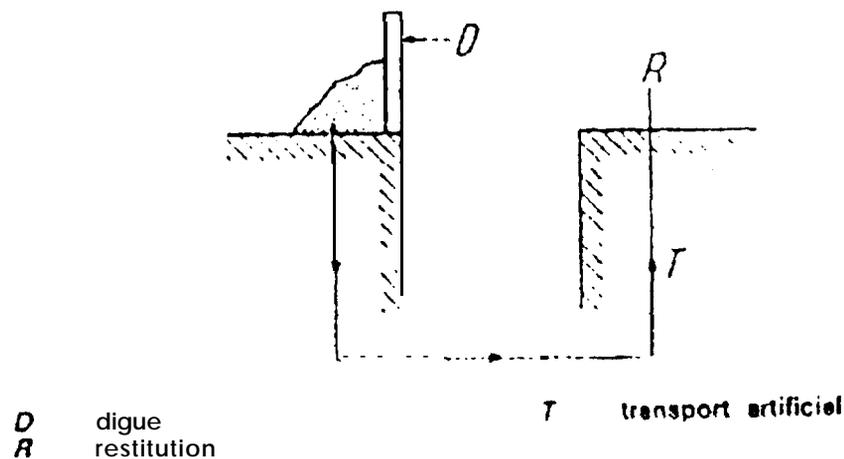


Fig. 16 - Apports de matériaux - Rechargement de plage

V. Extraction des agrégats en mer

L'expérience montre que les emprunts de matériaux pour la construction ou les remblais peuvent perturber d'une manière sensible l'équilibre du littoral, en développant des érosions souvent importantes et des dégradations progressives de la côte.

Les études théoriques montrent qu'il est possible, connaissant les caractéristiques de la houle et la nature des matériaux, de définir les zones où les risques de déplacement de sédiments sont faibles.

Des études sur modèle réduit ont été faites pour examiner le comportement des fosses d'emprunt réalisées à des profondeurs allant jusqu'à -25m.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 46

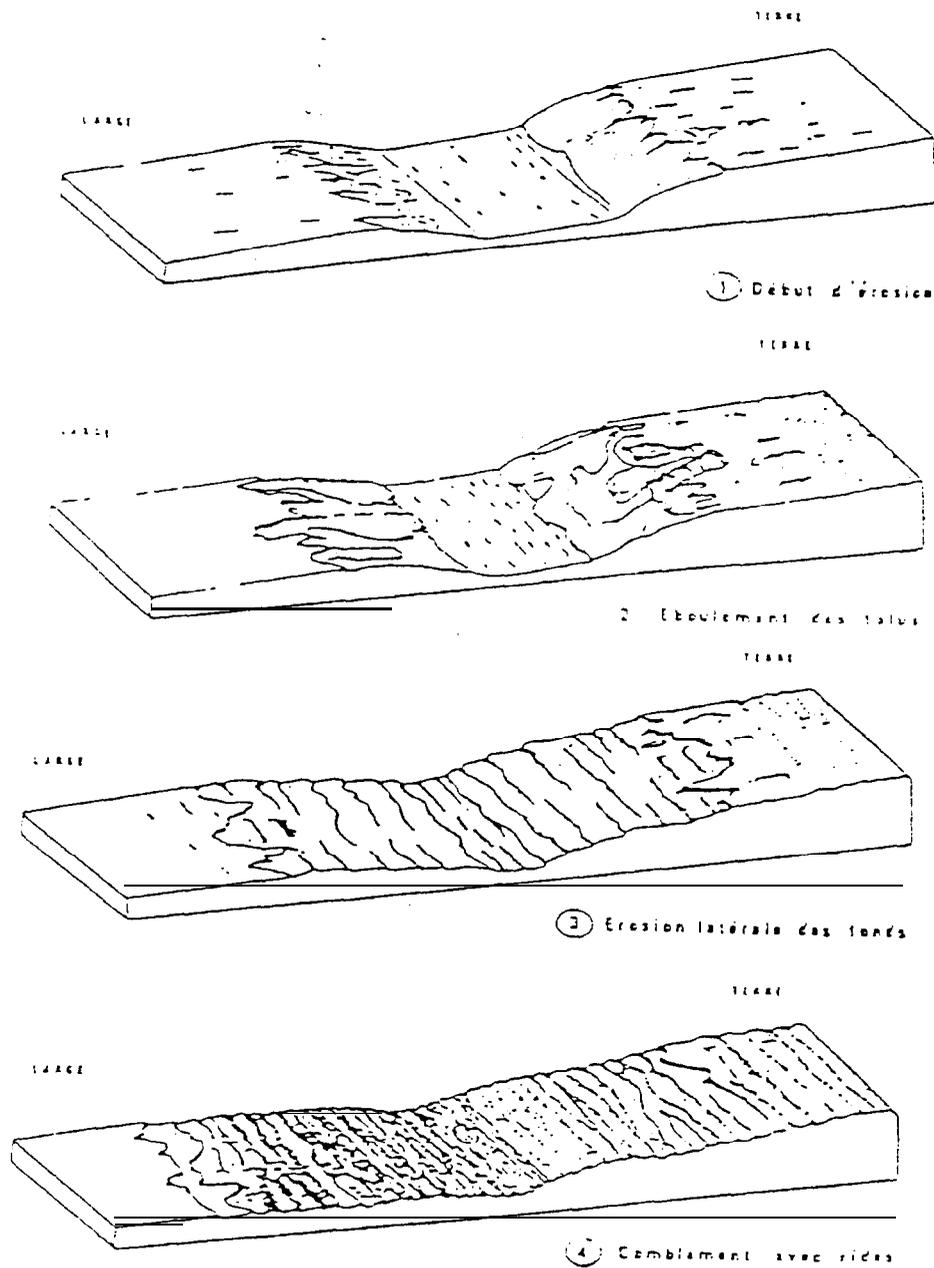


Fig. 17 - Processus de comblement d'une souille draguée en mer

Source C.Migniot

De tels travaux montrent que pour chaque profondeur d_f d'une souille donnée, il existe une hauteur de houle critique H_c pour le début de comblement telle que:

$$H_c = 0.30 d_f$$

Dans le cas de la houle frontale, le volume de comblement journalier peut être calculé comme suit:

$$\boxed{V \text{ (m}^3\text{/m.j)} = k (H_{1/10} - H_s)}$$

Le coefficient k est pris égal à 3 dans les conditions expérimentales. Pour étendre cette formule empirique à des cas concrets, il faudra inclure le cas échéant, les courants de marée et les courants généraux.

Références bibliographiques

1. Bonnefille R. - *Cours d'hydraulique maritime. Masson - 1992* -
2. Catalogue sédimentologique des côtes françaises - *DER /EDF - Edit. Eyrolles - 1986*
3. Coastal Change - *Bordomer 95 - Actes* -
4. Institut Portuaire d'Enseignement et de Recherche (IPER) - *Cours de travaux maritimes - Janv. 1987*
5. Maquet J.F. - *Protection du littoral - Ports maritimes*
6. Migniot C. - *Erosion et sédimentation en mer. Causes et moyens d'action. Université du Havre*
7. Shore Protection Manual. (SPM) - *US Army Coastal Engineering.. Research Center CERC - 1984* -
8. Shepard F.P. *Longshore bars longshore throughs, Technical Memorandum n°15 Beach erosion board, Washington* -
9. Tabet-Aoul H. *Integrated coastal zone management in the Mediterranean - 2nd Internat. Conf. on oceanogr. - Lisboa - Portugal -1994*
10. Tabet-Aoul H. *Shore protection. Algerian case - MEDCOAST 93 - Antalya - Turkey - Nov. 1993*
11. Tabet-Aoul H. *Influence of the toe on the rubblemound breakwater stability - COPEDEC III - Mombasa - Kenya - Sept. 1993*
12. World Coast Conference - *Preparing to meet the coastal challenges of the 21st century. - I.P.C.C. - 1994* -

PRESENTATION No. 7
(Point 5.3)

L'océanographie climatique appliquée à la pêche : Le cas de la pêcherie thonière dans l'Océan Indien

par Jean-Luc LE BLANC, Physicien Océanographe.

Résumé: L'Océan Indien, de part sa frontière continentale au Nord, présente des particularités caractéristiques, tel le régime de mousson engendrant des phénomènes océanographiques originaux comme par exemple le courant de Somalie durant la mousson du sud-ouest ou la présence de jets équatoriaux durant les périodes d'intermousson. De plus, le sud de l'Océan Indien se trouve fortement couplé avec son voisin, le Pacifique, surtout au niveau de l'Indonésie et de son passage (ou "throughflow").

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 48

Dans cette étude, l'auteur résume les recherches menées dans le cadre du PTR2 (Projet Thonier Régional 2), qui visaient à étudier le rôle de l'Océan Indien dans les variations climatiques globales, type ENSO (El Nino-Southern Oscillation), afin de les relier à la pêche au thon dans l'océan indien. Plus précisément, ces études ont permis de décrire les années ENSO dans l'Océan Indien, ainsi que des anomalies locales repérables par un Indice Océan Indien. L'analyse des paramètres significatifs dans les relations fonctionnelles thon-environnement ont permis d'évaluer l'impact du climat sur la pêche thonière (à la senne, à la palangre ou artisanale-canne et ligne).

Enfin, ces travaux sont intégrés dans son contexte plus général qui est l'application des services climatiques à des secteurs socio-économiques. Ce thème fait l'objet d'un projet OMM (Organisation Météorologique Mondiale) nommé CLIPS (Climate Information and Prediction Services) dont le but est de coordonner les services des différents centres météorologiques et hydrographiques des pays membres, afin de leur permettre une gestion et un développement durable de leur ressources.

L'océanographie climatique, qu'est-ce que c'est?

On connaît l'océanographie physique et dynamique comme étant l'étude des courants marins et des propriétés physico-chimiques de l'eau de mer. On peut définir l'étude de leurs variations en fonction du climat sous le terme d'océanographie climatique. Celle-ci relie donc l'océanographie aux phénomènes climatiques globaux et locaux qui influencent la production biologique océanique et donc les pêches. Ainsi nous étudions le poisson en fonction des variations de son environnement : c'est la science de l'écologie.

Pour deux raisons, il est important d'étudier les relations espèce marine-environnement. La première est de résoudre le problème de la protection de l'environnement, la seconde répond au besoin de protéger les espèces en question. Ces deux aspects du problème sont complémentaires. En effet, le premier consiste à protéger notre planète et son avenir tandis que le second traite du problème de nutrition mondiale, c'est à dire de la protection de notre avenir à nous, êtres humains.

C'est le propos de nombreux traités internationaux dont l'Agenda 21 qui a été rédigé lors de la Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement et le Développement à Rio de Janeiro en 1992 et qui contient des objectifs spécifiques ainsi qu'un plan d'action pour "une nouvelle association pour le développement durable" .

La solution du problème des pêches en générale et de leur pérennité réside dans la recherche d'un équilibre entre le stock disponible et la demande commerciale (Béné, 1995). En effet, l'état des stocks fluctue non seulement en fonction des captures mais aussi en fonction du climat, tandis que la demande commerciale dépend des besoins nutritionnels et économiques. C'est pourquoi il est important d'utiliser nos connaissances actuelles en océanographie, climatologie et en biologie marine pour trouver cet équilibre, clé d'une pêcherie durable.

Après avoir défini le système pêche-environnement et les différentes échelles spatio-temporelles qui l'intéressent, nous nous pencherons sur le cas précis de la pêcherie thonière dans l'Océan Indien ainsi que sur les outils et services climato-océanographiques applicables à la pêche en général. En conclusion nous résumerons l'état actuel du "savoir-faire" dans ce domaine afin de définir les axes de recherches qui permettraient une interaction plus efficace entre le secteur scientifique et le secteur socio-économique, en particulier pour les pays en développement..

1. Le système pêche-environnement et ses différentes échelles spatio-temporelles

Le système pêche-environnement est schématisé sur la figure 1. Le problème pêche-environnement comporte deux volets :

- i) la capturabilité ;
- ii) la pérennité.

Tous deux s'appliquent à des échelles spatio-temporelles spécifiques et différentes. Le problème de capturabilité concerne des échelles de temps de l'ordre de l'heure et de la journée, voire la semaine et des échelles spatiales de l'ordre du kilomètre, tandis que le problème de pérennité concerne le mois, le semestre et l'année voire cinq à dix ans et des distances allant de la centaine de kilomètres à la largeur du bassin océanique. La figure 2 représente les différents effets du climat sur les écosystèmes marins et la pêche en fonction des échelles spatio-temporelles et des phénomènes climatiques qui leur sont associés.

L'hydroclimat entraîne l'hétérogénéité du milieu marin, c'est à dire la distribution des propriétés physico-chimiques de l'eau de mer ainsi que la circulation océanique. Cette hétérogénéité influence la distribution des poissons en fonction des conditions de leur habitat.

1) Paramètres physico-chimiques entrant dans les relations poisson-environnement

Le tableau 1 récapitule les paramètres significatifs des relations poisson-environnement ainsi que leur disponibilité et leur utilité actuelles dans les problèmes de pêche. On constate que les produits à disposition des pêcheurs, permettent surtout d'augmenter les prises mais sont difficilement applicables à une gestion à long-terme des ressources marines.

2) Paramètres dynamiques

Le vent à la surface de la mer induit non seulement directement les courants horizontaux mais aussi indirectement des courants verticaux dans la couche de surface de l'océan. Lorsque le vent induit une divergence des eaux de surface, celles-ci sont remplacées par des eaux de subsurface par "upwelling" et à l'opposé, une convergence des eaux de surface entraînera une plongée de celles-ci dénommée en anglais par le terme "downwelling". Nous rencontrons ces phénomènes d'upwelling et de downwelling aussi bien le long des côtes que dans l'océan hauturier. L'upwelling est parfois appelé "pompage d'Ekman", du nom de l'océanographe scandinave qui, le premier, proposa une théorie de la circulation induite par le vent. Le pompage d'Ekman est considéré comme un facteur déterminant la production biologique océanique car il entraîne des variations de la profondeur de la thermocline et peut, selon les cas, transporter des sels nutritifs (nitrates, phosphates...) à la surface initiant ainsi la chaîne trophique.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 50

II. Cas de la pêche thonière dans l'Océan Indien

L'océan indien présente un environnement océanographique particulier, conséquence de sa frontière continentale au nord entraînant un régime de mousson et de son couplage avec l'Océan Pacifique au niveau de l'Indonésie. Outre la forte variabilité saisonnière, due principalement à l'inversion de la direction des vents, des analyses récentes ont mis en évidence d'autres cycles climatiques (biennal et quadriennal). Certaines variations climatiques peuvent être reliées à ENSO (El Nino-Southern Oscillation). Dans cette étude, l'évolution de facteurs climatiques et océanographiques mettant en évidence la variabilité environnementale de l'Océan Indien a été analysée dans le but d'évaluer les processus physiques sous-jacents et leurs effets sur les trois pêcheries exploitant l'albacore, à savoir, la senne, la palangre et la canne artisanale.

1) Le climat dans l'Océan Indien

a) cycle annuel

Le régime de mousson, particulier à l'Océan Indien, résulte de la différence de pression entre le continent asiatique et la mer d'Arabie. Ce gradient de pression est la conséquence de la différence des capacités calorifiques de l'eau et de la terre. Dans l'hémisphère nord, la direction des vents est nord-est en hiver (boréal), et sud-ouest en été. Ce fort cycle annuel induit des phénomènes océanographiques, par exemple le courant de Somalie (associé à un fort upwelling de bord ouest du bassin océanique durant la mousson du sud-ouest (juin à octobre), riche en production biologique), ou la formation de jets équatoriaux traversant le bassin océanique durant les inter-moussons (avril-mai ; octobre-novembre).

b) variations interannuelles

Plusieurs chercheurs (Bamett, 1983, 1984a, 1984b, 1991; Meehl 1987, Yasunari, 1985, Tourre, 1995 parmi d'autres) ont étudié les relations de cause à effet existant entre les anomalies de mousson et les phénomènes ENSO.

i) El Niño-Southern Oscillation

Depuis la chute des pêcheries d'anchois sur la côte péruvienne en 1972, le phénomène El Niño, ce courant chaud le long des côtes ouest de l'Amérique du Sud, a suscité un intérêt croissant de part son amplitude, sa particularité et les conséquences socio-économiques qui lui sont associées et est l'objet d'importants programmes d'études tels que TOGA/TAO (Tropical Ocean Global Atmosphere/Tropical Atmosphere Ocean array) prolongé par, CLIVAR (Climate Variability).

Il est admis aujourd'hui que El Niño est associé à de fortes anomalies de pression de part et d'autre du bassin Pacifique, dénommées Southern Oscillation ou Oscillation Australe, d'où l'appellation d'ENSO pour ce phénomène affectant tout l'Océan Pacifique. Cependant, l'oscillation australe est considérée comme étant partie intégrante d'un cycle global quasi-biennal bien observé dans l'Océan Indien et Pacifique. Ce cycle est la conséquence des interactions non linéaires entre l'océan et l'atmosphère et se traduit par des variations globales

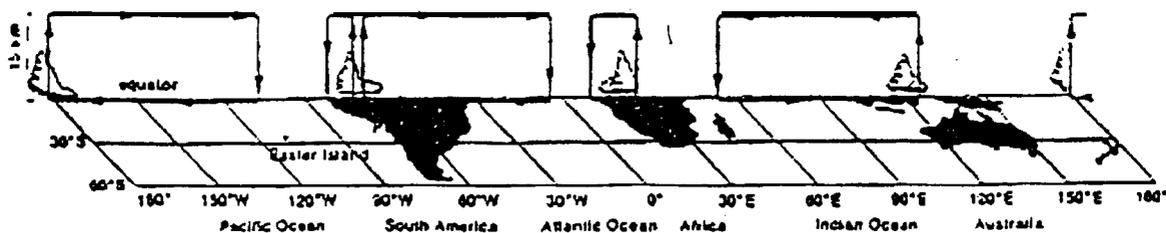
de pression.

ii) Le couplage océan-atmosphère et les phénomènes de téléconnexion entre l'océan indien et l'océan pacifique

Les mécanismes en jeu dans le couplage océan-atmosphère et dans les processus de téléconnexion atmosphériques entre océans sont encore mal connus car très complexes. Nous savons que des variations positives/négatives de radiation solaire entraînent des variations positives/négatives de températures de surface (SST), produisant plus ou moins de convection et induisant une anomalie négative/positive de pression au niveau de la mer. Ces anomalies de pression créent des gradients de pression qui génèrent des vents à la surface de la mer. Comme nous l'avons décrit précédemment, ces vents induisent des courants horizontaux et verticaux, ainsi que du mélange turbulent dans la couche de surface océanique modifiant ainsi le contenu thermique de celle-ci. Les transports de chaleur par advection ou convection, due à la circulation thermohaline ou induite par le vent, modifient à leur tour la distribution de la température de surface. Les ondes courtes (de Kelvin ou de Yanai) ou les ondes longues (de Legeckis ou de Rosby) interviennent aussi dans la propagation des anomalies de pression et de température et jouent un rôle prépondérant dans l'ajustement de l'océan aux anomalies atmosphériques. Ces mécanismes constituent le couplage océan-atmosphère.

Comment l'océan indien et Pacifique sont-ils couplés et comment se produisent les effets de téléconnexion? Cet aspect est beaucoup moins bien connu. De part sa position géographique, le continent indonésien relie les deux océans à travers le passage indonésien, et se trouve être le point de liaison de la circulation zonale atmosphérique entre les deux océans. En effet, non seulement le "throughflow" indonésien permet le transport d'eau chaude de la Warm-Pool dans l'Océan Indien mais il est aussi le siège d'une forte activité convective due à la convergence des vents de mousson indiens et des alizés du Pacifique. Le continent indonésien joue un rôle important dans le bilan énergétique de l'atmosphère de part la chaleur latente dégagée durant les processus d'évaporation. On comprend donc que les océans Indien et Pacifique soient intimement liés à ce niveau comme le montre la figure 3 qui schématise la composante zonale de la circulation atmosphérique équatoriale (cellules de Walker). (fig. 3 ci-dessous)

Figure 3. Circulation Zonale le long de l'Equateur (source Newell, 1979).



D'après le schéma, les basses pressions au dessus de l'Indonésie constitueraient les branches ascendantes communes aux cellules de Walker dans le Pacifique et l'Indien. Les branches descendantes se trouvent respectivement dans les régions de Tahiti et des Seychelles. On imagine

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 52

alors aisément comment une anomalie de pression au dessus de l'Indonésie peut se répercuter par téléconnexion dans l'est de l'Océan Pacifique et dans l'ouest de l'océan indien. En outre, selon cette théorie, des anomalies de pression dans la région des Seychelles ou à Tahiti pourraient se retrouver au niveau de l'Indonésie et y générer d'autres perturbations atmosphériques dans les cellules de Walker, perturbations entrant en jeu dans les interactions océan-atmosphère.

iii) ENSO dans l'Océan Indien

Une situation ENSO se caractérise par une forte anomalie positive de pression à Darwin dont les causes peuvent être diverses et ne sont pas encore bien définies. En conséquence de la circulation atmosphérique telle qu'elle est décrite ci-dessus, les phénomènes ENSO se traduisent dans l'Océan Indien par (figure 4) :

1. un inversement du gradient de pression entre les Seychelles et Darwin ;
2. une renverse des vents d'ouest en vents d'est (avec une plus grande variabilité dans la partie est du bassin) ;
3. une augmentation de la température de surface (SST), un pompage d'Ekman réduit et un approfondissement de la thermocline dans l'est du bassin.

2) Données et Méthodologie

a) Paramètres physiques

La méthode de décomposition en fonctions empiriques orthogonales a été utilisée afin d'extraire les composantes temporelles et spatiales des anomalies observées dans les signaux des différents paramètres analysés, soit la température de surface, la composante zonale du vent à la surface de la mer ainsi que le pompage d'Ekman. Un "Indice Océan Indien" (101) a été défini d'une manière similaire à celle du SOI (Southern Oscillation Index) pour le Pacifique permettant de détecter les anomalies liées à ENSO ainsi que les anomalies localisées aux environs des Seychelles et indépendantes des variations globales type ENSO.

i) pression au niveau de la mer

Les données de pression au niveau de la mer nous ont été fournies par les centres météorologiques de Melbourne (Australie) pour les mesures à Darwin et de Mahé (Seychelles), sous forme de moyenne mensuelle pour la période 1972-1995. Ainsi nous avons pu soustraire les anomalies de pression aux Seychelles à celles à Darwin afin de produire un Indice Océan Indien similaire au SOI (figure 5). Le choix des lieux pour effectuer ce calcul tient compte du concept proposé ci-dessus (les mesures à Darwin servant aussi à calculer le SOI dans le Pacifique), mais aussi de la facilité d'acquisition de ces données.

ii) vents et pompage d'Ekman

Les vents et le pompage d'Ekman ont été déduits des données de pseudo-tension de vent de la FSU (Florida State University) pour la période 1970-1994. Les données de bateaux sont analysées objectivement afin d'être présentées sur une grille de mailles spatiales de 1° de

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 53

longitude et de latitude et par mois. Pour obtenir les tensions de vent à partir de ces données, nous avons utilisé le coefficient de traîné de Smiths (1980). La moyenne climatique du pompage d'Ekman sur les 25 années reflète bien la configuration principale de la circulation de surface de l'océan indien (figure 6). La mer d'Arabie est une zone de downwelling en moyenne annuelle car la mousson de sud-ouest y est plus forte que celle de nord-est. De même, l'upwelling le long de la côte somalienne est nettement représenté. La baie de Bengal est en moyenne une région d'upwelling ainsi que la région des Seychelles et du sud-est de l'océan indien, jusqu'à 10°s environ. Un fort tourbillon anticyclonique est visible au nord-ouest de Madagascar. Le centre du gyre anticyclonique de l'hémisphère sud est présent à 22°s et 75°E. Les vitesses verticales hors équateur ne dépassent pas 100cm/jour. A l'équateur, la théorie d'Ekman présente une singularité à cause du paramètre de Coriolis qui y est nul et ne nous permet pas de calculer le pompage d'Ekman jusqu'à environ 3° de part et d'autre de l'équateur.

iii) *Température de surface et de subsurface*

Les données de température furent extraites des données COADS (Comprehensive Ocean Atmosphere Data Set) pour la période 1970-1990. Les données sont présentées sur une grille de maille de 2° de longitude et de latitude et par mois et les données manquantes furent simplement interpolées à partir des points les plus proches.

Les données de subsurface (profondeur de l'isotherme 20°C, indice de stratification) sont générées par le logiciel GAO (Gestionnaire d'Applications Océanographiques, ORSTOM) comprenant un jeu complet de données océanographiques pour l'ensemble de l'Océan Indien rassemblées dans le cadre du programme TOGA. La distribution des profils de température pour la période 1906-1994 est représentée dans la figure 7 et montre la concentration des données le long des routes maritimes les plus fréquentées.

iv) *Fonctions Empiriques Orthogonales (EOF)*

Cette méthode d'analyse décompose le signal d'un paramètre en une composante spatiale et une composante temporelle (que l'on multiplie pour obtenir le signal total initial) et génère des fonctions propres orthogonales (donc décorréélées), traduisant chacune un pourcentage du signal. Celles qui contiennent le plus grand pourcentage du signal permettent d'identifier les mécanismes physiques prépondérants dans une région donnée (Lorenz, 1956 ; Delcroix et Hénin, 1989 ; Tourre et White, 1995).

b) *prises et effort de pêche*

L'albacore est exploité par plusieurs engins de pêche dans l'Océan Indien (figure 8). Trois d'entre eux ont été sélectionnés car ils sont bien définis, ciblent plusieurs classes d'âge de poissons et sont bien recensés. La pêche à la senne et la pêche à la palangre sont des pêcheries industrielles, tandis que la pêche à la canne est une méthode artisanale et traditionnelle.

La pêche à la senne est particulièrement pratiquée par les Etats européens (France, Espagne), la Russie, l'île Maurice et le Japon (depuis 1993 dans l'ouest de l'Océan Indien). Les données proviennent des cahiers de bord quotidiens qui sont par la suite codés et enregistrés dans des

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 54

fichiers numériques selon des méthodes de standardisation. Les prises par espèce et les efforts de pêche sont compilés par maille de 1° carré et par quinzaine pour chaque nation. L'étude présente utilise les prises et efforts de toutes les nations combinées de 1984 à 1994.

La pêche à la palangre procure une longue série de données statistiques de prises et d'efforts produit principalement par le Japon, la Corée et Taiwan (Chine). Les données sont compilées dans des mailles de 5° carré par mois et ont été obtenues par l'IPTP (Indo-Pacific Tuna Project), pour la période de 1970 à 1992.

La pêcherie artisanale à la canne et à la ligne est bien suivie et des statistiques continues sont disponibles depuis 1970 jusqu'à nos jours. Les données brutes n'ont pas été traitées car des méthodes de standardisation spécifiques sont requises afin de prendre en compte le progrès des bateaux et des techniques. C'est pourquoi nous avons utilisé les indices d'abondance publiés par le ministère des pêches et de l'agriculture des Maldives.

3) Les effets du climat sur la Pêche : variations saisonnières et interannuelles

a) La pêche à la senne industrielle

La pêche à la senne a débuté en 1980 dans l'océan indien. Celle-ci est caractérisée par deux techniques de pêche : la pêche sur épaves dérivantes attirant les thons, poissons de nature grégaire, et la pêche sur des bancs libres. Les prises sur épaves sont plus particulièrement effectuées dans deux régions de l'océan indien : le nord du canal du Mozambique et le bassin de Somalie, où des tourbillons convergents sont bien établis durant les mois de mars à mai et d'août à novembre respectivement et piègent des objets dérivants, véritables concentrateurs de poissons. Sur épaves, les poissons sont en grand nombre petits et l'espèce majeure est le listao. Les bancs libres sont concentrés dans une région centrale de l'océan indien située le long de la latitude 5°S et l'espèce dominante est l'albacore (figure 9). Les variations saisonnières de ces pêches sont bien décrites sur la figure 10.

Nous ciblerons notre étude sur la région 2°S-10°S/50°E-70°E à dominante d'albacore géniteurs pour exclusivement s'intéresser à cette espèce dont les effets d'upwelling sont directs comparés aux espèces à épave où l'épave constitue un biais dans l'analyse des relations fonctionnelles entre pompage d'Ekman et comportement des thons.

Dans cette région, des anomalies négatives sur les indices de PUE (Prises par Unité d'Effort) des senneurs sont constatées en situation de stratification réduite et de pompage d'Ekman réduit, induites par ENSO mais aussi par des anomalies climatiques localisées comme par exemple celle de 1989. Inversement, des pics de PUE sont enregistrés lors d'anomalies positives de pompage d'Ekman. Ceci est bien visible si l'on compare les cartes et séries temporelles de PUE avec les deux premières composantes spatiales et temporelles des EOF du pompage d'Ekman qui représentent 41% du signal total (figure 11).

Deux raisons expliquent ce résultat :

1) une anomalie de pompage positive tend à ramener la thermocline à la surface et avec elle, la distribution des thons dont la capturabilité par les filets des senneurs s'en trouve accrue ;

2) un indice de stratification élevé traduit de bonnes conditions de survie larvaire et donc un recrutement plus élevé. L'indice de stratification prend en compte le gradient maximal de température ainsi que sa profondeur. On constate qu'un fort downwelling associé à de forts vents d'est est généralement caractérisé par un faible indice de stratification.

b) La pêche palangrière

La pêche à la palangre débuta dans l'Océan indien en 1952. L'albacore est l'espèce la plus exploitée, notamment dans la région équatoriale. Dans le cas présent, nous avons utilisé une P.U.E nominale en nombre d'individus comme indice d'abondance, dans la région occidentale de l'océan indien (10°S-10°N/40°E-75°E).

La comparaison des P.U.E annuelles de 1970 à 1992 (pour la Corée et le Japon), avec les courbes de l'EOF1 de la composante zonale du vent et de l'Indice Océan Indien, montre qu'il existe certaines relations entre ces paramètres et les prises d'albacore dans cette région (figure 12). Les P.U.E tendent à être plus élevées durant les années à IOI négative, vraisemblablement en raison d'une efficacité accrue des palangres. En effet, l'approfondissement de la thermocline associé aux indices négatifs d'IOI (c.à.d. à une renverse des vents d'ouest en vent d'est, caractérisant les événements ENSO dans l'Océan indien), favoriserait la concentration des poissons aux profondeurs où sont mouillés les hameçons. Cette renverse des vents est accompagnée d'une augmentation de la SST par advection, ceci favorisant la survie larvaire ainsi que le recrutement.

c) La pêche artisanale aux Maldives

Cette pêcherie vise essentiellement le listao qui constitue 90% des prises. De plus elle est essentiellement saisonnière avec de plus grandes prises effectuées durant la mousson du sud-ouest (juin à septembre). Pour l'albacore, on constate une bonne corrélation entre les anomalies négatives d'IOI et les P.U.E maximales en 1978, 1983, 1987 et 1994. Ce résultat est confirmé par une analyse spectrale qui révèle des cycles dominants de 2,5 et 6,25 ans pour les indices d'abondance et de 2,5 et 6 ans pour l'IOI. En effet, il est admis de nos jours que les événements ENSO sont associés à des cycles globaux du climat dont les fréquences dépendent des interactions non linéaires entre l'océan et l'atmosphère. Pour les mêmes raisons que précédemment, les conditions ENSO dans l'océan indien correspondent à une couche de mélange plus profonde donc moins turbulente et plus chaude, favorisant ainsi la survie larvaire et le recrutement des jeunes individus qui sont rapidement capturés dans la pêcherie.

Discussion

L'Océan indien présente donc une variabilité interannuelle assez prononcée dans l'hémisphère sud qui est fortement couplée à l'Océan Pacifique et dont les variations sont liées en grande partie à ENSO. Le nord (la mer d'Arabie et la côte Somalienne en particulier) subissent le régime saisonnier de mousson d'une manière plus marquée que dans le sud, avec un signal interannuel masqué par ces fortes variations saisonnières. Ces variations influencent sensiblement les rendements des flottilles pêchant dans l'Océan indien. Les rendements, étant dépendants du stock disponible ainsi que de la capturabilité des espèces vis-à-vis des engins de pêche, on peut expliquer leurs variations en fonction des relations entre le comportement du poisson et son

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 56

environnement.

Le but de cette étude est donc d'étudier les relations poisson-environnement afin de mieux appréhender l'impact du climat sur les pêches. Une meilleure compréhension de ces impacts permettrait, grâce aux récents progrès effectués dans les recherches climatiques ainsi que dans l'accessibilité des résultats de ces recherches, une meilleure gestion à long-terme des ressources marines. L'objectif est donc de définir des paramètres renfermant l'essentiel de la variabilité hydroclimatique (comme par exemple l'Indice Océan Indien présenté dans cet article), et permettre de détecter suffisamment à l'avance de fortes variations climatiques, qui, comparés aux événements passés, donneraient une information sur le futur. C'est l'objectif du projet CLIPS (Climate Information and Prediction Service) de l'O.M.M. (Organisation Météorologique Mondiale).

Ce projet vise à développer l'application des services et produits climatiques issus d'une acquisition en routine des nombreuses données climatiques par les centres météorologiques et hydrographiques, et accessibles aujourd'hui en temps quasi-réel grâce aux moyens de télécommunication électroniques modernes (Internet, fax en particulier), dans les secteurs socio-économiques, dont la pêche. Cependant, s'il est possible maintenant d'interpréter les années passées et de les modéliser avec une bonne précision, le passage à la phase prévisionnelle et quantitative mérite encore des recherches supplémentaires tant au niveau des recherches écologiques que climatiques.

A l'heure actuelle, seule une connaissance des principes de reproduction ainsi que de la survie des larves peut permettre de prédire le prochain état des stocks en fonction des prévisions hydroclimatiques. Par exemple, une estimation six mois ou plus à l'avance, de la température de surface, ainsi que de la tension des vents à la surface de la mer (permettant de déduire l'upwelling et la turbulence dans la couche de surface), grâce aux modèles couplés océan-atmosphère, pourrait permettre d'émettre certaines hypothèses un an ou deux à l'avance sur le recrutement (bilan net des poissons intégrant la classe d'âge des poissons capturables), si ces résultats de modèles sont associés au processus de ponte de l'espèce marine considérée et à son temps de croissance. Ce sujet est l'objet d'études menées par des groupes de scientifiques intéressés spécialement par les conditions de survie des larves de poissons en fonction de la stratification et de l'apport en éléments nutritifs permettant aux larves de trouver un environnement à la fois stable et suffisamment riche en nourriture pour leur permettre une bonne croissance (Cury et Roy, 1989). La présence de prédateurs est aussi à prendre en compte dans ce type d'études, ce qui complique le problème.

Le progrès des modèles numériques ainsi que de la fiabilité de leurs résultats sont prometteurs et doivent être poursuivis en parallèle avec les études des relations poissons-environnement. Il est nécessaire de bien comprendre les relations fonctionnelles existant entre une espèce marine et son environnement afin d'utiliser efficacement les résultats des modèles numériques du style GCM (General Circulation Models). A plus long terme, on peut espérer le développement des modèles pluridisciplinaires prenant en compte les processus biologiques associés aux phénomènes couplés océan-atmosphère.

Conclusion

En conclusion, il est important de rappeler la motivation principale de ce travail : la protection de notre environnement pour un développement durable. A l'heure où les Etats se mettent d'accord pour prendre des mesures relatives à l'environnement et au développement dans le cadre de programmes (GOOS-GCOSS-IGOSS-IGBP-etc.) entre diverses Agences Spécialisées des Nations-Unies (WMO-UNESCO/IOC-FAO-UNEP), organisations internationales (ICSU-ICLARM) et nationales, il est temps d'utiliser et d'appliquer les résultats scientifiques à des fins socio-économiques de façon harmonieuse et pacifique pour le bien de toutes les sociétés et de chaque individu. L'étude présente est un exemple d'application concrète de la collaboration multidisciplinaire entre scientifiques (océanographes physiciens-biologistes-atmosphériciens) et pêcheurs (armements thoniers) au problème de la pêche au thon dans l'océan indien. De telles études sollicitent la spécialité de chacun et ne doivent en aucun cas diminuer la valeur scientifique des résultats. Au contraire, c'est la spécificité des chercheurs et des utilisateurs (ici, les pêcheurs), qui permet de progresser de manière significative et efficace. Les résultats de telles études sont à intégrer dans des projets internationaux tels que CLIPS, permettant ainsi de coordonner le travail de chaque pays et de progresser à une échelle mondiale vers de meilleures conditions de vie futures sur le plan de l'environnement et de l'alimentation.

De tels projets doivent assister les pays membres dans la définition des axes de recherches, en fonction de la priorité de leur application dans les secteurs socio-économiques, afin de réaliser un plan de développement à l'échelle national ou régional. C'est le cas par exemple des Etats insulaires de l'océan indien (Seychelles, île Maurice, Comores, Réunion), pour lesquels les conséquences de variations climatiques engendrant par exemple une élévation du niveau de la mer, peuvent être dramatiques si elles s'avèrent confirmées. Il est important que les gouvernements soient informés des progrès en la matière afin qu'ils puissent prendre les mesures nécessaires au développement de leur zone côtière et de leur zone exclusive économique.

Bibliographie

Barnett, T.P., 1983: Interaction of the Monsoon and Pacific Trade Wind System at Interannual Time scales. Part 1: The Equatorial Zone. *Monthly Weather Rev.*, 111: 756-773.

Barnett T.P., 1984a: Interaction of the Monsoon and Pacific Trade Wind System at Interannual Time scales. Part 2: The tropical Zone. *Monthly Weather Rev.*, 112: 2380-2387.

Barnett T.P., 1984b: Interaction of the Monsoon and Pacific Trade Wind System at Interannual Time scales. Part 3: A partial anatomy of the Southern Oscillation. *Monthly Weather Rev.*, 112: 2388-2400.

Barnett T.P., 1989: The Interaction of Multiple Time scales in the Tropical Climate System. *Journal of Climatology.*, 4: 269-285.

Béné, C., 1995: La pêcherie crevetteière guyanaise: un oscillateur dynamique forcé. *Recherches Marines*; Janvier 95, n° 10.4-6.

Cury, P. and C, Roy, 1989: Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish.. Aquat. Sci.*, 46(4):670-680.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 58

Delcroix, T. and C. Hénin, 1989: Mechanisms of subsurface thermal structure and sea surface thermohaline variabilities in the southwestern tropical Pacific during 1975-85. *J. Mar. Res.*, 47: 777-812.

Glantz, M. 1994: The impacts of Climate on Fisheries. UNEP Environment Library N°13.

Le Blanc, J-L., 1996: CLIPS-Climate Information and Prediction Services for Fisheries. Rapport de consultation WMO. en presse.

Lorenz, E., 1956: Empirical Orthogonal Functions and statistical weather predictions. Rep. n° 1, Statistical Forecasting Program., MIT, 49p.

Marsac, F. et J-L Le Blanc, 1996: Responses of Indian Ocean yellowfin tunafisheries to the coupled ocean-atmosphere system. Interannual and ENSO-associated variability. Symposium Thon du 25ème anniversaire de l'ICCAT-Açores (Portugal)..article soumis aux Comptes-Rendus du Symposium-Section Thons et Environnement.

Meehl G.A., 1987: The annual cycle and interannual variability in the tropical Pacific and Indian Ocean regions. *Monthly Weather rev.*, 115: 27-50.

Tourre, Y.M. and White, 1995: ENSO Signals in global upper ocean temperature. *Journ. Phys. Ocean.*, 25: 1317-1322.

Yasunari, T., 1985: Global Structure of the El Niño Southern Oscillation. Part II: Time evolution. *Journ. Met. Soc. Japan.*, 65: 81-102.

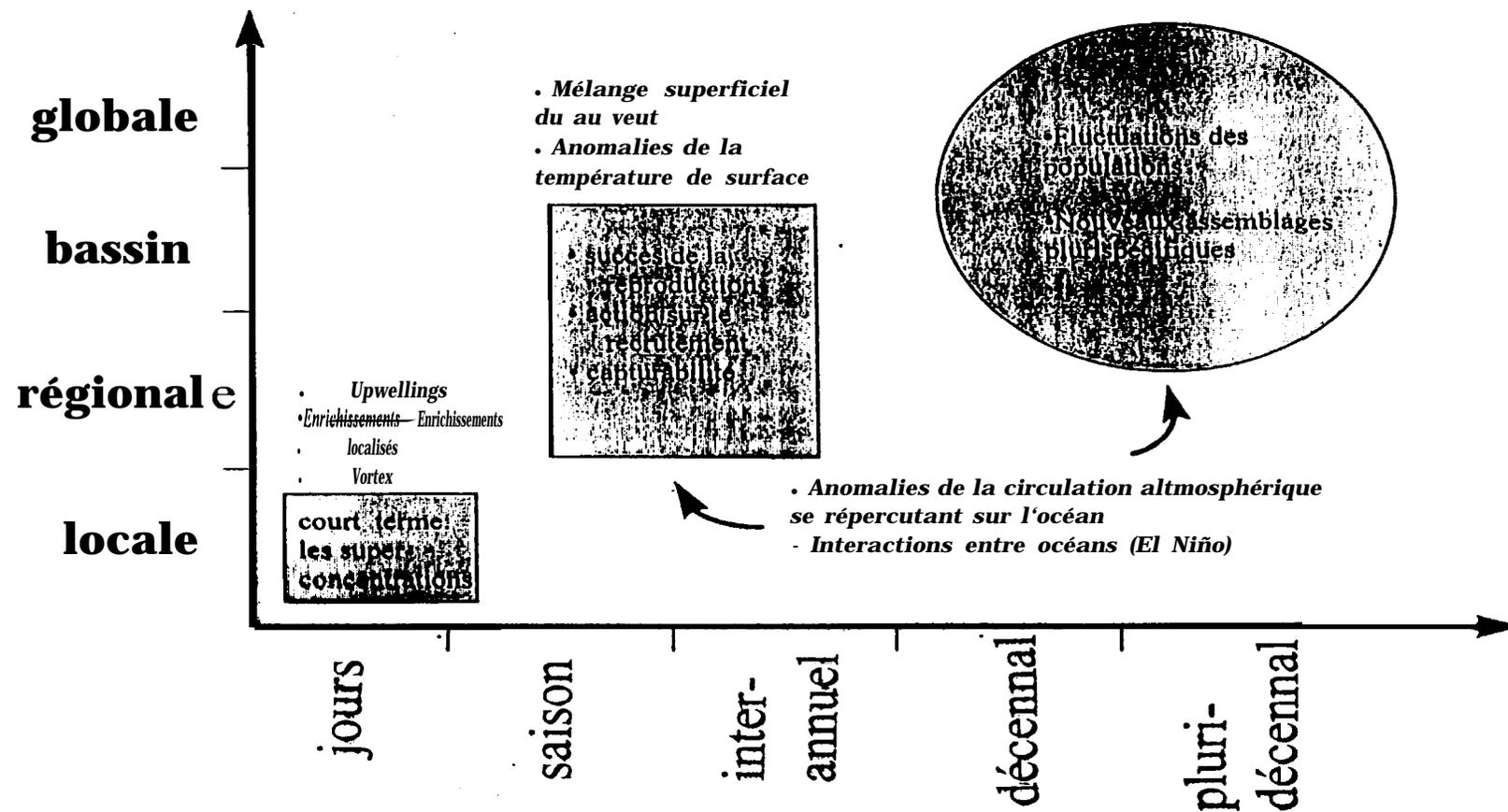
Walker, G.T. and E.W. Bliss, 1932: *World Weather*. V. Mem. Roy. Met. Soc., Vol. 4, 53-84.

PARAMÈTRES	ÉCHELLES SPATIO-TEMPORELLES	FORMAT	UTILITÉ
Température de Surface (SST)	- regional-bassin océanique - temps réel-10 jours à l'avance - 6 mois-1 an	-cartes (Mercator-issues de modèles numériques) -série temporelle pour un point local ou une région - anomalies à la moyenne	augmentation des prises par la recherche de fronts, upwelling, zones de convergence et de divergence. prédire les prises par analogie avec le passé grâce à la connaissance des températures optimales pour l'espèce
Structure de la Thermocline -profondeur du max. de gradient -gradient	- local -temps réel, moyenne saisonnière (issues des bases de données)	- profils verticaux de température	permet d'estimer la capturabilité vis-à-vis des engins de pêche
Tension de Vent -upwelling -transport d'Ekman	- régional - bassin océanique - temps réel-10 jours à l'avance	- cartes - série temporelle	état de la mer augmentation des prises par la recherche des zones de production biologique prédiction du recrutement par l'identification d'habitat propice à la survie larvaire
Pression au niveau de la mer (SLP) -SOI (Southern Oscillation Index)	- anomalies (saisonnière et interannuelles) à la moyenne climatologique	- série temporelle	prévisions des stocks en relation avec les anomalies climatiques locales ou globales (ENSO-NAO)
Courant de Surface -fronts -méandres -convergences, divergences	- temps réel-10 jours à l'avance - régional	- cartes	augmentation des prises
Oxygène Dissous	- local - temps réel-régime saisonnier	- profils verticaux	augmentation des prises prévision des stocks grâce à la prévision de phénomènes d'anoxie ou d'hypoxie
Nutriments	- local - temps réel ou moyennes annuelles	- profils verticaux	augmentation des prises prévision du recrutement dans les zones riches ---> bonne croissance

Tableau 1: Récapitulation des paramètres significatifs pour la pêche et de leur utilité.

Figure 2.

Comment les effets naturels agissent sur les stocks ?



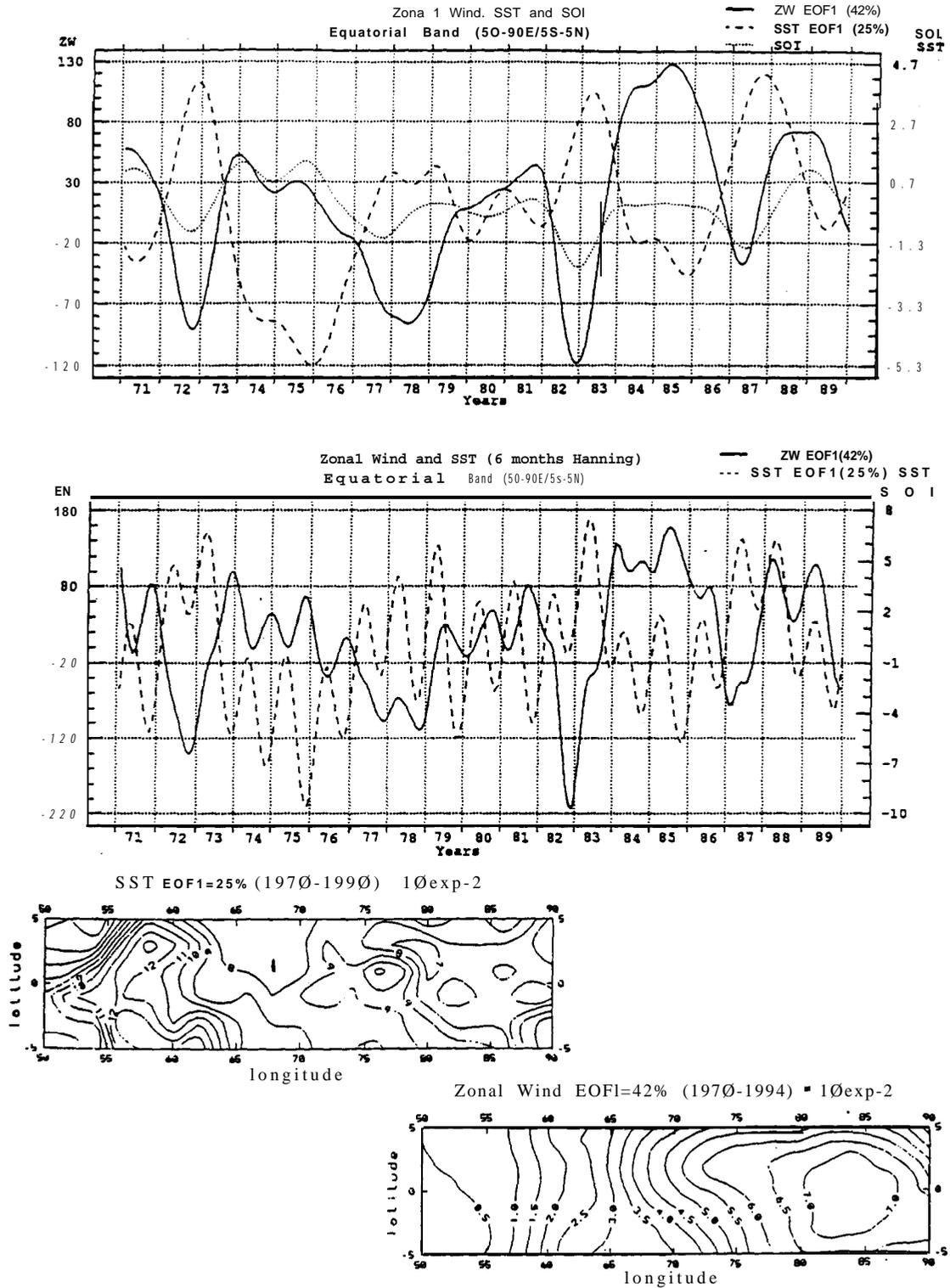


Figure 4. SOI et EOF1 de la température de surface et du vent zonal le long de la bande équatoriale de l'Océan Indien. (en haut) composantes temporelles (en bas) composantes spatiales. (Il faut multiplier les deux composantes pour obtenir le signal total). Les composantes temporelles ont été filtrées sur 12 mois afin d'extraire les variations interannuelles du signal. (Marsac et Le Blanc, 1996).

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 62

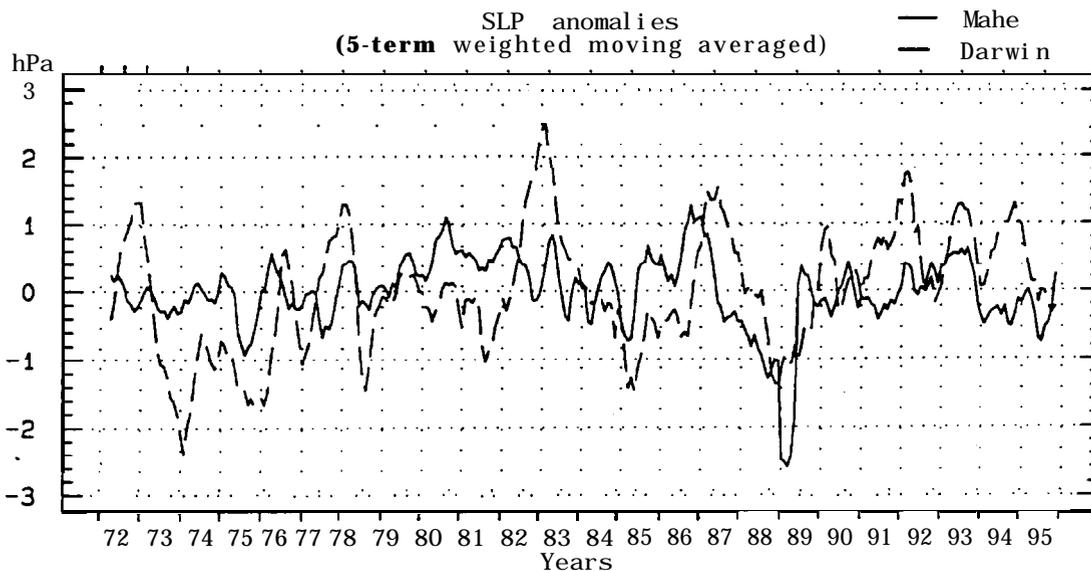


Figure 5a. Pression atmosphérique au niveau de la mer à Mahé (continu), et à Darwin (tireté). Moyennes mobiles pondérées sur 5 mois. (Marsac et Le Blanc, 1996).

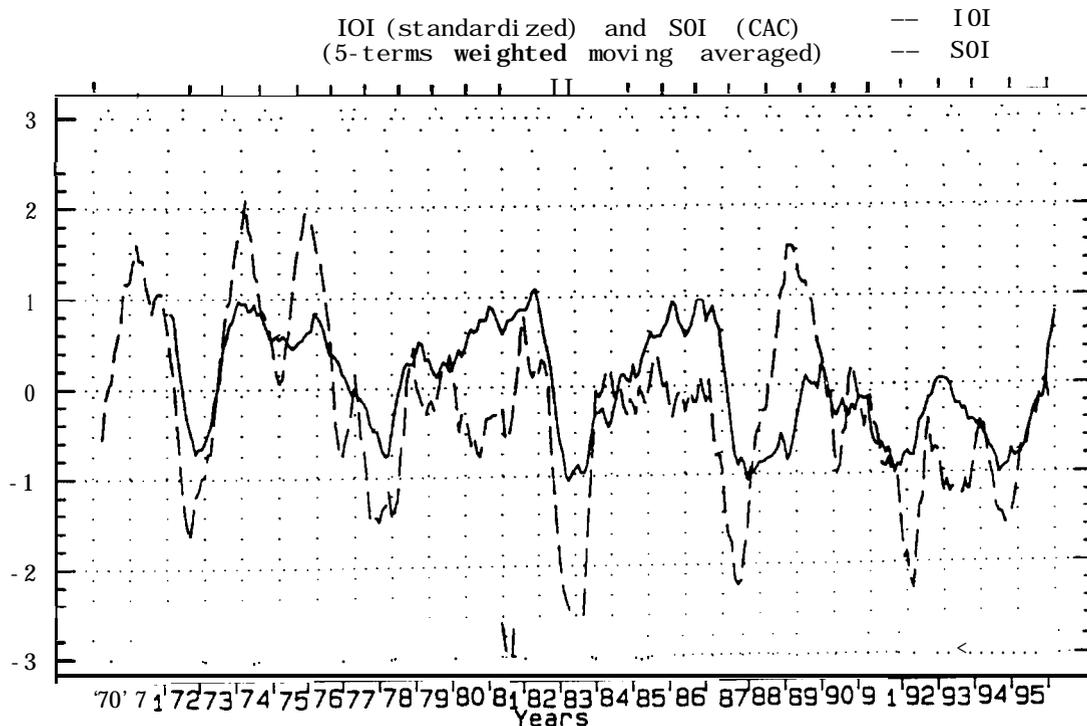


Figure 5b. Indice Océan Indien (continu) et Southern Oscillation Index (tireté); normalisés. (Marsac et Le Blanc, 1996)

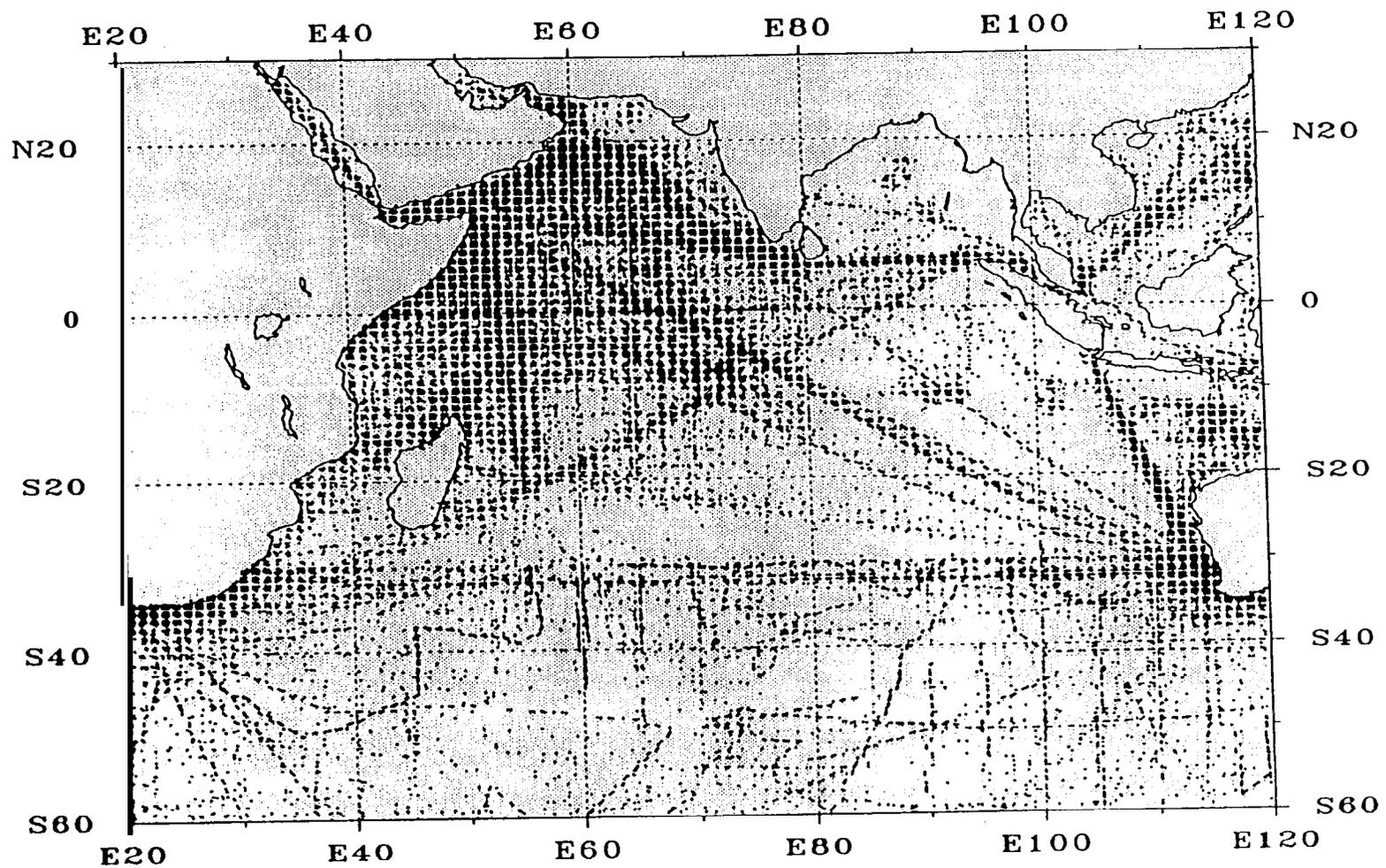


Figure 7. Distributions des profils de température pour la période 1906-1994. (TOGA).

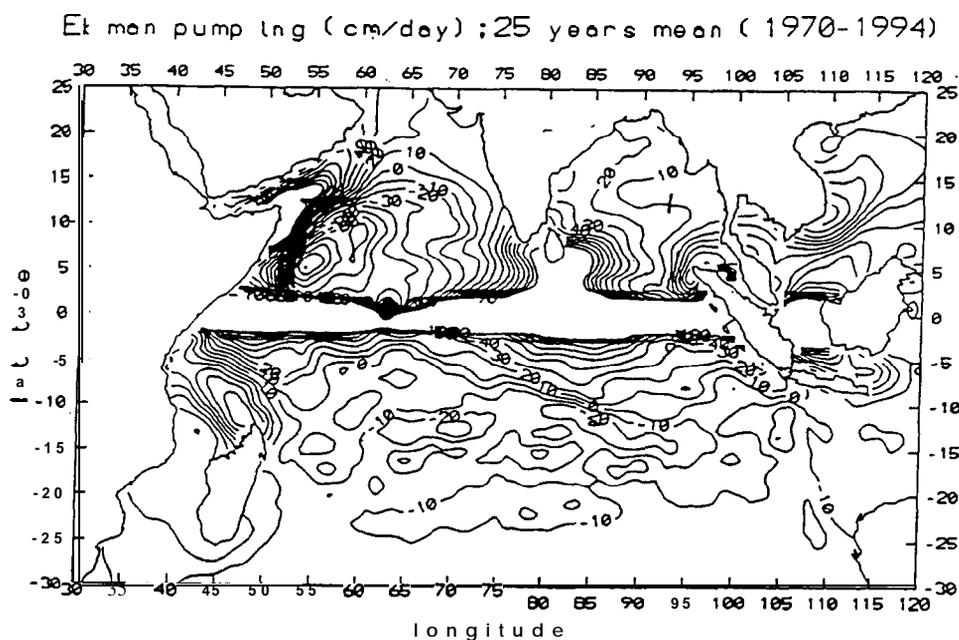


Figure 6. Moyenne Annuelle du pompage d'Ekman. (Marsac et Le Blanc, 1996).

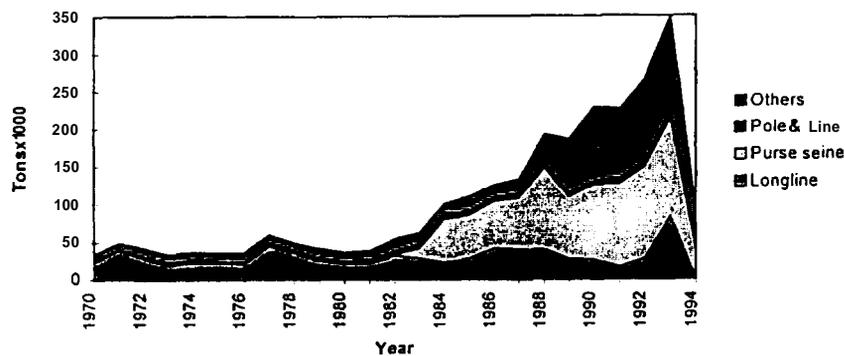


Figure 8. Prises d'albacore par engins dans l'Océan Indien. (Marsac et Le Blanc, 1996).

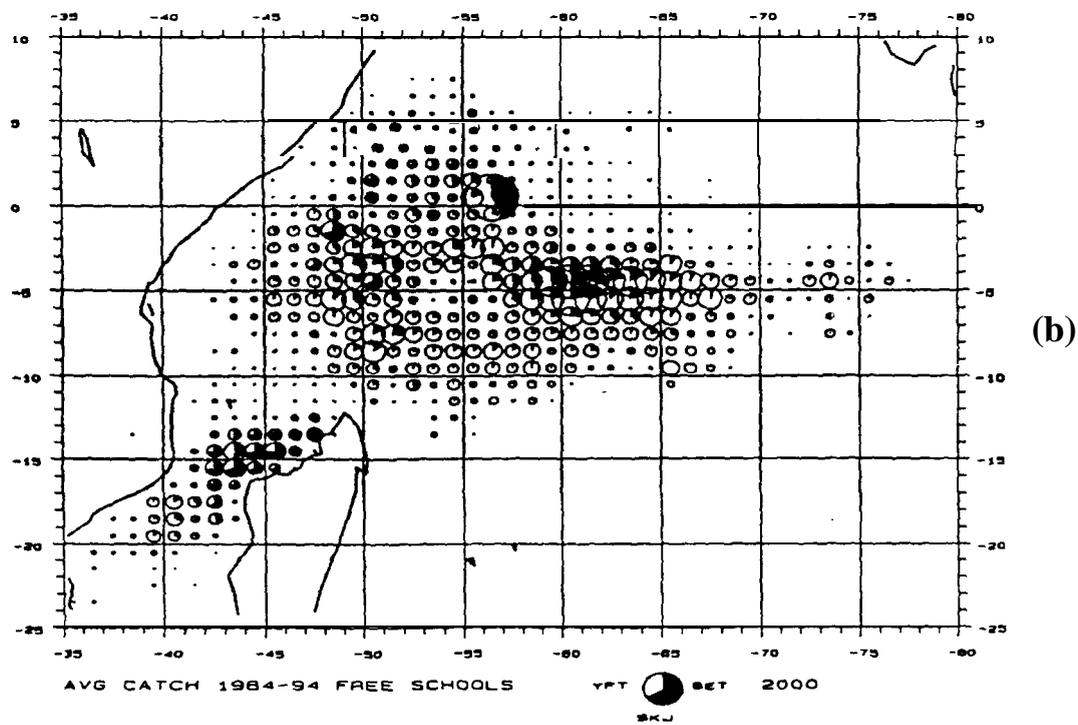
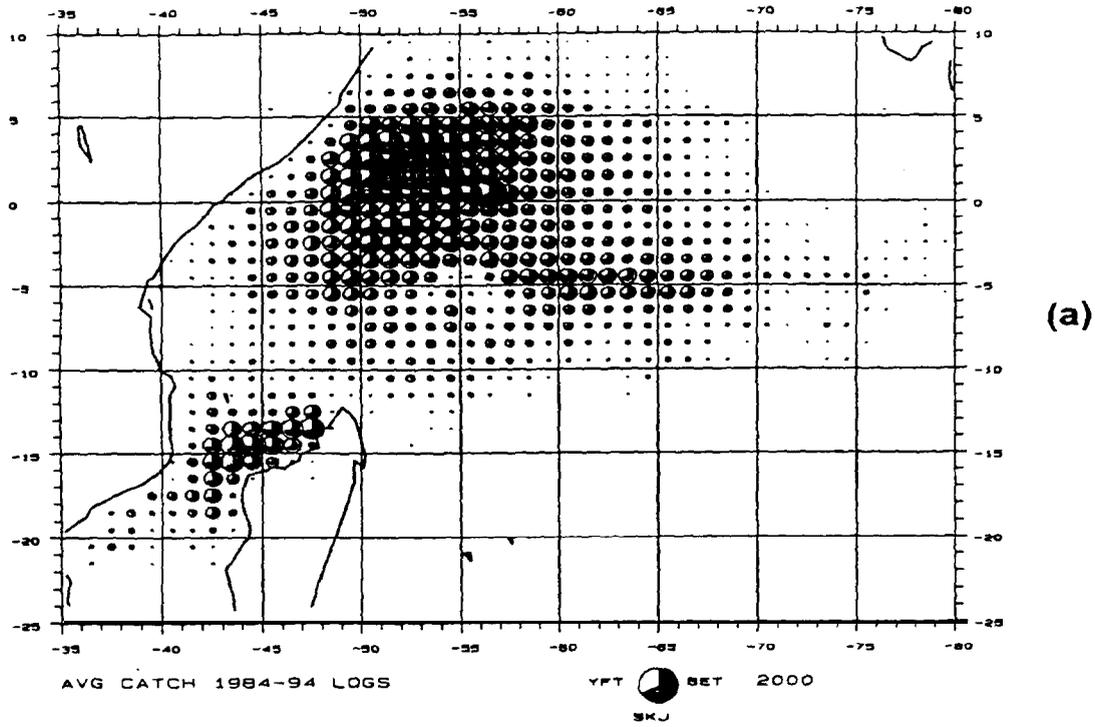


Figure 9. Distribution géographique des prises d'albacore (a) sur épaves, (b) sur bancs libres par les senneurs durant la période 1984- 1994. (Marsac et Le Blanc. 1996).

Rapport de réunion de travail de la COI No: 130
Annexe III - page 66

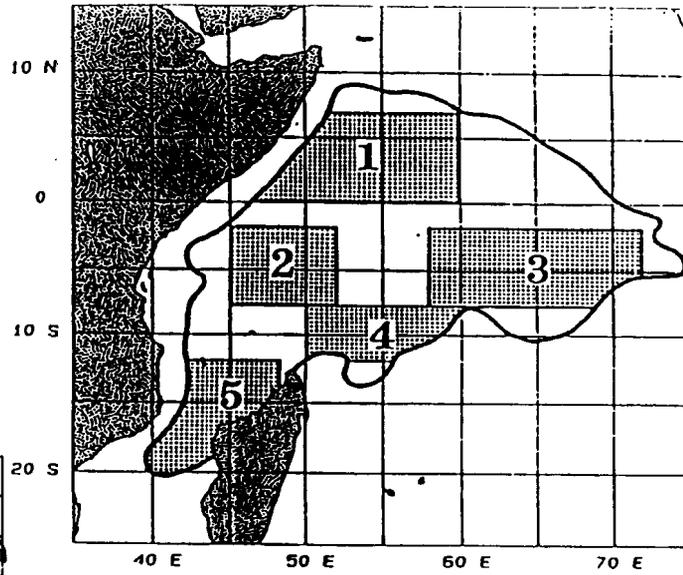
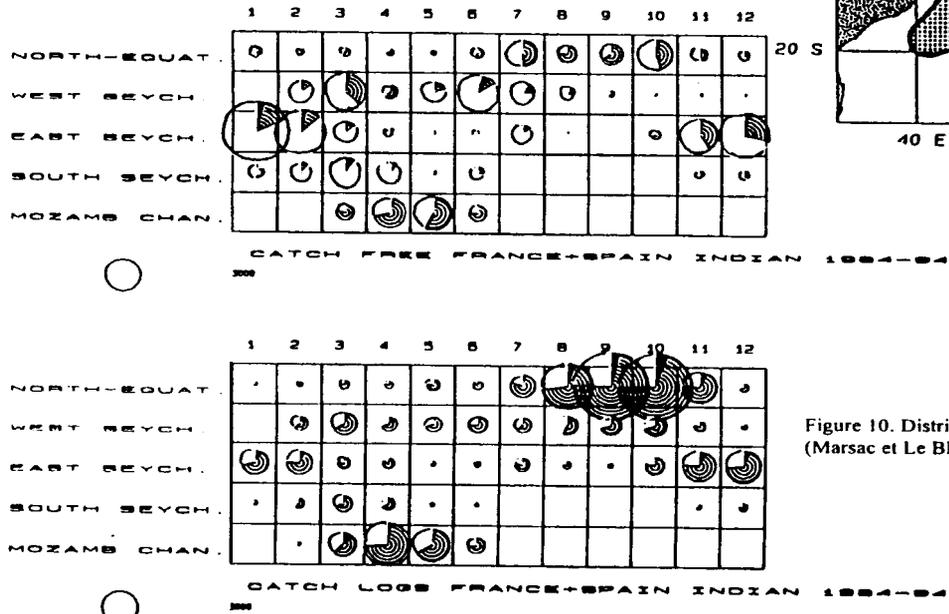


Figure 10. Distributions mensuelles des prises par espèce et par région par les senneurs. (Marsac et Le Blanc, 1996).

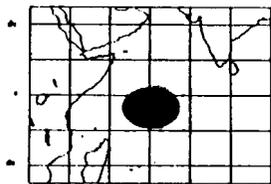
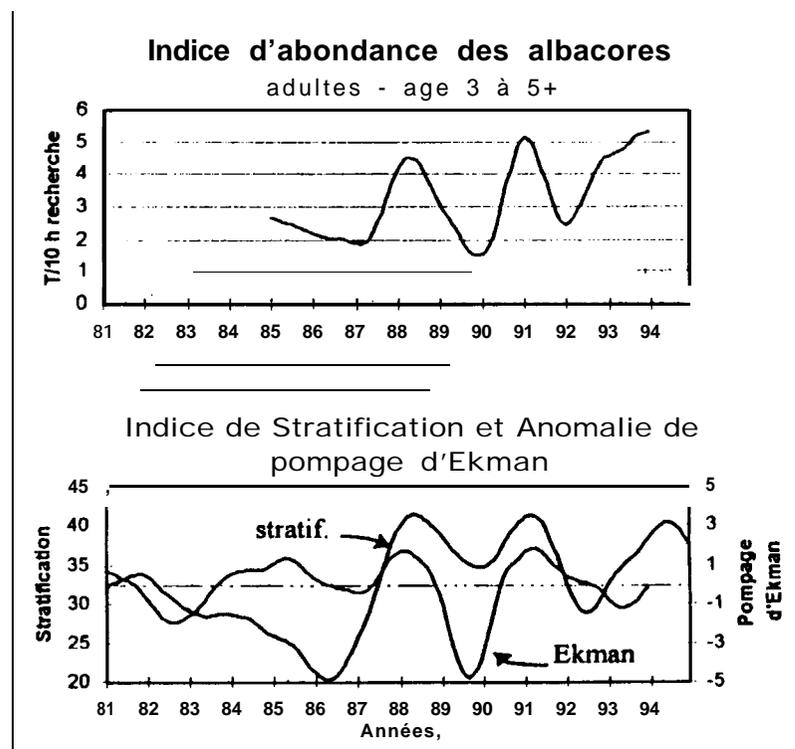


Figure 11. **Variabilité climatique et pêche industrielle à la senne**



- L'indice d'abondance des albacores adultes, estimé à partir de la pêche industrielle de surface, a subi des variations interannuelles significatives.
- Ces variations peuvent être mises en relation avec des changements de la stratification de la couche superficielle et du pompage d'Ekman.
- L'indice d'abondance traduit en fait des changements de capturabilité elle est accrue en situation de stratification marquée (1988,1991) et fortement diminuée en présence d'une anomalie négative prononcée du pompage d'Ekman (1989).

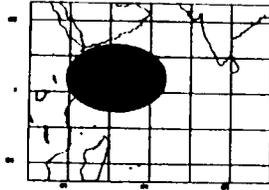
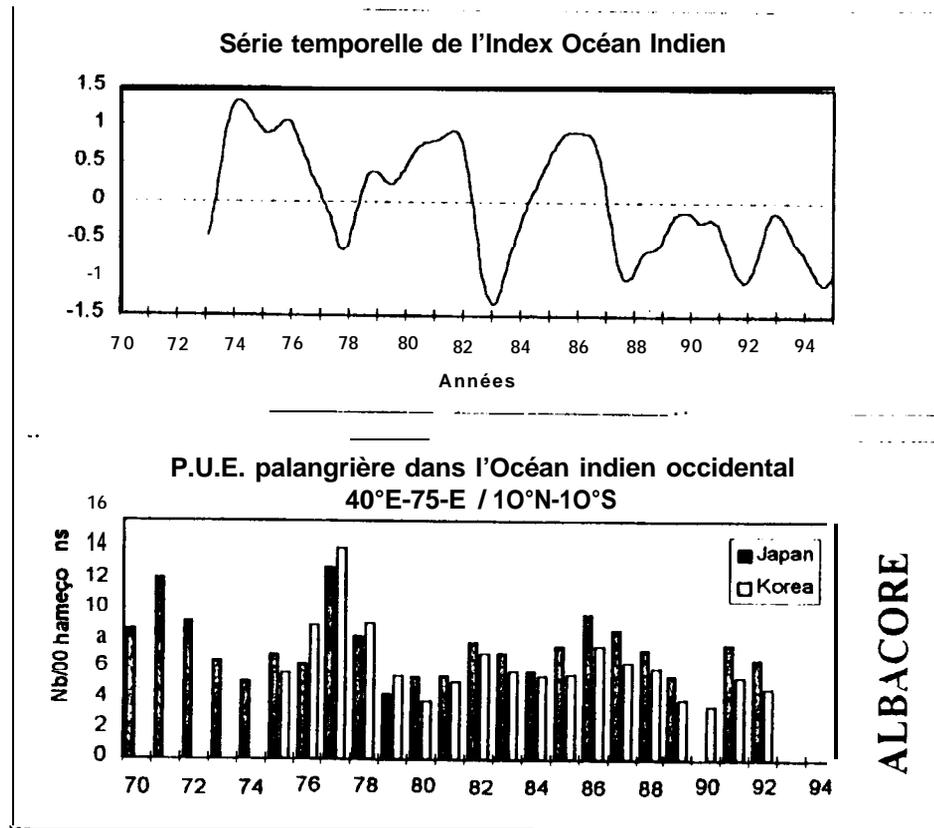


Figure 12. **Variabilité climatique et pêche industrielle palangrière**



- Les p.u.e. palangrières tendent à être plus élevées au cours des années à anomalie négative d'IOI (synchrones aux épisodes El Niño).
- L'une des raisons pourrait être un accroissement de la capturabilité des palangres sur l'albacore, par un approfondissement de la thermocline qui favoriserait la concentration des poissons aux profondeurs où sont mouillés les hameçons.

PRESENTATION No. 8

(Point 6.1.)

Stratégie pour la planification de l'île de Grande Comore

par Virginie TILOT et M. Youssouf ABOULHOUDA

INTRODUCTION

La planification de la zone côtière de l'île de Grande Comore prend en compte les problèmes et les opportunités concernant les ressources, les activités économiques existantes et les besoins de la population. Elle est le résultat d'un consensus entre tous les acteurs. Son développement doit se baser sur une déclaration officielle du Gouvernement et sa mise en oeuvre est conditionnée par l'adoption de cette stratégie par le Gouvernement.

Une équipe nationale a été mise en place et a préparé le profil côtier de l'île de Grande Comore. A partir de ce profil côtier, une stratégie pour le développement de la planification de la zone côtière de Grande Comore a pu être élaborée et est proposée ci-après.

L'objectif principal de la planification est de définir un programme qui permettra d'assurer la compatibilité entre le développement économique, le niveau d'exploitation de la ressource et le bien-être de la population. Pour ce faire, il faut garder à l'esprit en permanence le concept de développement durable et l'appliquer dans toutes les phases de développement de la stratégie.

Orientations pour la planification de la zone côtière de Grande Comore

Sur la base du profil côtier et du diagnostic des ressources et des activités humaines, il est possible de proposer, pour la stratégie de planification de la zone côtière de Grande Comore, les principales étapes suivantes :

1. Définir les objectifs prioritaires de la stratégie de planification,
2. Définir pour chaque objectif les actions principales, évaluer leurs impacts sur la ressource et sur le développement durable,
3. Au terme de la définition des orientations à prendre pour atteindre les objectifs et des actions nécessaires pour y parvenir, proposer un programme de mise en oeuvre de la planification. Pour ce faire, il convient de :
 - entériner officiellement et fermement la volonté du Gouvernement de se lancer dans une politique d'aménagement du territoire et de planification côtière,
 - désigner une autorité responsable pour la mise en oeuvre de la stratégie, en définissant

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 70

les mécanismes de coordination avec l'ensemble des partenaires impliqués, tant publics que privés, et les ONG,

- dégager ou rechercher les financements nécessaires,

- s'assurer de son développement, mettre en place des indicateurs de suivi et revoir les orientations si nécessaire en fonction des objectifs initiaux.

1. LES PRINCIPAUX ELEMENTS DU PROFIL COTIER

On trouvera ci-après une courte description des principales caractéristiques de Grande Comore et en particulier de la région Nord de l'île (géographique, écologique), des principales activités humaines et des problèmes qu'elles suscitent.

Caractéristiques du milieu

L'île de Grande Comore fait partie de la RFI des Comores ; l'archipel est situé dans la partie nord du canal de Mozambique. Cette île volcanique, de 64 km de long et 24 km de large, est caractérisée par le massif volcanique actif du Karthala culminant à 2 360 m ainsi qu'un massif plus ancien au nord, celui de la Grille entouré d'une centaine d'anciens cônes volcaniques et la presqu'île de M'Badjini au sud aussi couverte de cônes. Une plaine côtière de 1 à 2 km de large existe sur la côte ouest et fait défaut au sud et à l'est.

La variabilité des données climatologiques, géomorphologiques, géologiques, sédimentologiques et de pédogénèse au sein d'un espace limité, aux pentes généralement fortes, contribue à l'originalité de l'île de Grande Comore.

Le milieu côtier et marin présente une grande richesse et diversité par la présence de récifs coralliens de type frangeant, de mangroves, d'herbiers sous-marins, de plages de sable noir, roux et blanc, de coulées de lave, d'îlots et de bancs sous-marins, de zones d'upwelling et en raison de sa localisation au sein de zones de migrations de grandes espèces pélagiques.

Ces caractéristiques font que l'île de Grande Comore possède un potentiel à valoriser dans un contexte de développement durable notamment du point de vue agricole, halieutique et touristique.

Malgré une pluviométrie bénéfique mais variable en fonction de l'altitude et de l'exposition aux vents, l'île n'a pas de réseau hydrographique permanent et est défavorisée par un substrat basaltique poreux. Les eaux infiltrées sont collectées au niveau de la nappe phréatique qui est profonde et par conséquent difficile d'accès. Les eaux côtières sont saumâtres au contact du biseau salé. L'eau douce approvisionnant l'île provient de citernes en basalte à l'entretien souvent déficient.

La fragilité naturelle du milieu et la disponibilité limitée voire l'insuffisance de certaines ressources, comme les ressources en eau, constituent une des caractéristiques les plus importantes

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 71

à prendre en considération dans l'analyse du profil côtier de l'île. Cette fragilité est de surcroît largement menacée par les impacts négatifs de modes de mise en valeur et d'exploitation du milieu.

La rudesse de la morphologie sous-marine, la violence ponctuelle des courants et l'étroitesse du plateau continental font que le pourtour immédiat des îles reste fragile et menacé tant par les éléments naturels (érosion, éruptions, cyclones) que par l'exploitation humaine. Cette zone côtière, caractérisée par une grande biodiversité au sein de ses différents écosystèmes côtiers (récifs coralliens, herbiers, mangroves..), est menacée par une surpêche et une destruction de ses habitats par des pollutions multiples et une exploitation des coraux et du sable des plages.

La partie Nord de l'île de Grande Comore est caractérisée par des récifs coralliens de type frangeant. Les plages sont en général de sable blanc, d'origine biogène ou corallienne (Hantsindzi, Gou, Bangoi-Kouni, Idjini, Maloudja, N'Dzaouzé, au sud de Bouni) et de sable roux d'origine terrigène volcanique (pouzzolane broyé) à N'Droudé et Ivoini.

Géologiquement, le Nord de l'île est marqué par un double système de fracturation Nord-Sud et Nord-Ouest avec une zone d'affaissement ou de subsidence à l'Est au niveau de l'île aux tortues. Le massif de la Grille est un ensemble volcanique de construction quaternaire que l'on retrouve dans le Nord de l'île culminant à 1 087 m et entouré d'une centaine de cônes plus petits. L'île aux tortues, localisée à 300 m de la côte, est construite sur une unité supérieure de coulées de lave; cette île d'environ 1 hectare est entourée de récifs frangeants.

Une érosion côtière s'observe à N'Droudé ; la dynamique naturelle de sédimentation et d'érosion modelant les côtes est fragilisée par la double action de prélèvement de sable (sur les plages de Booni, Idjini, Bangoi Kouni, Ivoini, Hantsindzi et Ouéla), de corail (Hantsindzi et N'dzaouzé) et de dépôts terrigènes provoquant la mort des écosystèmes côtiers servant de zones tampons indispensables à l'interface terre/mer (N'Dzaouzé). Ces dépôts terrigènes proviennent des zones déforestées dont la terre est emportée par des eaux de ruissellement le long des pentes localisées au N-O et N-E du massif de la Grille.

La pluviométrie est plus forte en altitude et sur les versants ouest de l'île. Des sources sont localisées dans la région de Mitsamiouli et dans la Grille. Une adduction d'eau profonde est effectuée au sud de Mitsamiouli. Le lac salé au nord de l'île à Bangoi Kouni est un lac de cratère envahi par de l'eau de mer. Un lac d'altitude se trouve au sud du massif de la Grille à environ 500 m d'altitude.

Caractéristiques écologiques et ressources naturelles

Bien que peu étudiées, les Comores se situent après Madagascar pour la diversité des espèces (plus de 2 000 espèces floristiques répertoriées, 24 espèces de reptiles, 98 d'oiseaux, 17 de mammifères) et après les Seychelles pour son taux d'endémisme caractérisé comme très élevé (33 % des plantes vasculaires dont 43 espèces d'orchidées, plusieurs douzaines de mollusques terrestres, 30 à 60 % des insectes (papillons et araignées), 44 % des reptiles, 25 % à 75 % des oiseaux nicheurs, 2 espèces et 3 sous-espèces de mammifères dont 3 mégachiroptères (notamment la chauve-souris géante de Livingstone) et un lémurien (ces deux dernières espèces sont absentes de Grande Comore). Une espèce endémique menacée est d'importance mondiale comme le "poisson-fossile", le Coelacanth. Parmi les autres espèces menacées, on trouve des

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 72

invertébrés (corail noir, huîtres perlières, conques de Triton, Turbo, bénitiers...), des tortues marines (tortues vertes et tortues à écailles), des dugongs et des lémuriers.

Le prélèvement excessif tant des coraux que du sable à des fins de construction met en péril l'équilibre fragile des écosystèmes côtiers caractérisés par une biodiversité d'importance régionale et dont le rôle est indispensable dans l'échelle trophique des ressources vivantes côtières et marines ainsi que comme zone tampon contre l'érosion marine.

Grande Comore est l'exemple classique d'un pays où les ressources naturelles se détériorent de plus en plus sous la pression anthropique mal dirigée amputant la capacité de nutrition des populations et l'équilibre écologique des écosystèmes naturels.

Des habitats écologiquement importants comme les récifs coralliens, les herbiers sous-marins, les mangroves et les plages constituent des aires sensibles menacées par l'extraction de sable et de coraux, la sur-pêche par des moyens destructeurs, la pollution par la décharge de pesticides, des eaux usées et de déchets solides, l'urbanisation côtière anarchique...

Seule une partie de la forêt du Karthala est restée naturelle. Les pentes de ce massif présentent une succession d'écosystèmes représentatifs de tous les étages bioclimatiques évoluant selon l'exposition des versants aux précipitations, la nébulosité, l'altitude, la géomorphologie, la pédogénèse et la présence de coulées de lave.

La forêt naturelle représente un réservoir unique de biodiversité parmi une complexité de niches écologiques qui ne sont pas toutes étudiées ; ce patrimoine contient notamment de nombreuses espèces et sous-espèces endémiques dont certaines sont encore nouvelles pour la science et méritent d'être inventoriées de façon systématique.

Le défrichement accéléré de la forêt naturelle menace d'extinction un réservoir unique de nombreuses espèces endémiques et d'écosystèmes spécifiques représentatifs dont la diversité est accrue par le facteur altitudinal.

La partie Nord de l'île de Grande Comore est caractérisée par des récifs coralliens de type frangeant. On retrouve des herbiers sous-marins en face de Mitsamiouli, de Bangoi Kouni, Ivoini et de l'île aux tortues. On trouve quelques mangroves près de N'Tsaouéni et quelques palétuviers vestigiaux à Bangoi Kuoni.

Des tortues marines vertes viennent pondre sur les plages au nord de N'Droudé et à l'île aux tortues, de Misizambé à Maloudja et Mitsamiouli. Mais ces espèces sont menacées par les activités d'exploitation de sable ainsi que la prédation humaine. Des dugongs ont été signalés au nord de Mitsamiouli dans les herbiers mais leur présence est actuellement extrêmement rare.

La forêt humide sempervirente tropicale de la Grille située à environ 1 000 m d'altitude a été remplacée à 95 % par un système agrosylvopastoral (cultures vivrières sous-forêt, élevage et exploitation forestière). L'élevage de bovins est caractéristique de cette zone. Des bandes de reboisement d'Eucalyptus sp. et de Casuarina equisetifolia ont été pratiquées de façon anarchique. Une brousse xérophile se retrouve à Bangoi Kouni caractérisant un microclimat sec.

Activités humaines

La situation actuelle est le résultat d'une exploitation généralement anarchique des ressources naturelles et de l'absence d'une politique rationnelle d'aménagement du territoire. Parmi les solutions proposées, viennent en priorité, le règlement de la question foncière, la responsabilisation des communautés de base et une approche intégrée de tous les aspects du développement et de la conservation des ressources naturelles.

Le patrimoine historique et culturel de Grande Comore est très diversifié par ses origines perses, indiennes, indonésiennes, bantoues, malgaches et européennes mais n'est malheureusement pas mis en valeur. Comme ces ressources historiques sont en général localisées en milieu côtier, elles sont menacées de destruction par des phénomènes anthropiques comme une urbanisation anarchique et l'exploitation des plages.

La population de Grande Comore est caractérisée par une extrême jeunesse (41 % de moins de 15 ans) et une croissance démographique élevée (actuellement 2,7 %) en raison de l'amélioration des conditions sanitaires, de la généralisation de la polygamie et de l'insuffisance de la contraception. Depuis la dévaluation en 1993, les troubles militaires et politiques font penser que les Comores sont parmi les plus défavorisés du continent africain mais une compensation existe grâce aux revenus transférés par les expatriés et à l'émigration. En effet, l'Indicateur de Développement Humain (IDH) en 1990 mettait les Comores parmi les valeurs moyennes des pays africains. Le taux de scolarisation a reculé (64,2 %) depuis 1991. Le taux de réussite scolaire a nettement diminué. Le coefficient de dépendance alimentaire est supérieur à 50 %.

Des actions de planification familiale, une amélioration des services de santé, des services de scolarité, de la gestion des déchets, de la qualité de l'eau et un programme alimentaire et de vaccinations pour les enfants sont des réponses adéquates pour répondre aux problèmes que subit la population comorienne.

La pression démographique sur les terres arables et le bas niveau de développement économique causent une urbanisation élevée et en progression. L'urbanisation est explosive et anarchique, sans équipements collectifs, en raison d'une absence de plan d'aménagement du territoire et de schéma d'aménagement urbain actualisé ainsi que du non respect des avis du Service de l'Urbanisme sur l'attribution des permis de construire.

Le régime foncier aux Comores est complexe car il n'y a pas d'immatriculation systématique des terres et trois droits fonciers s'appliquent concurremment : le droit colonial, le droit musulman et le droit coutumier. La précarité des droits sur la terre démotive les occupants à investir dans son amélioration et sa conservation.

Grande Comore possède un réseau routier relativement satisfaisant essentiellement localisé le long des côtes. Concernant les liaisons maritimes, le port de Moroni, la seule infrastructure portuaire de l'île, reste insuffisant comme port de commerce. Les cargos ne peuvent pas y accoster et il y a un risque de pollution lors du transfert de carburant par conduites flottantes. Il n'y a pas de port de plaisance.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 74

Le trafic inter-îles est très insuffisant, aléatoire et sans contrôle de sécurité. Le trafic aérien international repose sur l'aéroport de Hahaya à proximité de Moroni. La concurrence récente des vols a fait baisser les prix et augmenter la fréquence des vols. Le transport aérien inter-îles est actuellement problématique du point de vue des prix, de la sécurité, de la fréquence et de la régularité des vols ; il est à développer notamment pour faciliter le tourisme.

La collecte, le contrôle sanitaire et la distribution d'eau potable ne sont pas fiables ni en quantité, ni en qualité et ni en régularité.

La production de l'électricité est épisodique avec souvent de fortes variations de tension ; elle est tributaire des importations de produits pétroliers. L'utilisation du bois comme combustible est courant dans les travaux ménagers ainsi que dans les petites entreprises agro-alimentaires comme les distilleries d'ylang-ylang.

Il n'y a pas aux Comores de réseau de collecte ni de traitement des déchets liquides et solides. Il y a donc un risque de pollution de la nappe phréatique par les fosses septiques, les puits d'infiltration et les lixiviats et des eaux côtières par les décharges solides et les égouts. Ces conditions d'insalubrité favorisent l'expansion de vecteurs de maladies contagieuses (paludisme, filariose...) ainsi que l'expansion de la population de rats.

Certains phénomènes naturels (modèle disséqué, décapage des sols fragiles même sous forêt dès que le relief est accidenté, cyclones, éruptions volcaniques, érosion côtière...) sévissant sur l'espace terrestre, côtier et marin de Grande Comore sont fortement accentués par l'action humaine et notamment par l'utilisation de l'espace pour l'agriculture, l'élevage, la foresterie, la pêche et l'urbanisation.

Le secteur primaire, notamment l'agriculture, prédomine dans les activités économiques comoriennes, faisant vivre environ 80 % de la population et assurant 98 % des recettes d'exportation. En général sur le territoire exigu de l'île prédominent des techniques culturelles et des modes d'exploitation inadaptés à la pression accrue de la population.

L'élevage peu organisé et non intégré à l'agriculture, la déforestation pour la production de bois de feu et la diminution du temps de jachère, induisent une diminution de la fertilité et une dénaturation des sols et la poursuite du défrichement de la forêt.

L'agriculture comorienne souffre de la très faible productivité des cultures vivrières, pratiquées en association, et de la dualité culture de rente/culture vivrière sur un mode extensif d'autant plus que le secteur agricole est considéré comme le moteur de la relance économique.

Le manque de circuits de commercialisation, de contrôle sanitaire et génétique ainsi que d'appui technique et financier aux agriculteurs, aux éleveurs et à l'industrie agro-alimentaire sont des freins au développement de la production agricole. Il n'y a pas de véritables industries agro-alimentaires aux Comores, seulement des petites unités artisanales de transformation de produits locaux (fruits, lait, vanille, girofle, copra, ylang-ylang).

Etant donné l'insuffisance de la production alimentaire locale face à la demande intérieure, les

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 75

importations sont conséquentes et la balance commerciale est largement déficitaire. La dévaluation n'a pas permis de relancer les exportations de vanille, de girofle, d'ylang-ylang et de coprah qui connaissent actuellement une mévente causée par l'émergence de nouveaux pays producteurs plus compétitifs et par la forte concurrence des produits de synthèse.

La pêche aux Comores est uniquement de nature artisanale et n'est destinée qu'à la consommation intérieure. Les produits de la pêche représentent l'apport principal de protéines animales. Une politique d'exploitation du milieu marin et côtier est nécessaire pour garantir la pérennité de la ressource et interdire les pêches destructives (poison, dynamite, filets à mailles trop fines...).

Des techniques de pêche au large des espèces démersales et pélagiques ont été introduites dans le cadre de projets de coopération (motorisation, nouvelles embarcations, dispositifs concentrateurs de poissons, pêche à la traîne, au palangre...) afin de réduire la pression sur le littoral (sur-pêche, destruction de l'habitat, pollution) et d'assurer la sécurité alimentaire pour le pays. L'absence de techniques de conservation et de commercialisation du poisson se fait sentir et fait l'objet de divers projets d'appui au développement de la pêche.

Des accords de pêche ont été négociés avec des thoniers européens pêchant dans la ZEE comorienne, mais l'importance des captures ne peut être chiffrée avec précision en raison d'actions de pêche illégale par des nations ayant passé des accords de pêche avec des pays voisins.

Le tourisme aux Comores est encore à ses débuts et n'a pas encore de véritables retombées économiques. L'écotourisme est une des sources potentielles de revenus permettant aussi de protéger et de gérer le patrimoine naturel, historique et culturel de l'île. Le développement de l'artisanat, la création de zones thématiques ainsi que l'installation d'un circuit de relais éco-touristiques et de sentiers de randonnées sont repris dans les projets de développement du tourisme.

L'environnement économique et juridique n'incite pas à la création et au développement d'entreprises privées aux Comores en raison entre autres de l'absence de matières premières, de l'isolement du reste du monde, du coût élevé de l'énergie et de l'absence de tribunal du commerce.

La partie Nord de l'île de Grande Comore est caractérisée par des sites historiques et culturels à N'Tsaoueni, Mitsamiouli, Idjini, Bangoi Kouni, Ivoini, Hantsindzi et Bouni. Les zones de forte concentration démographique (plus de 2 000 habitants) sont situées le long de la côte autour de Mitsamiouli, Bangoi Kouni et M'Beni. Les agglomérations comptant entre 1 000 et 2 000 habitants sont N'Tsaouéni, Hadjambou et Itsandzeni. Une route nationale revêtue borde le littoral comme sur toute l'île. Les villages du massif de la Grille sont moins bien desservis.

Les zones agricoles sont réparties de la façon suivante : une plantation arborée mixte composée de bananiers et d'arbres fruitiers à dominante de cocotiers et de cultures vivrières associées sur le littoral à l'exception de N'Tsaoueni et de Hantsindzi où abondent des cultures vivrières à haies vives et une forme d'aménagement agro-sylvo-pastorale. A partir de 200 m, on trouve des cultures vivrières à jachère herbacée avec quelques cultures maraîchères. En altitude prédominent des cultures vivrières sous forêt reboisée. Des plantations de vanille sont localisées près de

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 76

Bouni. En ce qui concerne l'élevage, le caprin abonde dans la région de Bangoi Kouni et Ivoini, tandis que le bovin est plutôt localisé dans le sud du massif de la Grille. Les principaux ports et villages de pêche artisanale sont à N'Tsaoueni, Mitsamiouli, Bangoi Kouni et Bouni.

En ce qui concerne le tourisme, les plages les plus pittoresques sont à Mitsamiouli, Maloudja, Bangoi Kouni, N'Droudé et Bouni. Des randonnées pédestres sont envisageables à Ivoini et dans le massif de la Grille. Les sites principaux de plongée sous-marine sont localisés essentiellement de N'Tsaoueni à Bangoi Kouni et à l'île aux tortues. La pêche sportive est pratiquée par le complexe hôtelier et nautique du Galawa appartenant à la chaîne hôtelière de Sun international. Les projets d'écotourisme comportent deux zones thématiques dans cette partie de l'île : de Mitsamiouli à Ivoini et de N'Droudé à Bouni où des relais d'écotourisme peuvent être adaptés.

Cadre politique, juridique et institutionnel

Le cadre politique de l'environnement et de l'aménagement du territoire aux Comores repose sur deux documents : la Politique Nationale de l'Environnement (PNE) adoptée en 1994 et le Plan d'Action Environnemental (PAE) adopté en 1995.

Du point de vue juridique, le texte le plus important est la Loi cadre relative à l'Environnement, adoptée en 1994 et dont les décrets d'application sortent progressivement. Cette loi couvre entre autre les aspects de la pollution, des études d'impact, de la protection de l'environnement terrestre et marin et des aires protégées. Au niveau international, les Comores ont signé ou ratifié en 1994 et 1995 8 conventions internationales, dont celles sur la Diversité Biologique, les Changements climatiques, Ramsar et la Convention régionale du PNUE pour l'Afrique orientale.

Les institutions nationales relatives à la gestion de l'espace ont été restructurées dans les dernières années pour donner un schéma cohérent comprenant un Comité Interministériel Consulatif sur l'Environnement récemment transformé en Comité National de Coordination du Développement Durable (CNCDD) qui assure la liaison entre les divers Ministères concernés. Parmi ceux-ci, le plus impliqué dans la planification est le Ministère du Développement Rural, de la Pêche et de l'Environnement dont une des structures, la Direction Générale de l'Environnement comporte un Service de l'Aménagement du territoire. Les autres ministères d'importance sont ceux du Transport et du Tourisme, de l'Equipement, du Plan et le Centre National de Documentation et de Recherche Scientifique.

II. DU PROFIL COTIER A LA PLANIFICATION

A partir du diagnostic, il est possible de détailler les principales actions nécessaires pour réaliser la planification côtière. Le canevas proposé ci-dessus est développé dans les paragraphes suivants.

1. Définir les objectifs prioritaires de la stratégie de planification

Dans le cas de Grande Comore, en s'appuyant sur les conclusions du diagnostic, les objectifs prioritaires de la planification côtière pour un développement durable doivent couvrir les thèmes

suivants :

- maintenir ou restaurer la qualité de l'environnement côtier à travers un zonage des activités et des usages (urbanisation, industrie, tourisme),
- développer un zonage des actions de conservation pour la protection des espèces les plus remarquables et la protection / restauration des écosystèmes côtiers,
- assurer un développement cohérent des zones urbaines et industrielles, contrôler et réduire la pollution pour assurer une meilleure qualité de vie pour la population,
- sensibiliser et éduquer la population pour l'associer au succès de toutes ces démarches.

2. Définir pour chaque objectif les actions principales, évaluer leurs impacts sur la ressource et sur le développement durable

Cette étape ne peut être réalisée que dans le cadre d'une concertation avec la population, à tous les niveaux. Pour chacun des objectifs, on peut déjà proposer les orientations suivantes:

2.1. Maintenir ou restaurer la qualité de l'environnement côtier à travers un zonage des activités et des usages (urbanisation, industrie, tourisme).

Cet objectif ne sera atteint qu'avec une participation de tous les acteurs nationaux publics, privés et ONG. Cette participation se fera sous forme de réunions, de propositions, de révisions, afin de correspondre au mieux aux besoins et aux potentialités de l'île de Grande Comore, à la fois dans son cadre national, régional et international.

La planification des activités en mer se fera au niveau national avec les pêcheurs, les armateurs et la marine nationale. Au niveau international, elle impliquera tous les partenaires du pays dans les actions de pêche, de transport de produits et de personnes, dans les eaux territoriales et la zone exclusive économique (ZEE) du pays.

La planification des activités à terre se fera aussi avec l'ensemble des partenaires. Il convient d'intégrer entre autres à la réflexion et au choix des options les agriculteurs, les industriels, les petites entreprises, les opérateurs privés, notamment dans le secteur du tourisme et toutes les institutions nationales.

Les cartes préparées dans le cadre du diagnostic, et en particulier la carte de synthèse, constituent un support essentiel pour les discussions préliminaires et la pré-définition du zonage. Ce zonage devra prendre en compte tous les aspects du développement et leurs impacts sur les zones de conservation.

2.2. Développer un zonage des actions de conservation pour la protection des espèces les plus remarquables et la protection / restauration des écosystèmes côtiers.

Pour cet aspect, on s'orientera vers la protection des espèces les plus remarquables (comme le

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 78

coelacanth) et la protection et la restauration des écosystèmes en particulier dans le domaine terrestre, les forêts relictuelles et dans le domaine marin les récifs coralliens et les mangroves.

Pour établir un zonage cohérent permettant d'assurer à la fois des actions de conservation et des activités de développement comme le tourisme, l'agriculture et la pêche, il convient d'impliquer dans la décision tous les acteurs appartenant à ces différents secteurs.

2.3. Assurer un développement cohérent des zones urbaines et industrielles, contrôler et réduire la pollution pour assurer une meilleure qualité de vie pour la population.

Ce développement doit s'appuyer entre autres sur des politiques cohérentes concernant le foncier, la croissance démographique, la santé, la gestion des ressources en eau, l'énergie, le traitement des déchets et le développement des infrastructures nécessaires au développement économique.

En particulier, chaque centre urbain et chaque zone industrielle fera l'objet d'un plan de développement spécifique comprenant les infrastructures appropriées (eau, énergie, déchets).

2.4. Sensibiliser et éduquer la population.

La population. doit être sensibilisée au processus de planification, à sa nécessité pour la survie et le bien-être de la population de Grande Comore en particulier et de l'ensemble du pays en général. Cette sensibilisation se fera de façon naturelle si le processus est développé de manière participative, avec l'inclusion dans les discussions et dans les choix de toutes les couches de la population et de tous les secteurs d'activités.

Un programme adapté d'éducation et d'orientation professionnelle des jeunes viendra renforcer et pérenniser toutes ces actions de planification.

3. Programme de planification côtière

Au terme de la définition des orientations à prendre pour atteindre les objectifs et des actions nécessaires pour y parvenir, il faut préparer un programme de planification côtière. Pour ce faire, il convient de passer par les étapes suivantes :

3.1. Entériner officiellement et fermement la volonté du Gouvernement de se lancer dans une politique d'aménagement du territoire et de planification côtière,

Cette déclaration de politique générale doit être faite par la plus haute autorité nationale et être inscrite dans les priorités budgétaires (Programme d'investissement Prioritaire - PIP) pour pouvoir mener à bien sa réalisation.

3.2. Désigner une autorité responsable pour la mise en oeuvre de la stratégie, en définissant les mécanismes de coordination avec l'ensemble des partenaires impliqués, tant publics que privés ainsi que les ONG.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 79

L'autorité pour la préparation (Service de l'Aménagement du Territoire de la Direction de l'Environnement) peut être différente de celle responsable de sa mise en oeuvre. A ce stade, la nécessité de décision et de résolution de conflits d'intérêt nécessite une autorité supérieure, sauf si le service responsable a été doté des outils juridiques nécessaires pour la mise en oeuvre. Dans le cas de Grande Comore, l'utilisation du Comité National de Coordination de Développement Durable élargi aux autorités de l'île est peut être la meilleure solution pour une garantie de succès.

3.3. Dégager ou rechercher les financements nécessaires.

En cours de préparation, la réalisation de la planification fera l'objet d'une évaluation des coûts. Cette phase, sur la base de la déclaration formelle d'orientation nationale et des dossiers préparés, pourra faire l'objet de financement à partir du budget national ou dans le cadre d'accords de coopération.

3.4. S'assurer du bon développement de la planification (conforme à l'agenda établi, voir plus loin), mettre en place des indicateurs de suivi (écologiques, sociaux, économiques et politiques) et revoir si nécessaire les orientations en fonction des objectifs initiaux.

Les indicateurs pour le développement durable doivent être définis et suivis dans le cadre de la planification côtière. Par développement durable, on entend les facteurs économiques, sociaux, environnementaux et institutionnels.

Sur la base de ces indicateurs, on mettra en place un système de révision et la possibilité de réorienter les actions en fonction d'éléments nouveaux ou de changement de situation, tant régionale qu'internationale (tourisme, prix des produits de rente).

III. PROGRAMME DE MISE EN OEUVRE DE LA PLANIFICATION COTIERE

Pour chaque secteur clef et en particulier pour:

- l'aspect institutionnel,
- l'aspect juridique,
- les aspects techniques sectoriels,

un dossier sera préparé en fonction des orientations et des objectifs assignés pour la planification de la zone côtière.

Le dossier institutionnel s'appliquera à ce que les institutions existantes puissent mettre en oeuvre la politique retenue. La redéfinition de leurs attributions, le renforcement ou la réorganisation de certaines administrations pourront s'avérer nécessaires. Si besoin est, une nouvelle administration pourrait être définie et mise en place. En outre, la formation des personnels sera améliorée.

Le dossier juridique est complexe, car la législation vient de subir de profondes modifications. De ce fait, il convient de renforcer ses potentialités en accélérant l'adoption des décrets d'application de la loi cadre sur l'environnement et des diverses conventions internationales. Au terme du processus de planification, on pourrait envisager la préparation d'une loi du littoral. Le

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 80

dossier juridique se préoccupera tout d'abord de l'adéquation des textes existants avec les objectifs et la mise en oeuvre de la planification de la zone côtière. Il définira ensuite les modifications à y apporter ou les nouveaux textes nécessaires à sa mise en application. Ces textes pourront concerner en particulier la réglementation des activités (loi littoral), les institutions (définition des attributions) ou des sujets plus complexes comme la réglementation foncière. Une réforme foncière, basée sur une nouvelle législation, une nouvelle taxation et un cadre institutionnel, est indispensable à l'aménagement du territoire et en particulier à l'efficacité d'une réelle politique agricole, à la gestion des ressources naturelles, à l'encouragement de l'investissement et au développement rationnel des zones urbaines et industrielles. Pour la mise en oeuvre de la planification, les modalités d'application des lois existantes doivent être renforcées par une meilleure formation des personnels.

Pour les dossiers techniques sectoriels, un certain nombre de remarques et de réflexions ont été faites dans l'élaboration du diagnostic. De même, des recommandations ont été préparées et des orientations retenues, en se basant sur l'existant et sur les programmes en cours ou prévus. Cependant, en cours de préparation du zonage général de la planification côtière, certaines incompatibilités peuvent apparaître. Ceci fera l'objet d'une des phases de négociation avant l'adoption d'un zonage des activités et un choix plus précis des orientations de l'action.

Un dossier sera préparé pour chaque secteur majeur. Sur la base des recommandations du diagnostic, il est possible d'orienter les actions dans chaque secteur comme défini ci-après:

Population

Pour formuler une politique permettant de contrôler la croissance démographique, il convient :

- d'améliorer les connaissances à travers une enquête socio-économique,
- d'établir un système centralisé pour la collecte, l'exploitation, l'analyse, la publication et la diffusion des données démographiques,
- soutenir les actions de planification familiale.

Santé et Education

A l'interface de la planification côtière et de la santé et de l'éducation, un certain nombre d'actions sont nécessaires ou doivent être renforcées et notamment :

- sensibiliser la population aux nécessités d'hygiène et d'assainissement du milieu,
- améliorer la qualité de l'eau, les réseaux d'assainissement et la gestion des déchets,
- orienter la formation scolaire vers les exigences du marché du travail en corrélation avec le développement économique prévu dans le cadre de la planification côtière.

Eau

Les objectifs de la politique nationale de l'eau visant à assurer la distribution au plus grand nombre et en quantité suffisante d'une eau de qualité (contrôlée sanitaire) ne sont atteints que partiellement. Dans le cadre d'un développement socio-économique durable, il convient de gérer la qualité et la quantité des ressources en eau en développant les actions suivantes :

- l'évaluation et la protection de la ressource en eau,
- l'exploitation des ressources souterraines,
- l'amélioration des systèmes de distribution et de stockage des eaux pluviales,
- le renforcement des mesures de contrôle sanitaire et la surveillance contre les pollutions de toute nature.

Energie

Il faut améliorer l'utilisation des ressources énergétiques aux Comores et évaluer les possibilités de l'utilisation d'autres sources d'énergie comme l'énergie éolienne, hydrothermique, géothermique ou solaire (estimée la plus prometteuse en raison de la moyenne annuelle de 2 600 heures d'insolation aux Comores). En ce qui concerne l'électricité, il faut améliorer les réseaux de distribution et créer des unités de production plus importantes et trouver des solutions pour baisser les coûts.

Transport

Une amélioration des infrastructures routières, maritimes et aéroportuaires dans le cadre d'une planification spatiale générale est à développer.

Construction/habitat

Afin d'assurer un développement cohérent de l'habitat, un certain nombre de mesures peuvent être préconisées:

- contrôler l'urbanisation anarchique et l'utilisation non rationnelle de l'espace urbain en se basant sur une politique foncière et sur des plans d'aménagement urbain,
- réduire la pression sur le sable de plage en abaissant le coût de production du sable concassé,
- promouvoir des matériaux traditionnels comme des moellons volcaniques ou des briques de terre.

Traitement des déchets

La collecte et le traitement des déchets liquides et solides ne sont pas assurés sur l'île. Un plan général est à développer pour l'ensemble de Grande Comore et en particulier les grands centres urbains.

Agriculture/Forêt

Il existe d'importants programmes en cours sur l'agriculture, l'élevage et la pêche. Une coordination avec tous les autres projets sur ce thème est nécessaire. En ce qui concerne la forêt dont l'importance est vitale pour un développement durable, les actions suivantes sont recommandées:

- établir et mettre en oeuvre un plan de gestion de la forêt (restauration, exploitation)
- effectuer l'inventaire exhaustif de ce patrimoine et identifier les plantes aromatiques et médicinales,
- sensibiliser la population à l'intérêt de conserver l'écosystème forestier.

Pêche et Récifs coralliens

Pour ce qui est de la pêche, l'application ou l'amélioration de la législation existante, la mise en réserve de certains sites, la préparation de plan de gestion des ressources marines sont nécessaires.

En outre, afin d'adapter des méthodes de gestion et de conservation appropriées, il est nécessaire d'effectuer un inventaire des espèces faunistiques et floristiques, une estimation des populations au sein de l'écosystème des récifs coralliens ainsi que de mener une surveillance de l'état de santé des récifs en évaluant l'impact des activités humaines.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 82

Patrimoine culturel

L'histoire et la culture très diversifiée des Comores font de cet archipel une entité unique dont le patrimoine est à préserver et à mettre en valeur. Une remise en état des monuments historiques s'impose et leur réhabilitation dans un contexte culturel régional au niveau de l'océan Indien serait nécessaire. Ces sites historiques une fois réhabilités pourraient contribuer fortement à l'essor touristique.

Tourisme

Il convient de développer une réelle politique du tourisme prenant en compte, en particulier, le développement d'un artisanat original et de qualité, la baisse des tarifs aériens, l'amélioration des liaisons maritimes, l'installation des petites infrastructures et l'implication de la population dans des actions de type écotourisme (relais, chemins de randonnée).

Industrie et secteur privé

Il faut favoriser l'essor des petites et moyennes entreprises en respectant l'environnement (distilleries au mazout, petites unités de concassage dans les villages, coopératives) et en tirant profit des expériences dans la région. Un tel développement ne peut se faire sans la définition et l'aménagement de zones industrielles dans des sites adéquats et pourvues de systèmes d'épuration.

Recherches et études complémentaires

Il convient tout au long du processus de planification de compléter les études, de faire des recherches complémentaires ou de mettre en place des mécanismes de suivi dans de nombreux domaines et en particulier pour la météorologie, l'océanographie, les récifs coralliens, les herbiers sous-marins, les mangroves, les plages, la faune et la flore en général. Pour les espèces endémiques, rares et menacées, il convient de développer des programmes particuliers, comme cela est prévu en particulier pour le coelacanthé, les tortues marines dans le programme FEM-biodiversité pour les Comores.

Des données sont aussi nécessaires pour le patrimoine culturel, pour les aspects sociaux (population, santé) et économiques (agriculture, pêche, petites et moyennes industries, commerce).

Information et sensibilisation

Les actions de sensibilisation en environnement/développement, la formation et les projets de recherche sont à développer à un niveau national et régional. Il faut notamment aider le CNDRS à assumer son rôle de bibliothèque, de base de données, de musée et d'organisme de recherche. Il faut renforcer les actions concernant l'information et la sensibilisation des communautés locales et des visiteurs en créant des centres d'information sur l'environnement côtier de l'île ou sur des espèces particulières, comme le coelacanthé, ou des écosystèmes (récifs, plages, mangroves, forêts).

Formation

La formation doit viser des personnes clefs dans la planification, comme les institutions responsables de sa mise en oeuvre (avec des formations spécifiques, par exemple sur les études

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 83

d'impact, les SIG) mais aussi des secteurs valorisant la conservation de l'environnement comme les guides (randonnée, nature, mer, monuments historiques et culturels) ou les enseignants et les ONG qui peuvent sensibiliser les villageois ou les élèves des écoles.

L'intégration de toutes ces données dans un zonage des activités et des usages sera réalisée au cours de réunions du CNCDD élargi. C'est au cours de ces réunions de concertation que sera précisé le zonage et réglés les conflits potentiels entre les activités de développement et la conservation des ressources naturelles.

IV. PHASAGE DES OPERATIONS DE PLANIFICATION COTIERE

1. Entériner officiellement et fermement la volonté du Gouvernement de se lancer dans une politique d'aménagement du territoire et de planification côtière,
2. Désigner une autorité responsable pour la préparation de la stratégie de planification, qui pourrait être le CNCDD élargi aux autorités de Grande Comore avec un secrétariat assuré par le Service de l'Aménagement du Territoire de la Direction de l'Environnement,
3. Mettre en place un groupe de travail sur les aspects juridiques et institutionnels, groupe qui devra préparer les dossiers de ces deux secteurs et assister à l'ensemble des réunions de travail entre les diverses administrations,
4. Préparer les dossiers sectoriels en fonction des orientations et recommandations présentées plus haut (II) ; chaque dossier sectoriel devra comporter un volet de zonage physique des activités et des usages dans une optique de développement durable,
5. Réaliser des réunions de concertations inter-départements et inter institutions afin d'arriver à un zonage physique cohérent ; les points de litige seront examinés en session plénière par le CNCDD élargi.
6. Adopter en réunion plénière une proposition de zonage pouvant être soumise au Gouvernement,
7. Décider au niveau du Gouvernement de la mise en oeuvre de cette planification côtière pour Grande Comore,
8. Dégager ou rechercher les financements nécessaires,
9. Désigner une autorité responsable pour la mise en oeuvre de la stratégie de planification, en

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 84

définissant les mécanismes de coordination avec l'ensemble des partenaires impliqués, tant nationaux qu'internationaux, tant publics que privés ainsi que les ONG,

10. S'assurer du développement de la planification, mettre en place des indicateurs de suivi et revoir les orientations, si nécessaire, en fonction des objectifs initiaux.

V.VERS UNE ZONATION PRELIMINAIRE DES ACTIVITES ET DES USAGES

Au vu des conditions du milieu, de la fragilité des écosystèmes et de la sensibilité des espèces et des impacts probables des activités humaines, il est possible de proposer une zonation des activités et des modes de gestion associés.

Diverses zones ont été définies, dont les objectifs et la gestion seront variables. En allant vers une gestion concernant les zones à usages multiples vers les zones de conservation à gestion stricte, une première approche permet de différencier en domaine terrestre : les zones industrielles et les zones urbaines, les zones touristiques, les zones agricoles, les zones forestières et les zones de conservation A cette zonation de l'espace viennent se superposer les infrastructures nationales vitales (routes, électricité, eau). En domaine marin, on distinguera : les zones marines de conservation, les réserves de pêche, les zones marines touristiques et les zones marines à usage mutiple. Cette zonation est reportée sur la carte schématique et des précisions sont données dans les paragraphes suivants.

Zones industrielles

La principale zone permettant de développer des activités industrielles de petite et moyenne dimension se situe sur la côte ouest de l'île, entre Moroni et Hahaya. C'est dans cette zone que se trouve déjà une importante unité de concassage et l'aéroport international. En outre, les terrains ne sont en général pas propices à l'agriculture (seulement quelques pâturages) car se trouvant sur d'anciennes coulées de lave.

Zones urbaines

Les principaux pôles d'urbanisation de Grande Comore sont par ordre d'importance : Moroni et sa zone périphérique (N'Tsoudjini, Ikoni, Unkazi) y compris Hahaya en progression, Mitsamiouli et sa périphérie avec Bangoi Kouni et N'Tsaouéni en essor, M'Beni et sa périphérie et la zone sud-est de Foubouni, Malé, Kourani, Dembeni.

Zones terrestres touristiques

La zone la plus importante est la zone au nord de Mitsamiouli, de la plage de Maloudja à la plage de N'Droudé et l'île aux tortues en incluant le Trou du prophète, le lac salé et Goulaïvoini. On peut étendre cette zone à la plage de Bouni proposée comme zone thématique ; les deux autres zones d'attraction touristique sont localisées sur la pointe sud-est de la région de Chindini à Malé et au centre-est à Chomoni. Le volcan du Karthala et son cratère est une attraction touristique certaine. Deux sites de randonnées sont localisés à Convalescence et à Hantsongoma ; le massif de la Grille en possède un à Filao.

Zones agricoles

L'activité agricole est prédominante sur l'île. La zonation des activités agricoles sur l'île est complexe et n'obéit à aucun plan défini. Les facteurs altitudinaux, de microclimats, d'exposition aux vents et de morphopédologie déterminent en gros :

- au sud du massif du Karthala et sur le massif de Badjini une zone importante de cultures vivrières itinérantes en association avec des arbres fruitiers où l'élevage de caprins domine,
- sur le versant ouest du Karthala prédomine une plantation arborée mixte à dominante de cultures vivrières associées avec quelques cultures d'ylang-ylang et à plus haute altitude des cultures vivrières sous forêt naturelle ; par contre, sur les versants est et nord, plus secs, les cultures sont moins importantes, comportant en général des cultures vivrières itinérantes en association avec des arbres fruitiers
- la zone centrale du plateau de Diboini a une vocation pastorale avec l'élevage de bovins ainsi que la région de Hahaya ; des grandes étendues de brousse xérophile caractérisent aussi cette zone.
- la zone nord du massif de la Grille présente en milieu côtier, surtout à l'ouest, une plantation arborée mixte à dominante de cocotiers et de cultures vivrières associées avec quelques cultures de rente (vanille, ylang-ylang) et en altitude d'importantes zones de cultures vivrières à jachère herbacée avec quelques cultures maraîchères. L'élevage de caprins domine dans cette zone. Sur le haut de la Grille se pratiquent des cultures vivrières sous forêt reboisée.

Zones forestières

Outre le massif du Karthala proposé en zone forestière de conservation, le massif de la Grille ayant été entièrement déforesté de sa végétation naturelle, présente actuellement des zones reboisées avec en général des essences non adaptées aux conditions de l'île et actuellement surexploitées.

Zones forestières de conservation

La forêt naturelle du Karthala, localisée à partir d'environ 1 000 m est proposée comme zone de conservation. Les versants ouest et sud, plus arrosés et comportant des sols plus profonds abritent une forêt de brouillard et, plus en altitude, une forêt dense humide particulièrement intéressante pour sa faune et sa flore.

Zones marines de conservation

Deux zones de conservation du coelacanthé pourraient être proposées sur la côte ouest de Sima-Amboini à Salimani et de Moroni à Hahaya. Dans ces zones, la pêche peut se faire au bord de côtes qui sont en général rocheuses à moins de 150 m ou au large à environ 800-1 000 m de profondeur appuyée par l'installation de dispositifs de concentration de poissons. Les zones de conservation pour les tortues marines et les dugongs correspondent aux sites de ponte et aux herbiers que l'on trouve dans le nord en face de Mitsamiouli et en face de N'Droudé sur le platier de l'île aux tortues. Des sites de ponte de tortues sont aussi localisés à Bouni, Chomoni et sur la pointe sud à Malé et Chindini.

Réserves de pêche

Les réserves de pêche temporaires ou permanentes sont à définir par la Direction des Pêches en accord avec les populations pour préserver des zones de frayères ou de croissance de certaines espèces.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

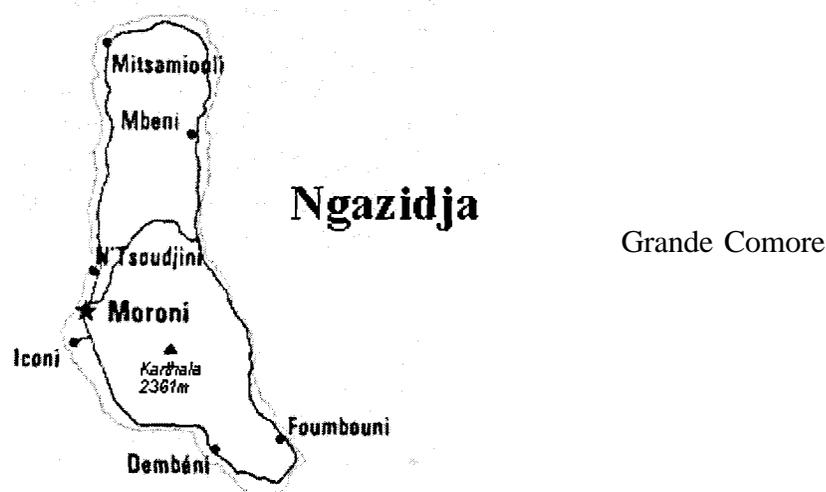
Annexe III - page 86

Zones marines touristiques

Les zones où se pratiquent des sports nautiques et surtout de plongée sont généralement localisées sur les côtes nord (bien exploitée par le centre nautique du Galawa) et ouest, de Mitsamiouli à N'Tsaoueni, en face de Hahaya, d'Itsandra, Moroni, M'Bachilé, Singani et Itsoundzou. Un site de plongée particulièrement intéressant est celui que présente le mont sous-marin du banc Vaillou. La pêche au gros présente un potentiel important aux Comores et se pratique en général au large des côtes dans les environs du Banc Vaillou et au-delà de la pointe sud, dans le passage entre les îles.

Zones marines à usage multiple

Le reste de l'espace marin représente une zone à usages multiples.



PRESENTATION No. 9

(Point 6.1)

Présentation du Programme Regional Environnement COI/UE

par Mme Fatouma Ali ABDALLAH, Coordinatrice Nationale des Comores

I/ IDENTIFICATION DU PROGRAMME

Intitulé:	Appui aux programmes environnementaux dans les pays membres de la COI « Programme Régional Environnement de la COI » PRE-COI
Nature et objectif:	Appui aux politiques nationales dans le sens de la gestion intégrée des territoires côtiers
Financement:	<ul style="list-style-type: none">• Fonds Européen de développement (7ème FED) relevant de la convention de Lomé IV 84%• Etats bénéficiaires 16%

Budget	13 millions d'écus avec une participation des pays membres d'environ 2 millions d'écus.
Durée	5 ans: 1995-2000
Etats bénéficiaires	<ul style="list-style-type: none">. République Fédérale Islamique des Comores. République de Madagascar. République de Maurice. République de Seychelles
Etat associé	<ul style="list-style-type: none">. France-Réunion

Mise en oeuvre :

Le Programme Régional Environnement est sous la responsabilité d'une Direction Régionale, basée à l'île Maurice. L'exécution dans chaque pays est confiée à une Coordination Nationale. Le Comité de Gestion, chargé du pilotage, est composé du personnel du programme, des représentants des administrations partenaires, de l'Ordonnateur Régional, du Secrétariat Général de la Commission de l'Océan Indien et de l'Union Européenne.

Moyens humains:

Cadres permanents:

- Siège (Maurice): Un directeur régional assisté par un conseiller technique principal et d'un assistant administratif et financier,
- Dans chacun des 4 pays: un coordinateur national et un conseiller technique.

Expertise d'appui courte durée:

Des consultants et des personnes ressources nationales sont impliquées dans l'exécution du programme. Chaque Coordination a créé sa propre équipe nationale constituée de cadres techniques issus des institutions partenaires et de scientifiques indépendants.

Des missions ponctuelles d'appui, internationales et régionales, sont prévues pendant 4 ans.

Il s'agit d'expertises scientifiques et techniques pointues qui interviennent à la demande de chaque pays et sur des problématiques communes régionales.

Ce « Groupe de renforcement des efforts environnementaux nationaux », Green, a été confié au consortium: IFREMER - CIRAD - ORSTOM - GOPA.

II/ LES OBJECTIFS DU PROGRAMME REGIONAL ENVIRONNEMENT COI/FED

Le PRE-COI a pour objectif global « la promotion d'une politique régionale de gestion durable des ressources naturelles » et comme objectif spécifique principal: « la sauvegarde et la gestion durable de la zone côtière ».

La méthodologie de « Gestion Intégrée de la Zone Côtière » (GIZC) a été adopté par le PRE-COI, en accord avec le comité de gestion pour répondre à ces objectifs.

Cette méthodologie repose sur une série de principes communément adoptés par les différents

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 88

organismes travaillant dans le domaine ¹

La GIZC vise principalement à:

- prendre en considération les souhaits des populations et favoriser leur participation,
- identifier les ressources naturelles que l'on peut raisonnablement exploiter (c'est à dire sans les épuiser à l'échelle de temps humaine et sans dégrader irréversiblement les écosystèmes),
- guider le niveau d'utilisation ou d'intervention pour ne pas excéder la capacité de charge ou de renouvellement des ressources de base,
- aider à la résolution des conflits d'usages,
- réduire les risques auxquels sont exposés les ressources et les milieux vulnérables,
- intégrer les considérations environnementales (dès l'amont) dans les actions locales, nationales et internationales de développement,
- respecter la dynamique naturelle des processus littoraux en prévenant les interférences négatives,
- évaluer quelles espèces et quels écosystèmes doivent être préservés, et jusqu'à quel niveau, pour freiner l'appauvrissement global de la biodiversité et permettre ultérieurement d'autres utilisations,
- produire des données fiables, comparables et quantifiées permettant la planification et les prises de décision pour l'aménagement du territoire,
- aider à résoudre les problèmes causés par les lacunes ou les contradictions des politiques sectorielles et le manque de collaboration entre les structures décisionnelles.

La Gestion Intégrée de la Zone Côtière ne se substitue pas à la planification sectorielle, mais se concentre sur les interactions et les liens existants entre les différentes activités du développement économique pour atteindre des objectifs opérationnels plus larges.

III/ LES PRINCIPAUX RESULTATS ATTENDUS AUX NIVEAUX NATIONAL ET REGIONAL

¹ (*) Sources: PNUE: « Directives pour la gestion intégrée des régions littorales » ; Banque Mondiale: « Guidelines for integrated coastal zone management » ; FAO Fisheries Technical Paper 1, «Integrated Management of Coastal zone » ; Coastal 2000 « A resource management strategy for Sri Lanka Coastal region », etc.

On peut distinguer 4 grands axes:

1/ L'approfondissement des connaissances sur l'environnement naturel et humain de la zone côtière

Il s'agit:

- d'améliorer le niveau de compréhension global de l'état des milieux littoraux et marins,
- de dresser un inventaire précis des problèmes, causes et solutions envisageables,
- de définir des indicateurs pertinents pour un suivi continu de l'évolution de la zone côtière,
- de restituer dans chaque pays un bilan synthétique sous une forme compréhensible et exploitable,

2/ La structuration de l'information pour la rendre opérationnelle au travers de la création d'un SIAD (Système d'Information et d'Aide à la Décision)

Le SIAD est un outil destiné aux responsables nationaux visant à faciliter les prises de décision en matière de gestion de l'espace et des ressources de la zone côtière.

L'information environnementale générée ou complétée au travers du Programme doit contribuer à étoffer un système au niveau national qui sera relié au réseau régional.

Cette information, de nature documentaire, cartographique et numérique, représentée par divers indicateurs pertinents sera stockée de manière à être rapidement exploitable, évolutive, et si possible homogène au plan régional.

3/ Le renforcement des compétences nationales en matière de gestion de la zone côtière et l'amélioration de la réceptivité des populations locales

- le but est l'acquisition ou la consolidation des capacités techniques aux différents niveaux (administration et communautés locales) pour un meilleur contrôle et suivi de l'évolution du milieu, la planification concertée, et la production d'outils d'aide à la décision.
- ceci s'effectuera à partir du travail de fond des coordinations nationales et grâce à des actions de formation complémentaires (stages, ateliers nationaux et régionaux) et de campagnes d'information au travers des médias.

4/ La mise en oeuvre rapide d'actions « concrètes »

C'est à dire d'actions visibles sur le terrain répondant à la double attente de la population: amélioration de la qualité de l'environnement et amélioration de la gestion des ressources permettant de sécuriser les revenus sur le long terme.

IV/ LES ACTIVITES DU PROGRAMME AUX COMORES

Le PRE-COI/FED conformément à la convention de financement doit être exécuté en trois grandes phases :

Phase 1: Audit (correspondant à un bilan écologique et socio-économique approfondi)

Phase 2: Elaboration des plans nationaux et régional de gestion durable

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 90

Phase 3: Réalisation d'opérations pilotes en application des plans de gestion

1/ Les activités déjà réalisées

Les activités ont véritablement démarré aux Comores au début du deuxième semestre 1995

Nous finalisons actuellement la première étape de l'audit, qui a permis :

- d'établir un point sur l'état de l'environnement naturel et humain de la zone côtière des trois îles de l'Archipel,
- de mieux identifier les problèmes (écologiques et socio-économiques) et leurs principales causes,
- d'évaluer les connaissances au niveau national et d'identifier les lacunes dans certains domaines,
- d'identifier les compétences nationales (capacités d'expertise) et les partenaires potentiels pour la GIZC institutionnels, associatifs et privés,
- d'inventorier les autres actions environnementales en cours et prévues,
- d'identifier les actions prioritaires sectorielles et transversales,
- de choisir des sites pilotes pour une application « terrain » de la gestion intégrée.

Ce pré-audit a été réalisé avec l'aide de compétences nationales pluridisciplinaires suivant plusieurs voies :

- une analyse des données et des documents disponibles aux Comores,
- des observations de terrain,
- des enquêtes auprès de différentes catégories de population et sur différents secteurs d'activités.

Des groupes thématiques composés de personnes ressources nationales ont été constitués au niveau de chaque île pour les enquêtes et les observations de terrain (Grande Comore, Anjouan et Mohéli). Les consultants nationaux encadrés par le conseiller technique et le coordinateur national ont réalisé un travail de synthèse important :

- de nombreux documents ont été rassemblés au siège de la Coordination avec l'appui de la direction générale de l'environnement, classés et analysés par les membres de l'équipe,
- plusieurs C.V ont été collectés et ont permis la constitution d'un fichier d'experts et de personnes ressources, classé par domaine de compétence,
- une trentaine de rapports d'enquêtes et de rapports thématiques élaborés par les consultants nationaux sont déjà disponibles et contribueront à l'élaboration d'un rapport national début 1997,
- des cartes thématiques ont été élaborées manuellement sur la base des résultats d'analyses et d'enquêtes et seront très prochainement saisies sous Map Info et complétées par les données issues de l'interprétation de photographies aériennes,
- un fichier signalétique sur l'ensemble des nombreuses associations villageoises ou de quartiers oeuvrant pour la protection de l'environnement est en cours de mise en forme en vue de

l'élaboration d'un répertoire national.

2/ Les premiers éléments pour la gestion de la zone côtière

L'étude des modes de gestion des ressources naturelles a permis de faire le point sur les disfonctionnements de la GIZC au Comores, d'identifier des pistes de solutions possibles et de proposer des investigations complémentaires à mener avec l'appui d'une expertise scientifique et technique nationale et internationale (Green).

Ce travail a permis d'identifier trois grands niveaux de problèmes :

- la gestion de l'accès aux ressources
- l'échelle d'organisation
- l'échelle de coordination

Le travail réalisé a permis d'aboutir aux constats et propositions suivants :

- le littoral est l'élément essentiel de l'avenir des Comores. Or le littoral est actuellement sous-valorisé : les profits à court terme cachent les coûts à long terme qu'ils génèrent,
- une volonté politique forte est indispensable à la gestion intégrée des zones côtières. Or, le pays connaît une instabilité institutionnelle depuis plusieurs années. Il existe cependant un niveau de grande stabilité et d'une grande cohérence : le niveau villageois s'appuyant sur la notabilité et les associations de classe d'âge. Il est donc recommandé de s'appuyer sur les associations villageoises comme unités de gestion côtière,
- une pérennisation des acquis du programme par les institutions nationale sera rendue effective grâce à l'appui du comité de pilotage, et opérationnelle à travers l'équipe nationale GIZC constituée de personnes ressources et de techniciens compétents de différentes institutions,
- le pays manque cruellement à la fois de connaissances scientifiques de base et d'outils de planification et d'aide à la décision : la priorité est donnée à la recherche d'indicateurs pour le suivi des milieux et la constitution de fonds cartographiques informatisés,
- la gestion côtière se donne pour objectif de transformer certaines dynamiques néfastes en dynamiques positives (ainsi, par exemple, les déchets qui défigurent la côte, polluent les plages et le littoral, peuvent être à l'origine d'un nouveau secteur d'activité, créant des emplois et des ressources, et augmentant la valeur du littoral et ainsi, le tourisme, actuellement peu intégré dans l'économie et avec peu de retombées sur les populations, peut aussi devenir créateur d'emplois, de revenus et d'amélioration du littoral.)
- pour autant, rien ne sera possible en gestion intégrée de la zone côtière tant que « n'importe qui pourra faire n'importe quoi, n'importe où, et n'importe comment », comme c'est le cas actuellement. La majeure partie de la zone côtière comorienne est aujourd'hui en accès libre, dont on sait qu'il conduit à une impasse écologique, économique et sociale.
- la plupart des réglementations nationales sont actuellement inapplicables ou inappliquées

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 92

faute de moyens de contrôle. Le contrôle de l'application des interdictions au niveau national coûte cher et l'Etat comorien n'est pas assez riche. Mais l'Etat pourrait passer des contrats de gestion avec les associations villageoises. Celles-ci sont actuellement les seules à pouvoir contrôler et limiter l'accès aux ressources du littoral, les valoriser localement, et exercer une surveillance rapprochée des sites sensibles. Elles pourraient en tirer des revenus directs, dont une part pourrait ensuite revenir à l'Etat.

L'instauration de droits d'accès, gérés localement, pourra permettre une poursuite des activités humaines sur la zone côtière de façon profitable aujourd'hui et demain.

3/ Les actions prévues à court terme

- *Actions transversales pour l'amélioration de la planification et de la gestion:*

- la réalisation d'une couverture photographique aérienne complète des 3 îles (la dernière datant de plus de 10 ans) et l'élaboration du premier fond cartographique thématique informatisé, à partir de l'interprétation de ces photos, du traitement d'images satellite et de données terrain. (cartes des sensibilités, contraintes, potentiels),

- le découpage du littoral en zones homogènes (unités de gestion cohérentes),

- l'apprentissage de l'analyse des modes de gestion locale des ressources côtières,

- l'appui à l'élaboration d'un schéma directeur de l'exploitation des matériaux en collaboration avec la Direction des Travaux Publics,

- le démarrage d'un suivi-monitor-mg de l'état de santé des récifs coralliens,

- la réalisation d'études socio-économiques complémentaires (notamment l'analyse micro-économique de filières informelles d'exploitation des ressources naturelles: sable, tortues.. , et l'étude de faisabilité économique d'aires protégées côtières),

- la constitution progressive d'une base de donnée nationale pour la zone côtière à partir de l'identification d'indicateurs socio-économiques pertinents,

- la création d'une structure intersectorielle chargée de l'observation de la zone côtière au travers d'un partenariat efficace entre diverses institutions nationales. Cette structure pourrait être également en charge du suivi de l'application des conventions internationales se rapportant à la protection des ressources littorales et marines ratifiées par le Gouvernement comorien,

- la recherche de modèles de partenariat entre secteur associatif local et Etat à tester au travers d'opérations pilotes.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 93

• *Actions de formation et de sensibilisation:*

- Au cours de l'année 1997 une série de 5 ateliers techniques et de 5 séminaires de formation sont prévus au niveau régional et se dérouleront successivement dans chacun des pays de la Commission de l'Océan Indien.

- Plusieurs missions d'expertises scientifiques et techniques sont programmées dans le cadre du Green. Elles permettront à la fois d'approfondir les connaissances, d'apporter un appui méthodologique et de consolider in situ les compétences nationales.

- Des campagnes d'information et de sensibilisation grand public sont prévues en collaboration avec la DGE sur divers thèmes : pollution, exploitation des matériaux, espèces protégées.

• *Actions d'appui à la gestion côtière sur sites pilotes (Opérations Pilotes de première génération)*

Parmi les pistes identifiées par la Coordination Nationale, trois opérations pilotes ont déjà été identifiées, deux en Grande Comore et une à Mohéli. Leur exécution commencera début 1997.

Les actions retenues comme opérations pilotes sont celles qui répondent le plus à une logique de gestion intégrée.

Il s'agit d'opérations d'aménagement sur des sites reconnus comme prioritaires et où se sont manifestées des initiatives locales (associatives ou institutionnelles) de gestion concertée.

La transversalité apparaît au travers du caractère multisectoriel de l'opération et de l'orientation vers le long terme des actions proposées.

L'accent sera mis sur le mode de gestion et la pérennisation de la collaboration entre les différents acteurs impliqués (associations, collectivité, administrations, bailleurs de fonds, opérateurs privés) qui doivent avoir valeur d'exemple.

D'autres actions envisagées, de plus grande envergure, ont été retenues pour une phase ultérieure (Opérations Pilotes de deuxième génération) car elles correspondent à de véritables projets nécessitant une étude préalable, l'engagement d'un budget propre et la recherche de cofinancements. C'est le cas par exemple du projet de réserve côtière au sud Ouest de Grande Comore associé à la création d'un «Observatoire national du Coelacanthé et de la vie marine». Au cours de l'année prochaine, il s'agira donc d'élaborer des dossiers de faisabilité détaillés pour ces opérations (cahier des charges et budget) afin de les soumettre à une évaluation et de proposer leur financement.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 94

Opération Pilote Grande Comore 1

Plan d'actions concertées pour l'aménagement et la promotion de la baie d'Itsandra

La baie d'Itsandra, une des plus belles à proximité directe de la capitale, détient des potentialités touristiques exemplaires. Elle bénéficie également d'un potentiel culturel et artisanal important et représente un site d'intérêt historique majeur, avec son ancienne médina fortifiée et les ruines du palais du sultan Msafoumou d'architecture originale d'inspiration yéménite.

Des actions concertées, faisant simultanément intervenir les composantes environnement, tourisme et artisanat (trois secteurs faisant l'objet d'un appui régional financé par l'Union Européenne et la Commission de l'Océan Indien) sont à même de créer une dynamique de développement local, reproductible sur d'autres sites à caractères similaires. Le site présente en outre un intérêt de visibilité évidente car il constitue une des rares plages publiques fréquentée de l'île, très proche du plus grand centre urbain.

Malgré les efforts du secteur associatif local très dynamique, le site est aujourd'hui soumis à des problèmes de dégradation de la qualité de l'environnement liés à la forte concentration humaine, aux contraintes dues à l'habitat ancien, à la fréquentation de loisir, alors que ses potentiels ne sont absolument pas mis en valeur.

Les déchets sont collectés mais s'accumulent, faute de moyens d'évacuation et finissent par être rejetés à la mer. On assiste à la prolifération récente d'algues brunes, indice de pollution liée probablement à un défaut de drainage et d'assainissement. Les murs historiques se dégradent, faute d'entretien et sont envahis par la végétation. L'anarchie des constructions modernes facilitées par l'absence de plan d'occupation du sol ajoutent à la dégradation du site, d'où une baisse de fréquentation de la plage par les touristes.

L'objectif de l'opération est de créer une synergie entre 3 programmes régionaux financés par le même bailleur de fonds sur ce site considéré comme prioritaire pour les 3 secteurs.

Un plan d'action concerté a été défini à l'issue de séances de travail réunissant les partenaires intéressés et chacun a proposé une répartition des activités à engager, en appui au comité de pilotage villageois, permettant de créer les conditions d'une dynamique de développement endogène du site.

La Coordination Nationale du PRE-COI a proposé de s'engager sur les actions suivantes:

- appui pour l'évacuation des déchets et l'amélioration de l'assainissement
- appui pour la définition d'un modèle de gestion participative des ordures ménagères
- appui pour l'aménagement paysager et la restauration de certaines parties dégradées
- étude de faisabilité de l'aménagement du site historique (ruines du palais) en jardin botanique
- accompagnement de l'opération par une sensibilisation médiatique (radio/TV, brochures)

Opération Pilote Mohéli

Protection des tortues marines à Mohéli et valorisation écotouristique du littoral d'Itsamia

Les tortues marines (tortue verte : *Chelonia mydas* et tortue imbriquée: *Eretmochelys imbricata*) qui fréquentent en abondance les eaux côtières de Mohéli sont l'objet d'une chasse importante sur les sites de ponte, malgré l'interdiction totale au niveau national.

La viande est particulièrement prisée par une catégorie de la population et les braconniers effectuent des expéditions nocturnes très régulièrement. Les tortues sont massacrées sur les plages, souvent avant qu'elles n'aient eu le temps de pondre. Les plages fréquentées régulièrement par les tortues ne sont pas protégées, et les pratiques d'exploitation du sable de mer pour les besoins de la construction mettent en danger des sites d'une valeur essentielle pour la reproduction de l'espèce.

Une association villageoise particulièrement dynamique, développant avec très peu de moyens, des actions de protection du site, a cherché à collecter des fonds auprès d'institutions internationales pour organiser un séminaire national et a réussi à obtenir une petite subvention de l'Ambassade des Pays-Bas.

Devant l'ampleur des menaces exercées sur cette faune protégée au plan international et du fort potentiel touristique que représente le site sur le plan paysager et de l'existence d'espèces marines, le PRE-COI/FED propose d'élargir l'événement à un véritable débat national sur la problématique de gestion/conservation/valorisation.

Le Programme profiterait de la nécessité de la mise en place d'infrastructures de base pour l'organisation de ce séminaire pour favoriser l'implantation d'un centre d'information éducatif touristique permanent (« maison des tortues ») et de petits bungalows d'hébergement léger en matériaux locaux. L'existence de ces infrastructures permettraient de générer rapidement des retombées économiques locales et une pérennisation financière des actions de protection.

Simultanément à cet aménagement deux types d'actions seraient menés :

- appui à la mise en place d'un suivi monitoring de la population des tortues adapté aux capacités du secteur associatif local (bagueage, marquage et surveillance des nids, comptages) réalisées par les jeunes membres d'associations, avec l'appui des services décentralisés de la DGE.
- étude économique de la filière tortue et examen de la faisabilité d'une activité d'élevage ou de ranching.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 96

Opération Pilote Grande Comore 2

Gestion intégrée des déchets et valorisation du littoral de Mitsamiouli

Présentant une forte potentialité touristique du fait de l'existence des plages les plus longues et les plus belles de l'île et de la proximité d'un opérateur économique important (l'hôtel Galawa), le littoral de Mitsamiouli subit pourtant des dégradations par la mise en dépôt des ordures ménagères dont les conséquences environnementales, sanitaires, et économiques ne sont pas négligeables. Cette absence de gestion des déchets crée une dynamique négative en bloquant toute initiative de mise en valeur du site.

La méthode d'intervention et les modalités de gestion de l'opération offrent la possibilité de démontrer qu'une convergence des intérêts (logique d'acteurs) d'un opérateur privé, d'une collectivité et d'une association, contribue à la protection du littoral de manière durable à travers l'exemple de l'élimination des ordures ménagères.

L'objectif est donc d'appuyer la mise en place d'un système de gestion tripartite dont la vocation est de valoriser le littoral de Mitsamiouli ; le thème « test » de la gestion des déchets est intéressant à plusieurs titres : directement visible et opérationnel, touchant au thème de la santé pour laquelle les populations sont plus sensibles, économiquement valorisable.

Il s'agit de développer une synergie entre les associations locales, la collectivité, les projets en cours comme le Programme Microréalisations du FED et l'opérateur touristique privé important autour de la gestion des ordures ménagères et de l'aménagement récréatif du littoral pour une amélioration de la qualité globale de l'environnement et l'ouverture de la possibilité de création d'emplois et de revenus.

PRESENTATION No. 10

(Point 6.2.)

Une étude de cas en matière de planification pour la gestion intégrée de la zone côtière en milieu insulaire : L'île de Rhodes

par Virginie TILOT

Contexte du projet

Le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM) a adopté une nouvelle approche intégrée de la gestion des ressources incluant une protection environnementale des ressources côtières dans le Programme de Plan de Gestion des Zones Côtières (CAMP) pour la région Méditerranéenne. Cette approche est pleinement en accord avec les conclusions de la Conférence des Nations

Unies sur l'Environnement et le Développement (UNCED) tenue à Rio en 1992, en particulier le document "Agenda 21", chapitre 17. Cette approche du CAMP a été officiellement approuvée lors de la sixième réunion ordinaire des parties contractantes de la Convention pour la Protection de la Mer Méditerranée contre la Pollution et les protocoles qui s'y rattachent.

Le projet CAMP de gestion intégrée de l'île de Rhodes avait fait l'objet d'un accord signé par le Gouvernement de Grèce (Ministère de l'Environnement, de la Planification Physique et des Travaux Publics) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement/Plan d'Action pour la Méditerranée (PNUE/PAM) en Novembre/Décembre 1990 avec des termes de référence pour des actions individuelles comme celle conclue avec la Banque Européenne d'investissement (BEI). Les activités environnementales du Programme ont été réalisées dans le cadre des activités du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées, basé à Tunis, qui est un centre du Plan d'Action pour la Méditerranée.

1. SITUATION GENERALE DE L'ILE DE RHODES

Caractéristiques physiques et écologiques

L'île de Rhodes est située dans la partie sud-est de la mer Egée et fait partie de l'archipel du Dodécanèse (comprenant plus de 200 îles dont 27 îles inhabitées). Cette île est la plus large et la plus peuplée de la mer Egée. Sa position géographique est particulièrement intéressante pour l'étude des populations insulaires marines et terrestres, pour les espèces introduites par le canal de Suez ainsi que pour les espèces reliques de l'ancien Téthys.

Les montagnes du centre de l'île sont relativement hautes (Attaviros : 1215 m), entourées, au nord et au sud, de plaines qui sont bordées de plages de sable. Le plateau continental est étroit et la profondeur s'accroît rapidement à proximité des côtes. En conséquence, le zooplancton côtier est essentiellement pélagique et plusieurs espèces de poissons du milieu profond peuvent être trouvées près des côtes.

Les côtes de Rhodes sont exploitées par un tourisme de masse et certaines zones subissent en conséquence une dégradation importante comme au Nord de l'île et à un moindre degré la côte Est de l'île. D'autre part, la côte Ouest à partir de Kamiros est plus protégée en raison de son exposition aux vents, de la houle NW et des côtes rocheuses d'accès difficile par voie de terre. Trois grands types d'écosystèmes terrestres naturels sont recensés sur l'île : la forêt, le maquis et les terres humides. La plupart des forêts sont composées de cyprès *Cupressus sempervirens* et de pins comme l'espèce indigène *Pinus brutia* ainsi que l'espèce introduite *Pinus halepensis*. La forêt couvrait 52% de l'île avant la seconde guerre mondiale alors qu'actuellement seulement 20 % de l'île est boisée en raison des feux sauvages. Le maquis couvre 30 % de l'île. Ces communautés terrestres sont marquées par les activités anthropiques et notamment par les feux et le sui-pâturage des troupeaux. La répétition de ces facteurs accusent la discontinuité de la végétation ligneuse menant à des formations de buissons interrompues par de larges éclaircies où le sol est mis à nu.

On recense quatre écosystèmes marins principaux : des fonds sableux à proximité des côtes, de

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 98

larges étendues de *Cystoseira* en général sur des fonds rocheux, à plus grande profondeur des champs de *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* et *Halophila stipulacea* et des concrétions coralligènes dans des conditions de faible luminosité entre des profondeurs de 20 à 80 m.

Certains sites de l'île sont actuellement protégés et gérés, en particulier la vallée des Papillons "Petaloudes" qui représente une attraction touristique majeure. La forêt Attavyros est gérée par la section forestière du Département de l'Agriculture.

Selection des sites d'intérêt écologique

Chacun des sites identifiés nécessite un plan d'aménagement spécifique mais un plan général d'aménagement peut être appliqué sur la partie sud-ouest de l'île incluant la plupart des sites d'intérêt (Figure 1).

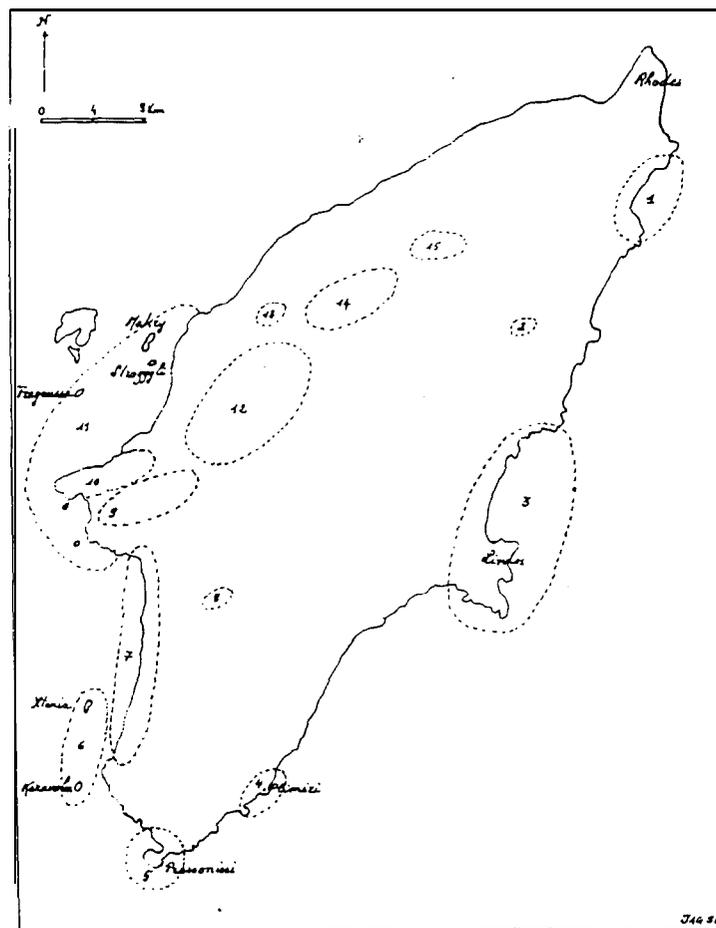


Figure 1: Sites d'intérêt écologiques

Les sites terrestres sont du nord au sud :

- La vallée des papillons (15) centre d'attraction touristique principal de l'île. Cette vallée est le site de reproduction d'une mite *Euplagia quadripunctaria*,
- La forêt de Promis Ilias (14) encore préservée, contenant une flore et une faune associée très

intéressante,

- Le lac artificiel de Nani (13) important pour le gibier d'eau résident et migrateur,
- La forêt d'Attaviros (12), localisée au point le plus élevé de l'île contient de nombreuses espèces intéressantes. Cette forêt a été choisie comme site de réintroduction du daim endémique Dama dama,
- Les crêtes rocheuses côtières de Armenistis (10) et de Akramytis (9) incluant les sites historiques de Lakki, Glyfada, Monolithos et Ayios Yeoryios,
- Le lac artificiel d'Apolakkia (8), une zone humide importante pour de nombreuses espèces,
- Les dunes côtières et les collines de Fourni à Agiannis (7)
- Le lit de la rivière Loutani près d'Epta Piges (2).

Les sites marins sont les suivants :

Ces sites incluent des réserves de pêche, des sites d'ancrage, d'activités nautiques touristiques et de conservation en matière de paysage et de nature. Certains de ces sites pourraient faire l'objet de réserves naturelles strictes par la présence d'espèces rares et menacées :

- sur la partie Nord de la côte Est des Termes de Kallithea à Ladiko Bay (1) pour son intérêt géologique, biologique, scénique et historique,
- dans la partie centrale de la côte Est de l'île, du cap Archangelos à Lardou bay (3) incluant Lindos pour la beauté du paysage terrestre et marin et son capital historique (Lindos),
- la zone de Plimiri (4) composée de zones humides, de dunes et de plages où viennent pondre les tortues marines,
- la péninsule de Prassonissi (5) et son tombolo qui représente une formation marine unique,
- les îles de Xtenia, et de Karavolas (6) abritant des espèces rares et endémiques.

Concernant les ressources naturelles de l'île, les problèmes majeurs résident dans une mauvaise gestion de l'eau, les feux de forêt, la pollution côtière, une construction illégale ou aux normes défectueuses avec intrusion dans le paysage naturel.

Institutions et Législation

L'île de Rhodes fait partie de la Préfecture du Dodécanèse qui avec la Préfecture des Cyclades forme la région du Sud Egéen. La gestion de l'environnement naturel relève des fonctions de la Préfecture. Malgré la décentralisation et le renforcement des pouvoirs locaux en 1993, ce sont toujours les autorités centrales qui sont responsables de la gestion et du développement des régions. On constate un manque de coordination entre les différents départements en ce qui concerne les questions environnementales ainsi qu'une carence en personnel formé en matière de gestion intégrée pour les zones terrestres et marines.

Chacune des 43 communes de l'île gère les ressources en eau, les activités agricoles ainsi que les concessions plagistiques.

Pour l'application du CAMP, les institutions existantes doivent être renforcées et un comité de coordination devrait être mis en place.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 100

Population et tourisme

L'île de Rhodes est l'île la plus peuplée des îles de la mer Egée. En 1991, l'île a recensé 100 000 habitants dont 50 000 habitants pour Rhodes. La plupart de la population (91%) demeure sur la côte et l'arrière-pays est en voie de dépopulation, faute d'emplois. L'économie de base repose sur le tourisme, principalement un tourisme de masse. L'île a accueilli 900 000 touristes en 1993, séjournant en moyenne dix jours.

Un plan d'aménagement des activités humaines couplé avec un plan de conservation des ressources naturelles semble vital pour l'île de Rhodes.

Ressources en eau

Des études sont en cours afin de comprendre le réseau hydrographique complexe de l'île. Les ressources en eau proviennent des sources, des puits et des eaux retenues par le barrage d'Appolakia. On estime la quantité annuelle d'eau disponible à environ 100 millions de mètres cubes. Les ressources en eau par habitant, en incluant les touristes, sont d'environ 900 mètres cubes et peuvent décroître à 750 mètres cubes ce qui bien en dessous de ce qui est normalement requis.

II. SCHEMA DIRECTEUR POUR LE PROGRAMME DE GESTION DE LA ZONE COTIERE

Un programme de gestion de la zone côtière (CAMP) est une solution pour un développement adapté et stratégique d'un espace en coordonnant diverses activités et utilisations tout en gérant et protégeant la biodiversité, les habitats et les écosystèmes. Le CAMP nécessite une approche multidisciplinaire et la participation intégrée de tous les acteurs à un niveau aussi bien national (gouvernement) que local (ONG, secteur privé, villageois). Le CAMP doit désigner des zones et des activités pour la conservation et pour le développement avec comme objectif de réduire les conflits et les coûts environnementaux tout en tirant en maximum des bénéfices nets pour la société. Les étapes initiales sont d'identifier les problèmes en collectant l'information, puis de développer une stratégie d'accord et des actions au travers de la préparation et de la dissémination d'un plan d'action. Une fois adopté à un niveau national et/ou local, le CAMP fournit un schéma directeur pour le développement et pour le monitoring des états d'avancement d'actions spécifiques sur des sites particuliers.

Les principes suivants illustrent les moyens proposés par le CAMP pour faciliter l'intégration d'intérêts sectoriels, la coordination productive des institutions, la compatibilité des ressources et l'équité des valeurs parmi les différents acteurs :

Principes écologiques et culturels

- s'assurer que le développement ne dégrade pas les ressources dont il dépend,
- préserver l'intégrité écologique en établissant des limites soutenables écologiquement en ce qui concerne l'utilisation des ressources,
- s'assurer que l'accès à la ressource est la même d'une génération à l'autre,
- utiliser la conservation archéologique et environnementale comme outil pour stimuler le

développement économique,

- utiliser une approche préventive.

Principes socio-économiques

- s'assurer que les bénéficiaires à court terme ne prennent pas sur des coûts à long terme,
- tirer un maximum de la distribution équitable des bénéfices économiques,
- baser les activités de développement sur des systèmes de valeurs locales,
- minimiser les pertes économiques directes et indirectes,
- tirer un maximum des ressources locales pour que la population locale en bénéficie,
- accroître les perspectives de création d'emplois et en faire bénéficier la population locale.

Principes institutionnels

- entreprendre le développement dans un cadre régularisé,
- fournir un mécanisme pour une aide institutionnelle et pour la planification,
- identifier et soutenir un grand éventail de valeurs écologiques, économiques et culturelles,
- apporter plus de transparence dans les prises de décision et aider à la compréhension,
- encourager les associations privées et publiques,
- fournir les mécanismes pour collecter, analyser et incorporer les données et l'information de retour et faire la synthèse.

Objectifs des études de conservation du CAMP

L'objectif prioritaire du CAMP est d'identifier un ensemble de zones le long des côtes en alliant un développement soutenable de la ressource à des conditions et des perspectives écologiques et culturelles. Au sein de ces zones des actions spécifiques sont identifiées avec comme objectif de stimuler des initiatives économiques sélectionnées afin de consolider les perspectives existantes de l'utilisation de la ressource au travers d'un processus incrémentiel de réalisation projetée dans une vision globale de gestion.

Ainsi l'application d'un programme d'aménagement de la zone côtière aux caractéristiques culturelles et naturelles de l'île de Rhodes nécessite l'identification d'un ensemble d'objectifs d'ordre stratégique qui établissent de façon collective des protocoles, des actions directes et fournissent la réaction des usagers de la zone côtière face à ces propositions.

1. Les objectifs de conservation

- promouvoir la conservation de la biodiversité de la zone côtière en incluant les habitats terrestres, marins, intertidaux et d'eau douce,
- protéger et restaurer les aires et les espèces biologiques,
- prévenir une perte d'écosystème et aider à restaurer des écosystèmes,
- développer et mettre en valeur le réseau des aires protégées,
- développer l'éventail de l'option de l'aire protégée ou intégrer dans une aire plus large de gestion toutes les aires existantes et potentielles.

2. Les objectifs de gestion durable des ressources

- réactualiser l'inventaire de la faune, de la flore et d'autres ressources naturelles marines et terrestres,

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 102

- préparer et réaliser des plans d'aménagement pour des aires et des espèces sensibles d'un point de vue de l'environnement (ESA et ESS),
- promouvoir la conservation de l'héritage culturel de Rhodes en incluant les caractéristiques archéologiques, historiques et traditionnels d'importance nationale et internationale,
- utiliser la recherche et la surveillance dans les processus de plans d'aménagement,
- imposer une évaluation de l'impact écologique, social et économique pour tout nouveau développement,
- assurer la participation de tous les acteurs dans le processus de planification.

3. Les objectifs de recherche et de surveillance

- encourager des activités qui mettent en valeur l'environnement,
- déterminer les niveaux d'entrants et de changements écologiquement durables,
- surveiller la réalisation des activités de conservation et de développement,
- favoriser une meilleure gestion de données et d'échange d'information,
- utiliser les résultats de la surveillance comme référence pour la désignation des aires et des activités ainsi que pour l'évaluation du processus CAMP et des plans de gestion.

4. Les objectifs de planification intégrée et de législation

- encourager la cohérence, la complémentarité et la coordination en matière de planification,
- résoudre les conflits,
- augmenter l'appui institutionnel en matière de gestion et d'exécution d'actions recommandées et de projets,
- réaliser des processus rationalisés ainsi que des règlements à caractère exécutoire,
- établir des moyens pour prendre en compte et réviser les données,
- respecter les communautés locales aussi bien que les acteurs les plus concernés.

5. Les objectifs de sensibilisation

- améliorer la compréhension des acteurs et ainsi soutenir toute action responsable dans le domaine côtier,
- promouvoir des programmes appropriés et des opportunités de retour d'information pour diverses utilisations ainsi que cibler certains groupes au travers d'un large éventail de choix médiatiques,
- promouvoir l'expansion des facilités de "découverte de la Nature" dans les aires de conservation, des espaces publics appropriés et des facilités de transport.

Les actions de conservation du CAMP

Identification du problème

1. Profil écologique : définition des problèmes, des opportunités et des contraintes,
2. Profil institutionnel : description,
3. Collection de l'information, analyse, dissémination et utilisation.

Planification et appui institutionnel

1. Processus décisionnels (amélioration)
2. Renforcement institutionnel (formation)

3. Outils techniques (cartes, études de terrain, SIG)
4. Adoption du CAMP incluant un Plan de Conservation
5. Développement de projets pilotes de conservation
6. Adoption de plans d'aménagement des espaces au sein d'un Plan général d'aménagement
7. Identification et étude de faisabilité des projets de conservation
8. Coûts, bénéfices et aspects financiers de la réalisation du Plan de Conservation et des investissements de projets
9. Suivi, révision et amélioration du CAMP

III. SCHEMA DIRECTEUR ANNOTE POUR LE PLAN DE CONSERVATION DE L'ILE DE RHODES

Une zonation a été proposée aux autorités locales pour le développement durable et la conservation des ressources de l'île de Rhodes (Figure 2).

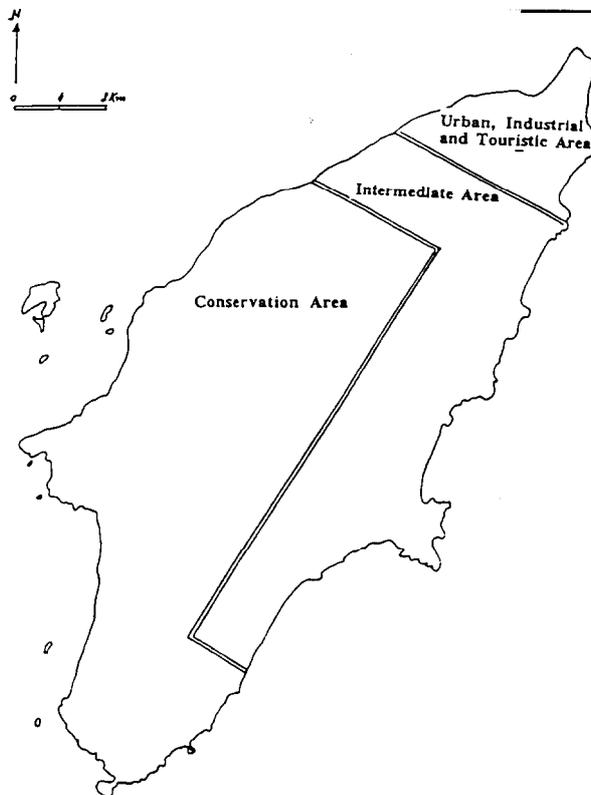


Figure 2:
Zonation proposée
pour l'île de Rhodes

Dès que les autorités de l'île auront reconnu la nécessité et les bénéfices liés à l'adoption d'un CAMP, elle devront :

- préparer un zonage pour les activités humaines et la conservation selon 3 options (Figure 2):
 - * une zone de conservation où le développement serait faible au Sud de Gennadi et le long de la côte Ouest jusqu'à Fanés en comprenant l'arrière pays. La priorité de cette zone serait la conservation de la nature, des ressources naturelles, du paysage et de l'héritage culturel. Certaines parties de cette zone peuvent être classées comme aires protégées avec des plans d'aménagement spécifiques et adaptés (Petaloudes valley, Profitis Elias forest,

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 104

le lac artificiel de Nani, la forêt de Attaviros, les îles de Makry, Stroggyli et Tragoussa, Armenistis-Akramatis-Monolithos, la baie et la côte d'Apolakkia, les îles de Xtenia et de Karavolas, la péninsule et le tombolo de Prassonissi et la côte de Plimiri).

* une zone intermédiaire où le développement pourrait être contrôlé et qui couvrirait la côte Est de Faliraki à Gennadio Bay. L'objectif principal de cette zone serait le développement durable avec des aires de conservation.

* une zone urbaine, industrielle et touristique considérée déjà comme saturée et qui inclut Ialysos, Ixia, Rhodes et Faliraki. L'objectif de cette zone est de développer une zone en respectant les caractéristiques culturelles.

Ce schéma de zonage a les critères pour pouvoir être désigné comme réserve de la Biosphère :

- obtenir un consensus à un niveau régional et local, en développant et en maintenant tout le long du processus une approche participative en incluant en particulier tous les départements gouvernementaux, les communautés locales, le secteur privé et les ONG.

- offrir une alternative ou une compensation pour les activités devant être déplacées ou réduites.

- utiliser ou mettre en place la législation nécessaire pour l'adoption du CAMP, la création et l'aménagement d'aires protégées ainsi que la création d'institutions adéquates pour la réussite de la réalisation du Plan.

L'adoption du Programme de Gestion de la Zone Côtière (CAMP) et du Plan de Conservation (CP) devra se réaliser en prenant appui sur le contexte législatif existant et/ou en créant de nouveaux instruments tout en assurant un appui institutionnel.

Différents niveaux d'actions sont nécessaires :

- à court terme la priorité sera donnée, sous la responsabilité du Préfet, à la création d'un Comité de Coordination Environnemental comprenant tous les départements concernés pour la mise en place du CAMP et du CP,

- à moyen terme et sur certaines actions à long terme traitant de la conservation de la nature et des ressources naturelles, une équipe d'aménagement et de conservation sera créée ainsi qu'une autorité pour les aires protégées,

- le développement et la mise en place d'un suivi continu (observatoire) de l'environnement marin et terrestre en particulier pour les aires protégées existantes et à créer,

- la préparation et l'adoption pour chaque aire protégée d'un plan spécifique d'aménagement ou du moins un Plan Général d'Aménagement pour la conservation de la zone.

Au sein du Plan, des projets pilotes de développement et de conservation devront être identifiés tels l'amélioration du système d'égout, de la gestion des ressources en eau, du développement de techniques d'agro-foresterie, de la restauration des villages traditionnels, des monuments historiques, de la valorisation des aires protégées et des paysages...

Les coûts et les bénéfices de chacune des activités programmées devront être examinés. Les ressources locales, nationales et régionales doivent être identifiées pour ces actions ; le secteur privé en particulier peut être un partenaire important. Un financement important de la part des

organisations internationales peut être envisagé.

L'expérience que l'île de Rhodes peut offrir avec ce CAMP devrait être utilisée par le milieu de recherche scientifique à un niveau international. L'île elle-même par son capital naturel et culturel peut être classée comme site d'héritage mondial. Une autre opportunité serait de classer la zone allouée à la conservation comme réserve de la biosphère de l'Unesco.

Un processus de suivi, de révision et d'amélioration du Plan devrait être effectué en se basant sur la surveillance d'indicateurs sociaux, économiques et écologiques sélectionnés.

PRESENTATION No. 11

(Point 7.1)

Les problèmes de gestion des zones côtières à Madagascar

Et les recommandations de l'atelier de Nosy-Be

par Jean-Paul TOUSSAINT (C.N.R.O)

Les principales activités côtières à MADAGASCAR sont :

- exploitation forestière
- aquaculture
- pêche (traditionnelle, artisanale, industrielle)
- tourisme marin
- activités industrielles
- activités portuaires
- urbanisme

Beaucoup de problèmes subsistent encore dans la gestion de zone côtière à Madagascar, et l'atelier de la COI-SIDA/SAREC-Banque Mondiale (14-18 octobre 1996) qui s'est tenu à Nosy-Be au mois d'octobre dernier, était destiné à appréhender les questions sous l'aspect législatif, judiciaire, institutionnel, ainsi que la recherche de solutions.

A/ ASPECT LÉGISLATIF

La législation sur la gestion des zones côtières à Madagascar possède encore des lacunes. Aucun texte ne définit officiellement la délimitation exacte de la zone dite côtière. Différentes lois et réglementations relatives à la zone côtière existent ; elles sont élaborées par les services des ministères impliqués : ministère de l'environnement, ministère de l'aménagement du territoire, ministère du tourisme, ministère de la pêche et de l'élevage, ministère de l'intérieur, etc... La plupart de ces textes ne sont pas adaptés à l'évolution rapide des activités côtières.

Les travaux des différentes commissions de l'atelier de Nosy-Be ont recommandé la remise à jour de l'outil législatif, ainsi que la prise en considération du droit coutumier et des pratiques traditionnelles. L'atelier a suggéré le renforcement des programmes de sensibilisation et de communication sur l'environnement côtier, aussi bien au niveau des communautés que des décideurs.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 106

B/ ASPECT JUDICIAIRE

Mis à part la déficience des réglementations existantes, les lois sont difficilement applicables du fait de :

- l'insuffisance des moyens techniques (bateau, vedette de surveillance, ...)
- insuffisance de personnel d'exécution,
- l'absence d'une autorité responsable décentralisée, chargée de l'aspect judiciaire ; à noter aussi le manque de compétence des autorités administratives locales dans ce domaine,
- le manque de coordination dans l'utilisation des ressources de la zone côtière.

C/ ASPECT INSTITUTIONNEL ET RECHERCHE

Des circonscriptions sont réparties sur toute l'île, mais ces institutions dans la plupart des cas n'arrivent pas à couvrir la zone qui leur est attribuée, ceci est dû le plus souvent à l'insuffisance des moyens disponibles pour la réalisation des tâches ou bien l'insuffisance des personnels. Concernant le domaine de la recherche à Madagascar, elle n'est pas prise en compte dans la mise en oeuvre de politiques et des décisions relatives aux zones côtières. L'institution de recherche ou tout simplement les spécialistes ne sont pas consultés, et même les résultats des travaux de recherches côtières sont souvent ignorés.

Malgré cela, il existe des dispositifs pris par les institutions et le personnel scientifique pour améliorer leur relation avec les décideurs et les communautés locales, en vulgarisant les résultats de leur travaux soit dans des journaux scientifiques, soit sous forme de rapports au niveau de l'institution.

RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER DE NOSY-BE

Afin de ne pas faire perdurer des approches centralisées, les zones d'application doivent être pour l'instant, sélectionnées selon la motivation, l'engagement et la volonté des autorités territoriales décentralisées de participer effectivement aux réalisations des programmes côtiers.

L'Atelier recommanda l'adoption du dispositif institutionnel du PAE, présenté par l'ONE (Office National pour l'Environnement) à l'atelier, pour la réalisation de la GIZC. Le dispositif institutionnel au niveau national prévoit une commission spécialisée attachée au Conseil National de l'Environnement (CNE), constituée de représentants des parties concernées et ayant un rôle de concertation et de participation ; un Comité Interministériel pour l'Environnement (CIME), chargé d'un rôle de coordination des opérations d'exécution. Ces instances seront appuyées par les compétences et les groupes techniques qui seront nécessaires à l'accomplissement de leur mission. Ce dispositif, destiné à faciliter le lancement des programmes de GIZC, est transitoire et révisable en fonction de la politique de GIZC qui sera formulée au cours de l'exécution du PE-II.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 107

Une importante recommandation de cet atelier a été la décision des représentants de la recherche de créer un Bureau de coordination des instituts de recherche et de l'expertise existants à Madagascar, dans le but de fédérer les compétences, de conjuguer leurs efforts et d'additionner leurs moyens. Le Bureau de coordination s'attachera à développer les efforts en matière de recherche à travers la mise en évidence des capacités nationales, la formulation de propositions aux décideurs, la mise en oeuvre d'un programme de sensibilisation et de communication, l'amélioration de la coordination et des méthodes de tous les organismes intervenant dans la recherche.

Les participants ont recommandé la participation du secteur privé à l'élaboration des normes, standards et des conditions pour l'investissement, ainsi que des réglementations relatives à la GIZC et ceci, à travers les dispositifs institutionnels proposés pour la GIZC à Madagascar. Cette participation du secteur privé devra également être considérée dans les mécanismes de financement de la GIZC à mettre en place.

Il a été recommandé que les institutions présentes enclencheront la constitution du réseau inhérent à la mise en place de la GIZC. Les participants à cet atelier (Nosy Be) constitueront les points focaux de ce réseau GIZC, en l'élargissant à la participation de certaines institutions qui ne sont pas représentées dans le présent atelier, ainsi qu'aux groupements professionnels. Le réseau sera animé par le Ministère de l'Environnement.

Un système de communication interne entre les différents acteurs de la GIZC devrait être mis en place, sur la base du SIE national et régional développé dans le cadre du PAE en renforçant ses objectifs dirigés vers les régions. Le financement du PE-II sera recherché dans ce sens.

Quel que soit le type d'activité, et pour améliorer l'impact de la réglementation sur la gestion des ressources, l'on doit rester attentif à la possibilité d'édicter des réglementations locales, dont l'application serait contrôlée localement et dont les produits financiers seraient réinvestis par un circuit court.

Le renforcement des moyens en personnels chargé du contrôle est une priorité, dès lors que les textes sont actualisés et vulgarisés, a fortiori si ces contrôles permettent directement (par des sanctions) ou indirectement (à travers une meilleure adhésion aux règles régissant les redevances) de contribuer au financement des administrations responsables de la gestion des ressources.

Tout diagnostic local ou de filière, toute proposition de solution prendront en considération les éléments de la tradition, de la culture et de la coutume, ainsi que leurs évolutions face aux mutations sociales et économiques en cours. Cette approche sera utilisée à la fois pour ajuster la proposition et l'investissement de développement au contexte coutumier mais aussi pour informer les populations résidentes des évolutions sociales, économiques et culturelles qu'entraîne ce même développement, afin de mieux préparer d'éventuelles évolutions culturelles.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 108

PRESENTATION No. 12

(Point 7.1)

Coastline Changes in Mauritius

Par J. I. MOSAHEB, Albion Fisheries Research Centre, Mauritius
S. RAGOONADEN, Meteorological Services, Mauritius
B. DUNPUTH, Meteorological Services, Mauritius

Abstract

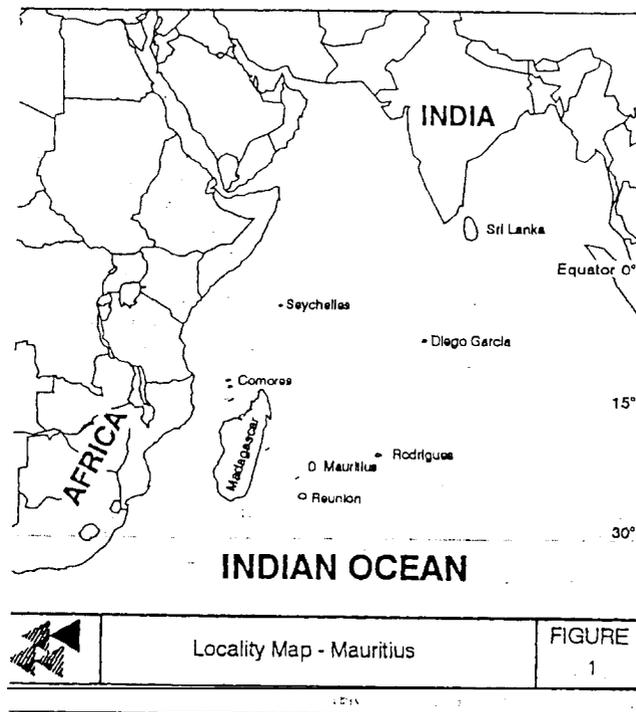
The coastal zone of Mauritius has many socio-economic importance. The beautiful sandy beaches are a source of recreation for both the local residents and the tourists. The tourist industry is the third pillar of the Mauritian economy. However, the degradation of the coastal zone is taking place at an alarming rate due to natural and man-made factors. Beach erosion is threatening many coastal infrastructures putting at risk coastal roads, tourist hotels and vegetation. This has accelerated during the last decade. Some protective measures have been taken with varying success. This problem of coastal degradation will be compounded as a result of increased population growth thereby putting more stress on the coastal resources and global warming causing an expected accelerated sea level rise. Strategies have been developed to mitigate the damage

1. Introduction

Mauritius is located at a latitude of about 19°58' South and longitude 58°east, some 800 km from the east coast of Madagascar (fig. 1). The island is quite mountainous with the highest peak at 817 metres. The island does not have a continental shelf *per se*, the water reaching depth of 3000 metres within 20 km from the coastline. It has a land area of 1860 km² and a coastline of only 200 km. The island is almost completely surrounded by fringing reefs enclosing a lagoon of 243 km².

Mauritius is entirely volcanic. The frame of the island is a series of collapsed calderas, which have been filled up, with lava (doleritic basalts) during two major, volcanic phases of the quaternary age. Some of these “*coulées*” crossed the relief of the central caldera remnants and flowed to the sea, where they constitute a part of the coastline (Pichon 1971).

Mauritius is one of the most densely populated island in the world. The island is predominantly agricultural. The rapid industrialization and urbanization of the country has put tremendous pressure on the land available for agriculture. Thus the proportion of land under agricultural use has fallen from 56.9% in 1965 to 48.3% in 1988.



2. The Coastal Zone

The coastline of Mauritius is 200 km long with a lagoon area of about 243 km². The island is surrounded by fringing reefs except at river mouths and cliffs. The absence of coral reefs near the cliff is mainly due to the thick “coulées basaltiques” that have reached the sea at these sites. The fringing reef system is absent along a stretch of 15.5 km along the southern coast and about 10 km off the west coast. Consequently the waves break directly on the coastline in these areas.

The reef system comprises mainly of a sedimentary zone, with an accumulation of sand rubble and rock fragments; a reef flat with coral growth and marine algae; a reef front, under continuous hydrodynamic action and is relatively shallow and the outer or frontal part of the reef comprising mainly of alternating ridges and grooves. Sand and coral rubble abound at the bottom of these grooves with a variety of coral species (e.g. *Pacillopora*, *Faviidae*, *Millepora* and *Acropora*) on the spurs.

The fringing reefs are sometimes interrupted at different places by passes which sometimes have depth of 20 m. There are ninety-six big and small passes identified along the reefs in Mauritius. This type of discontinuity along the reef is directly related to the hydrodynamic activity.

The lagoon area extends from the shoreline to the reef. Lagoons are absent in the south/southern eastern regions where there are no fringing reefs. The shallowness of the lagoons are remarkable (1 to 2 m), with the exception of Mahebourg with an inner reef pass of about 15 m.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 110

The bottom of the lagoons harbours a variety of plants and marine communities, coral rubbles, coral colonies. An assemblage of coral sediments and terrigenous materials abound near estuaries, tidal flats and mangroves. Sand is now being mined from the lagoons at various places e.g. Pointe d'Esny, Pointe Des Regates, Deux Frères, GRSE, Roches Noires, Pointe des Lascars and Poudre d'Or.

The shoreline in Mauritius is variable in terms of size, extent, slope, nature of deposit and energy. The width of the beach varies from a few metres in the eastern and southern regions to about 25 mts in the north-eastern regions.

The substrata are mostly coralline except in the south-western segment near barachois and river mouth where they are muddy. The shoreline has been zoned laterally into the foreshore, backshore, dunal ridge, backswamp, mangrove swamps and wetlands.

The foreshore comprises of the intertidal areas and extends a few metres to 60 metres or more. The above feature is noticeable in the N. Eastern, N. Western and eastern regions. This zone protect the backshore from wave action.

The backshore is made up of coarse sand and slopes landward. Its width varies from 3 to 12 mts.

The dune and ridge complex is made up of sediments of different size and grade. The sand dune sediment is fine and well sorted. Dunal deposits have been mined and vestiges remain in Riambel and Flic en Flac. The area near the sand mining sites has been seriously degraded. At Flic en Flac for example the dunal deposit has been extensively mined leaving a depression of 2 metres (Jootun 1994). The site is now below the coastal road and there are potential risks of overflowing. The only remaining dunal deposit is at the Souffleur which the Government is keen to protect. The backswamp lies behind the ridge. The sediments are silty clay and may be overflowed during high seas or high tide. A number of coastal flora and fauna is present in this zone.

Mangrove ecosystems are highly productive even though they occur in relatively harsh environment. Mangroves covered most of the coastline in Mauritius in the past. They produce a considerable amount of litter, which upon decomposition provide considerable amount of nutrients to estuarine organisms. They can also protect structures found further inland.

They usually grow near river mouths and estuaries such as at Terre Rouge, Rivière Noire, Baie du Cap, Rivière du Rempart or where there is a resurgence of fresh water near the sea such as at Trou d'Eau Douce, Poste La Fayette, Bras d'Eau, Roches Noires and Poudre d'Or. Two species of mangroves *Rhizophora* and *Bruguera gymnorhiza* occur on the island.

Coastal wetlands are located in the north and north eastern region of the island. They are important ecosystems and provide habitats for birds, crabs, fish and shrimps. Due to the rapid development of the island, many coastal wetlands have been filled up or reclaimed for the construction of hotels and bungalows. In the process, many natural drains have been closed causing flooding during heavy rains.

The sea surface temperature varies with the seasons. The main winter temperature is 22°C and the mean summer temperature is 27°C. The tides are of semi diurnal type and the tidal range is on average 0.7m. Waves in the lagoons are not more than 1 metre in height but can be much more pronounced during cyclones, when they can have devastating effect on the shorelines and coral reefs.

3. Coastal Problems (Fig. 2)

The coastline of Mauritius is under the process of pronounced morphological changes. There is no distinct morphological features and coastal processes that could differentiate and demarcate the various coastal segments into discreet sites. However, with a view to identifying the erosional patterns and the energy regimes, the whole coastal segments have been subdivided into five cells. (fig. 2)

- Cell A : Segment from Roches Noires to Cap Malheureux
- Cell B : Segment from Cap Malheureux to Flic en Flac
- Cell C : Segment from Flic en Flac to Le Morne
- Cell D : Segment from Le Morne to Mahebourg
- Cell E : Segment from Mahebourg to Roches Noires.

3.1 Cell A

The coastline in this segment is interrupted by a number of creeks, tidal inlets and the major river, Rivière de Rempart. The tidal marsh near Bras d'Eau and the tidal flats and mangrove swamps near the river confluence are striking. The sediments are fine to coarse depending on the proximity of the river or inlets. Boulders of varying sizes and terrigenous sediments are common. The discharge of industrial effluents from textile mills at L'Ile d'Ambre is taking heavy toll on the marine lives. The presence of groynes jetties are also sensibly affecting coastal protection and beach stability

3.2 Cell B

This section of the coastline is more or less protected from the south east trade winds. On the other hand this zone is susceptible to cyclone generating high energy waves, which usually originates from the north and north-west.

The coastline is more or less curvilinear except at bays and river mouths. Beach deposits are predominantly coralline and basaltic, with the sediment being medium to coarse on the beach and finer on the dunes. Cliffs of around 1.5 to 2.0 mt are found at Les Cannoniers, Grand Baie and Flic en Flac. The cliff at La Mecque is around 30-35 mts.

It is interesting to note that the high water line at Flic en Flac has receded dramatically during the past few years. It was around 8 metres from its present position 15 years ago. The presence of a vertical wall in front of the Pearl Beach hotel has accelerated beach erosion, at this junction, where wave reflection has eroded the foot of the wall.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 112

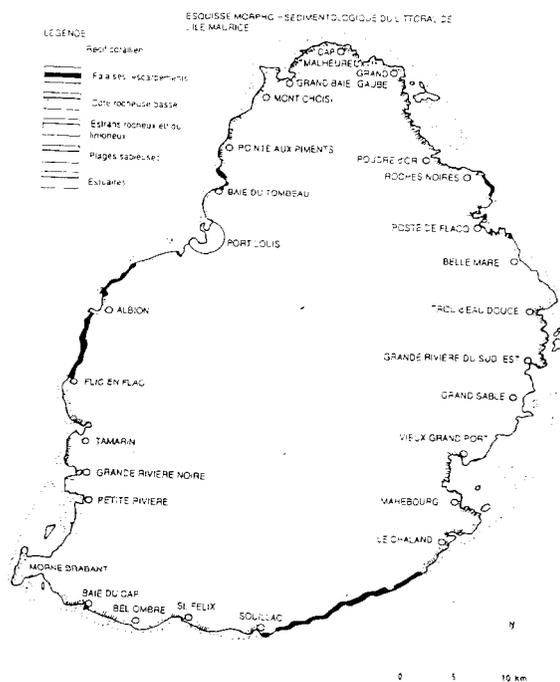


Figure 2

3.3 Cell C

This region is protected from the South East Trade Wind but is affected by swells originating from the south west. This area is bisected by numerous rivers and estuaries at Tamarin, Grande Rivière Noire and Petite Rivière Noire. The beach deposits are generally muddy except in the southern area which is sandy. Erosional scarps of 1.2 to 1.5m have been noted at Wolmar, Tamarin and Le Morne. The beach in front of Berjaya Hotel and Le Morne Brabant Hotel is seriously affected by erosion. The beach line at one spot has receded to at least 10 mts since the past fifteen years. The beach deposit has been eaten up and part of the walkway has been washed away and filaos trees uprooted. The site near Berjaya Hotel, Le Morne to Pointe Sud Ouest is also under erosional process. The dunal deposit has been leveled during the construction of the Berjaya Hotel. The steep beach slope is not of a natural declivity but is a result of push piling of Sand. There is a very high risk that the ridge area will be overtopped by seawater during rough seas, affecting the hotel complexes and other infrastructures.

3.4 Cell D

This section of the coastline is under the continued attacks of high energy waves generated and reinforced by the south east trade winds.

The impacts of the wave energy are quite pronounced and all the coastal segments are heavily eroded. Beach cliffs of 1.5 to 2 m are noted at Rivière des Galets, Pomponette and Riambel. Beach retreat of 4 metres has been measured at Pomponette during the past three years. The opening of a reef gap on the fringing reef to enable better access to the open sea to the fishermen has contributed to the wearing of the beach front. The worst eroded sites are Pomponette and

Riambel.

3.5 Cell E

Rock stacks, rocky promontories and basaltic rocks are common in this region. All these features are erosional relicts and have been caused by hydrodynamic action.

At Trou d'Eau Douce, a landward shifting of the coastline by 3.5 mt has been observed in 1991. This problem is probably due to the opening of a pass in the reef causing water to funnel inshore and thus causing erosion of the coastline.

4. Causes of the Shoreline Modifications in Mauritius

In Mauritius, shoreline changes are attributed both to natural phenomenon and anthropogenic factors.

4.1 Natural Causes

The coral reef surrounding most of the island absorb most of the energy from waves traveling from the open sea into the lagoons. Waves in the lagoon have heights of no more than 1.0m. In region where the fringing reefs are absent, cliffs and rocky beaches are formed. During normal conditions, the gentle waves and the smooth tides form a longshore drift along the coast. This slowly bring sand and other sediments and deposit them in certain regions thereby reforming the beaches which have been eroded during abnormal events.

4.1.1 Tropical Cyclones

There are about ten cyclonic formations each year in the South-West Indian Ocean during the summer months (November to May). The last cyclone that hit Mauritius was Hollanda (1994). The result of a survey undertaken by the Ministry of Environment and Quality of Life on the 15 and 16 of February 1994, four days after the cyclone hit Mauritius, illustrates the intensive damage caused by such weather perturbations. The whole coastal segment suffered from this cyclone. Those areas which fronted sandy ridges and those adjacent to coastal structures e.g. vertical sea walls, solid groynes and jetties suffered the most.

The length of the coastline affected and which needed urgent structural protection was nearly 8 kms. The width of the coastline eroded was almost 4 mt at certain places and almost 1 to 2 m of the height of the coastline was affected everywhere. Almost 2 km of the coastline was in quite a bad state and required some protection in the future.

4.2 Anthropogenic Causes

Man's interaction, basically, has four inter-related forms:

. An increasing population competing for portions of the coastal zone;

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 114

- . Pollution and contamination of the lagoons;
- . Construction of structures such as groynes, jetties and walls;
- . Removal of sand for construction purposes;

4.2.1 Coastal Development

The rapid increase in the standard of living in Mauritius has attracted more people to coastal areas. Mauritians are competing to acquire at exorbitant cost, beach frontage. The exploitation of the potential for beach-based tourism in the mid-1970's imposed further strain on the coastal environment.

4.2.2 Structural

Groynes, jetties and walls have been erected by people in order to protect their beach front from further erosion. Many beach hotels have built artificial groynes. Unfortunately, most of these structures are either unwarranted or ill-designed as they are inducing unparalleled beach erosion close to them. A recent survey has shown that there are about 200 jetties and groynes constructed illegally in the coastal region of the island.

These structures produce a local accumulation of sand and a corresponding local erosion (fig 3). A second structure is sometimes needed to protect the eroded site, triggering a chain reaction that results in an entire coastline being fronted by such structures.

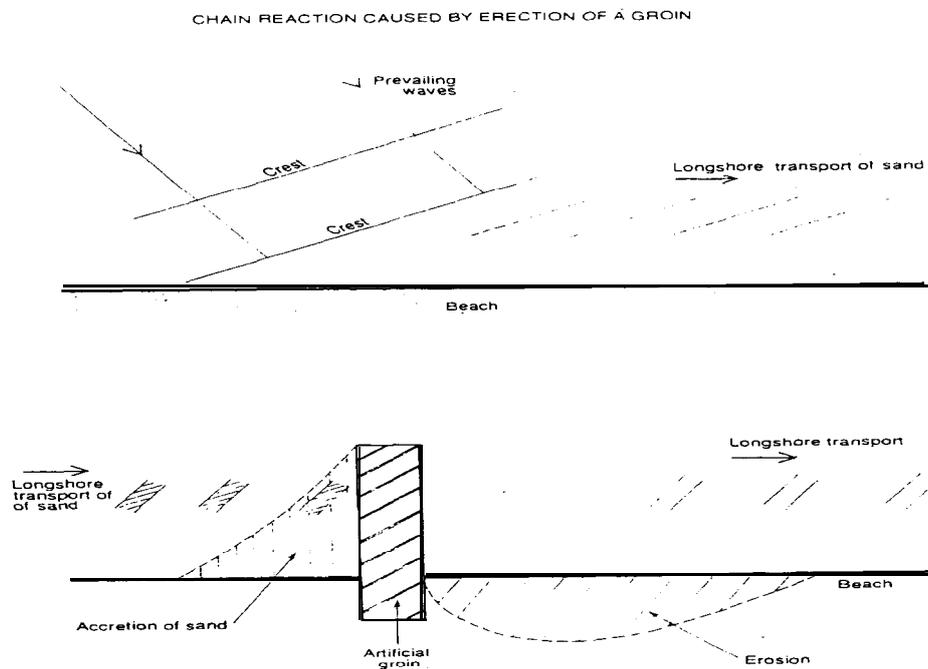


Fig 3

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 115

A typical example is that of Le Morne Brabant Hotel where the disorientation of jetties has caused alarming coastal erosion, with a shoreline retreat of 4 metres in four years.

Most of the sea walls constructed are either crumbling down or favoring beach erosion because they are poorly designed and the adjacent coastline is scoured by deflecting waves (e.g. at St Geran Hotel and Belle Mare).

The estuarine lagoonal and reef ecosystem are seriously threatened by pollution through land based activities and from solid waste disposal. There is visual evidence of severe pollution in the coastal waters from industrial zones, around outfalls and areas of dense tourist development.

Other structures that are affecting the coast are the construction of coastal roads on the backshore, on coastal ridge and on coastal wetlands thereby blocking natural drains and tidal inlets on the coast line.

4.2.3 Marine Pollution

The rapid industrialisation of the country is having a major impact on the terrestrial and marine environment.

The bulk of man's waste have been discharged into the lagoon. Besides sewage, other contaminants such as oils, solvent, textile and dyes are taking a serious toll on the marine environment. Frequent fish kills have been reported from industrialized coastal regions. The occurrence of red tides has become more frequent in certain regions of the country.

The Albion Fisheries Research Centre has undertaken a long term study to collect base-line data on sea water quality at eight sites around the island where monitoring of the ecosystem was being carried out.

The sea surface temperature, sea state and weather condition were recorded at each station. The water samples collected were analysed for biochemical oxygen demand (BOD5), nitrate-nitrogen, phosphate and hexavalent chromium levels.

High values of nitrate-nitrogen and phosphate have been recorded at sites associated with areas of high waste water discharge, fresh water input and industrial activity. High BOD values were also recorded at certain stations.

4.2.4 Hotel Developments along the Coast

Most of the coastal hotels have unfortunately been erected on dunes. Planation of dunes upset the sediment dynamics and eventually favoured coastal erosion. It has been observed at certain places that the coastline has retracted by up to 5 metres. Thus at Tropical Hotel Trou d'Eau Douce, urgent structural protection had to be undertaken to avoid the collapse of the building. At Berjaya Hotel, the beach has been extended by leveling of the dune. This has caused the wall to shift landwards.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 116

4.2.5 Passes

There are ninety-six identified passes along the coast of Mauritius. A few of these existing passes have been widened in order to allow free boat movement. Such an opening has changed the hydrodynamic regime causing seawater to funnel inshore, thus eroding the coastline (e.g. at Post La Fayette and Flic en Flac).

4.2.6 Lagoonal Sand Extraction (Fig. 4)

In 1995, twenty-five Cooperative Societies were involved in sand extraction from the lagoon, mainly at Mahebourg, Grand River South East, Grand Gaube, Roches Noires, Poudre d'Or and Poste de Flacq. The total amount of sand removed was estimated at about 800,000 tonnes in that year.

Mining of sand in the lagoon has given rise to negative impacts on the marine environment, such as disturbance of the ecosystems, destruction of fish habitats and weakening of the reef structures.

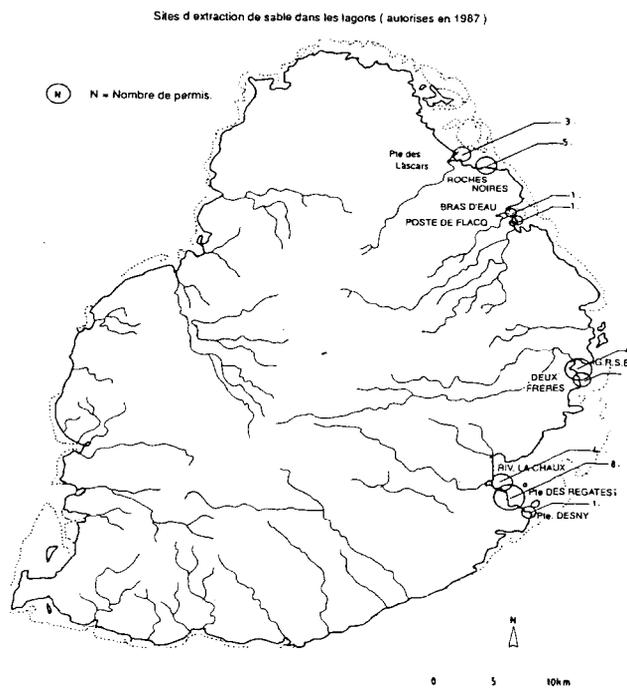


Figure 4

- Fig 4

5. **Protective Measures**

Various measures have been taken to protect the beach from further erosion.

5.1 **Dismantling of Jetties and Groynes**

As mentioned earlier many structures have been erected in order to protect the beach front and

other adjacent properties. Unfortunately these structures have not been very useful and have done more harm than good. The Ministry of Environment and Quality of Life initiated, as a consequence, a dismantling program to remove such structures that are causing coastal instability and hindering passage along the beach. However, care should be taken in dismantling such structures as there are risks that adjacent system may be upset. Thus at Pointe D'Esny the removal of one groyne caused severe erosion of the beach and the collapse of a neighbouring seawall. The design of jetties, Groynes etc. should now be according to the specifications of the Ministry of Environment and Quality of Life.

5.2 The Use of Gabion Structures

The Ministry of Environment and Quality of Life has initiated a preliminary reconnaissance survey in 1991 in collaboration with the CSIR of South Africa. It recommended coastal zone protection and management in three phases:

Phase 1 : To identify the critical sites and recommend corrective measures that need to be taken urgently.

Phase 2 : To undertake a comprehensive hydrodynamic sedimentological studies and near shore processes so as to recommend various protection and management guidelines.

Phase 3 : To put up the protection, monitor the responses and correct any negative impacts.

Phase 1 has been completed. Gabion, reno mattress structures and geotextile screens have been used in coastal protection at Grand Baie and Rivière des Galets. The gabion boxes are made up of galvanised steel rods, zinc coated with a 0.55 mm special PVC coat which are doubly twisted to give a hexagonal mesh of 80 x 100mm. The gabion protection has the following advantages on the traditional concrete or stone protection.

- They are homogeneous and monolithic structures and can be designed to resist considerable forces.
- They are flexible and can take up unexpected and localised stresses due to large settlement and deflection. When deformed the structures are not weakened.
- It is permeable and thus improves the strength of the surrounding soil.
- It is cost effective and easily placed.
- It is ecologically suitable as the merging gabion and reno mattress structures match with the natural environment and the voids in the rock become progressively filled with sand and provides further anchoring.
- The gabion structures, when installed can be easily dismantled and replace to suit the local environmental response. This particular characteristic is lacking with other permanent

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 118

protection structures.

At Grand Baie, after two months, about 20 cm of sand were deposited on the mattress. At Rivière des Galets the deposit exceeded 30 cm at one end.

It is proposed to protect other areas such as Riambel, Pomponette, Flic en Flac, Cap Malheureux, Poudre d'Or and Roches Noires.

5.3 Vegetative Protection

It is well known that vegetation is adequate in preventing erosion. Salt tolerant trees e.g. the filaos could be planted to check erosion caused by wave and wind actions.

A vast mangrove propagation program has been initiated with the aim of reconstituting mangrove stand in areas where they have been destroyed or where natural regeneration is slow. Seedlings have been planted at ten locations around the island and the survival rate varies from 75% to 85%.

5.4 Sand Mining

In order to diminish the impacts of sand mining on the marine ecosystems, only four sites have been earmarked for such activities:

Mahebourg			0.9 km ²
GRSE			1.2 km ²
Grand	Gaube	-	0.4 km ²
Poudre	d'Or	-	0.4 km ²
Rivière	Noires	-	0.5 km ²

5.5 Coastal Pollution and Monitoring

Pollution control and monitoring is now undertaken by the Albion Fisheries Research Centre (under the Ministry of Fisheries and Marine Resources). The aim of the study is to collect base-line data on seawater quality at eight sites around the island. Thus sampling is effected on a quarterly basis with each site being visited each week in rotation.

The sea surface temperature, sea state, weather condition are recorded. The water samples collected are analysed for biochemical oxygen demand (BOD), nitrate nitrogen and phosphate levels.

The results showed the concentrations of nitrate-nitrogen and phosphate were generally within the limits thought not to result in stress on coral communities at the eight sites. High values however have been recorded at additional stations particularly those associated with area of high waste water discharge and industrial activity.

Biochemical oxygen demand was generally low at all sites. Some high values were however recorded at certain places with numerous waste water discharges.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 119

The Government of Mauritius has recently created two marine parks in order to maintain and improve coral health. A coral reef ecosystem monitoring program has been set up with the aim at collecting base-line information on coral reefs at selected sites around the island. A five year activity plan on coastal ecosystem research is being set up with the collaboration of the Japanese International Cooperation Agency. The objectives of this plan is to understand the current condition of coastal ecosystem in Mauritius and establishing a long-term monitoring system for ecological study. The studies would include the following: (Fig. 5 and 6).

- a) The distribution pattern of marine organisms;
- b) Fish habitat interaction;
- c) Impact assessment on coral communities;
- d) Ecological survey within barachois.

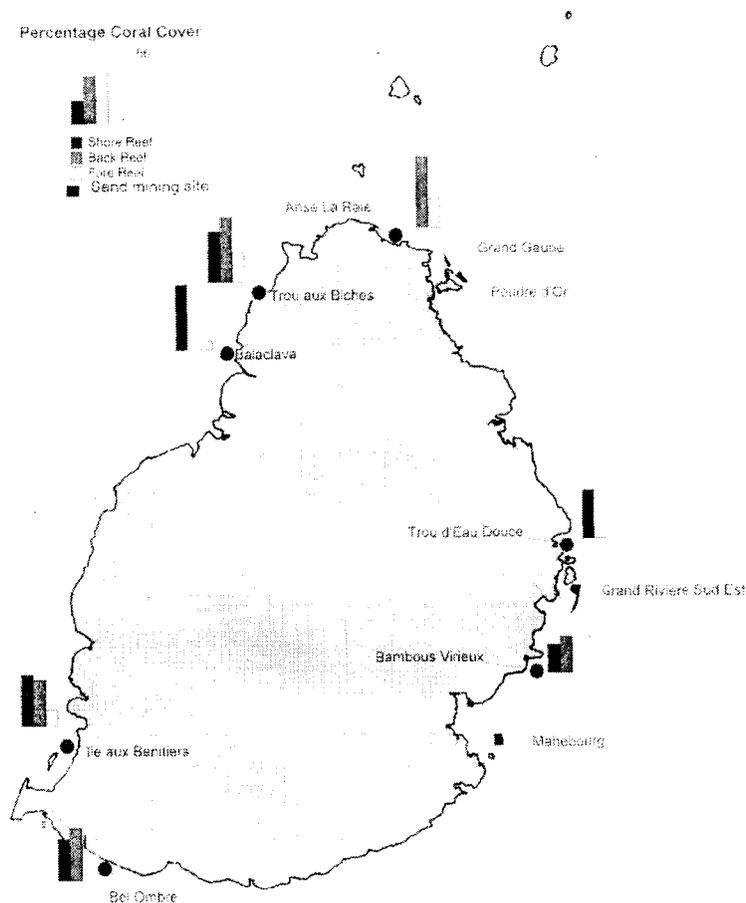


Fig. 5: Level of nitrate concentration at Trou aux Biches, Balaclava, Ile aux Benitiers and Anse la Raie not detected.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 120

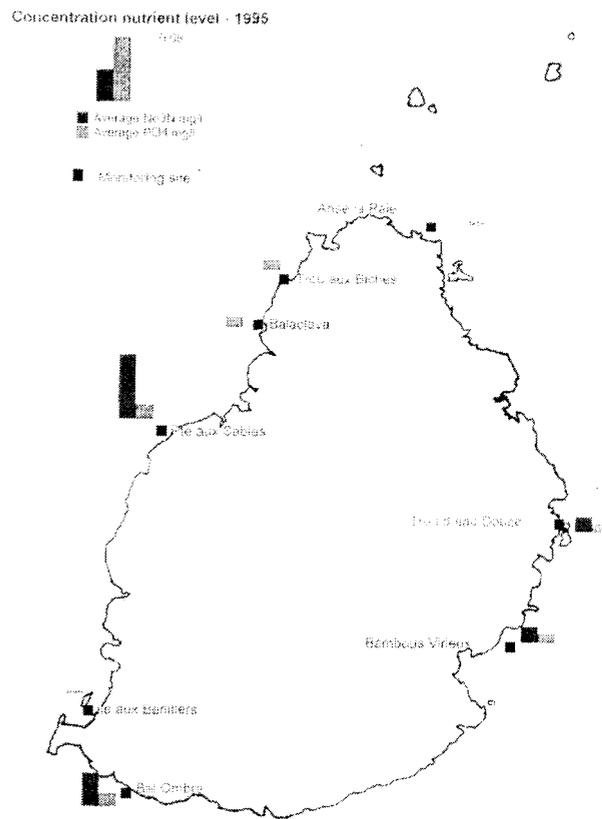


Fig. 6: Shore Reef at Anse La Raie, Back Reef at Balactava and Fore Reef at Bambous Virieux and Bel Ombre at present undergoing survey.

5.6 Environmental Impact Assessment

The Environment Protection Act of 1991 (amended in 1993) requires a proponent, whose project is a schedule undertaking to apply for an Environment Impact Assessment License. The schedule undertakings are as follows:

- Wetlands development;
- Creation of islands;
- Removal of Sand, coral, beach rock or natural vegetation;
- Sand crushing, screening and washing;
- Mining of sand dunes and seabeds;
- Lagoon dredging and reprofiling of seabeds;
- Modification of existing coastline;
- Marinas;
- Construction of jetties;
- Barachois development;
- Parceling of land into 10 or more lots in the coastal zone.

The proposed project is published in the Government Gazette and two dailies inviting public comments. It is then sent to agencies having a concern in the project for views. The Director of Environment reviews the E.I.A. and sent his review to the E.I.A. committee for further examination. The committee then accordingly recommends the Minister for approval of the project.

In all the cases, the implications of sea level rise and marine and coastal pollution are closely scrutinized.

5.7 Environment Sensitive Areas

The Ministry of Environment and Quality of Life is preparing an Environmental Sensitive Area Map that could serve as a guide to future coastal development.

Features such as estuaries, sea grasses, coral reefs, mangroves wetlands dunes and beaches are critical areas that need serious protection. No development albeit conservation ones, are recommended in these areas.

6. Wave Rider Buoy

Since May 1996, the Mauritius Meteorological Services has deployed a buoy which measures and records automatically the following:

- a) Wave height
- b) Wave frequency
- c) Wave direction and spread
- d) Sea surface temperature

The programme is being implemented within the framework of the Overall Environmental Investment Programme (EIP) of the Government of Mauritius funded by the World Bank, being a component of the Marine Projects of EIP.

6.1 Specifications

- 1) Bought from the Netherlands;
- 2) Steel (grey) spherical body of 0.9 metric diameter;
- 3) Weight - 212 Kg. moored at 50 metres depth using a mooring line of about 100 metres with anchor weight of 500 kg;
- 4) Antenna - fixed on top transmits radio signals to our receiving station at the airport Meteorological Office (Plaisance);
- 5) Displayed on computer screens and data printed;
- 6) It has a flashing bulb attached which repeatedly sends warning lights to alert vessels approaching and is visible at 8 Km. distance, mainly at night.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 122

6.1.2 Site

It is deployed at distance of about 1 km off Blue bay coast in the south-east of the island where waves are in direct contact beyond the reefs and data is transmitted every 30 minutes in real time.

Appeals were made to the Fishermen and public not to venture near the buoy through radio, television and the press for safety.

The data contributes a lot in daily forecasts issued by our service for the benefit of all.

The wave data will be very valuable for the implementation of an Integrated Coastal Management programme and the study of coastal erosion.

6.1.3 Waves Data

Wave data form the basic input for practically every planning, design, operation and maintenance problems concerned with coastal development and management. With regards to beach erosion, no studies could be undertaken to elucidate the problems and no effective measures could be taken to address the issues without a comprehensive set of wave data. Good measured wave data are needed for studies and applications involving, inter alia, sediment structure interaction, shoreline erosion, beach nourishment, coastal hydro-dynamics and coastal zone planning. There is no question that a comprehensive wave monitoring programme will result in substantial cost savings for coastal applications.

It is also noted that wave data has other major operational and scientific applications : offshore platform design, break water, jetty design, site selection criteria, operational planning, military operation, real-time input to wave forecasting, search and rescue, and pollution clean-up. Consequently, wave statistics should be available in the coastal waters. This requires both observation and wave hind-casting. However, measurement should be made at relatively deep water sites to minimize local bottom effects. For coastal and offshore structure design, extreme event data is important and above a selected threshold value, wave conditions should be monitored continuously. Long-term measurements are needed for offshore platform design.

There are three major classes of wave measuring instruments. These are : wave staffs, pressure sensors, and current meters. Two other types are radar and instrumented buoys. Wave staffs, pressure sensors, and current meters could be used for near shore measurements without major development. An important task, however, is the calibration of instruments against an accepted standard and cross calibration between types. Another important parameter for coastal processes studies is wave direction. However, instruments equipped to measure wave direction are much costly.

Reliable wave information is still lacking in most coastal areas of the countries in the Indian Ocean. In fact, most of the data available in the region is from observations made by merchants ships. No measured wave programme had been undertaken by any countries in the IOCINCWIO region. But since this year 1996, an instrument has been installed.

7. The Mauritius Wave Programme

The importance of obtaining reliable measured wave data has long been realized. In 1979, the University of Mauritius obtained on loan a wave-rider buoy from the London University to measure waves off Riambel. Within the framework of wave-energy study project. One-year of almost continuous data was obtained. The record was subsequently sent to the National Institute of Goa, India for reanalysis. A software (DIMIS) was developed and used for estimating the variation of diffraction coefficients for the Mauritius islands for the different long period waves.

Two project proposals for the deployment of a wave-rider buoy off Port Louis and Mahebourg were submitted to the Mauritius Marine Authority and the Government of Mauritius in 1988. The former agreed to provide funds for the Port Louis project. The Mahebourg project proposal was included under a sub project - Oceanographic Data Collection - of a national environmental project to be funded by the World Bank. The World Bank has agreed, in principle, to provide funding for the procurement of a wave-rider buoy for Mahebourg.

Much consideration is also being given to training aspects. The training of two scientists from the Meteorological Services on the operation and maintenance of wave-measuring devices at the National Institute of Oceanography of Goa, India has been recommended under the India-Mauritius Protocol on Oceanography and Ocean Development. Training was expected to start in April 1994, but has been postponed.

8. Concluding Remarks

Mauritius is an island at risk and has no control on natural factors causing coastal erosion. However, every step should be taken to minimise the damage. Measures taken to protect low energy regions have so far been successful. Other measures are envisaged for high energy regions. All these measures could prove futile without the collaboration and cooperation of all the people. Coastal protection is the concern of everybody.

9. Acknowledgement

The authors are grateful to Mr. R. R. Vaghee Director of the Meteorological Services and Coordinator of the United States Country Study Program. They also wish to express their appreciation to the members of the working group on the impacts of climate change on the coastal zone of the National Climate Committee. They have provided materials which have been used as a basis for the preparation of this paper.

Dr. L. Joottun, Dept. of Environment and Quality of Life.

Mr. V. Chineah, Ministry of Fisheries, Cooperatives and Marine Resources.

Mr. M. Ramnauth, Ministry of Housing, Land, Town and Country Planning (Survey Division).

Mr. F. Boodhoo, Ministry of Local Government.

Mrs. V. Sannassee, Ministry of Economic Planning and Development.

Mrs. D. Manraj, Central Statistical Office.

Mr. H. Kawasaki, JICA Expert at the Albion Fisheries Research Centre (AFRC).

Mr. M. Munbodh, Principal Fisheries Officer (Albion Fisheries Research Centre).

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 124

Mr. I. Jehangeer, Deputy Principal Fisheries Officer (AFRC).

10. References

1. Jogoo, V. Assessing the impacts - Mauritius Case Study presented at International Workshop, The rising challenge of the sea, Margarita, Venezuela, March 1992.
2. Thomas, R. H. (1986) Future Sea Level Rise and its early detection by satellite remote sensing. Proceedings of the international conference on the health and environmental effects of ozone modification and climate change and crystal city. Virginia, UNEP and USEPA.
3. Jootun, L. et al (1994) Proceedings of the IOC - UNEP - WMO SAREX planning workshop on an integrated approach to coastal erosion, Sea level changes and the impacts, 17-21 Jan 1994, P 29-63.
4. Ministry of Environment and Quality of Life, State of the environment in Mauritius, Presented at the RIO Summit, June 1992, Ministry of Environment and Quality of Life.
5. Ragoonaden, S. (1991) Sea-level Changes in the region of Mauritius, Mauritius Meteorological Services, occasional paper, 50 p.
6. Ragoonaden, S. & Golaup. P The Heavy Surges of March 1995, Mauritius Meteorological Services, occasional paper, 25p.
7. Ragoonaden, S. & Sok Appadu, S.N. Tidal waves of May/June 1987, Mauritius Meteorological Services, occasional paper, 30p.
8. Pichon M- 1971 Comparative study of the main features of some coral reefs of Madagascar, Reunion and Mauritius Sym. 2001. Soc. Lond 28: 185-216.

PRESENTATION No. 13

(Point 7.1)

Suivi de l'environnement océanographique hauturier : Rapport national - SEYCHELLES par Rondolph PAYET

Le Projet Thonier Régional de la Commission de l'océan Indien, financé par le FED et qui s'est achevé le 30 juin 1996 à l'issue de 4 années d'expérimentation a permis aux Seychelles de s'impliquer concrètement dans le suivi des conditions océanographiques intéressant le bassin occidental de l'océan indien. Ce projet comportait en effet un volet "Environnement océanographique" destiné à mieux comprendre la variabilité des rendements face aux conditions fluctuantes de l'habitat des thons.

C'est ainsi que plusieurs actions ont été entreprises, fruit de la collaboration entre l'ORSTOM et la SFA (Seychelles Fishing Authority) :

- . mise en place et suivi d'un réseau régional de stations côtières, avec capteurs automatiques de température ;
- . suivi des structures thermiques de subsurface sur la pêcherie thonière à l'aide d'XBT ;
- . constitution d'une base de données océanographiques sur l'ensemble de l'océan Indien.

Un résumé de ces différentes actions est présenté dans ce qui suit.

Réseau de stations côtières

Basé sur le mouillage de capteurs automatiques de température dans différentes îles de la région sud-ouest de l'océan Indien, ce réseau a été mis en place au cours des années 1993 et 1994. Les sites retenus à l'origine étaient au nombre de 11 : 3 aux Seychelles (Iles Denis, Mahé et D'Arros), 3 à Madagascar (Diego, Tuléar, Fort-Dauphin), 1 aux Comores (Anjouan), 1 à La Réunion (Le Port), 1 à Maurice (Albion), 1 à Rodrigues (Port-Mathurin) et Tromelin. En raison de difficultés liées à la relève des appareils (ceux-ci doivent être récupérés pour interrogation sur une interface couplée à un ordinateur), à de mauvaises conditions météo ou au manque d'intérêt des partenaires locaux, le nombre de sites a été réduit à 6 (3 aux Seychelles, Réunion et Anjouan). Les capteurs sont installés à faible profondeur (3 à 5 m), et doivent être relevés en plongée.

Les séries de mesures enregistrées présentent parfois des interruptions, en raison de problèmes techniques sur les capteurs (raison majeure) ou de la perte des appareils. Malgré ces limites, l'analyse des relevés souligne une variabilité interannuelle qui peut être mise en relation avec les anomalies ENSO. Le bassin ouest de l'océan Indien présente un signal thermique qui suit l'oscillation Australe (SOI), avec cependant quelques particularités qui apparaissent au travers d'un indice dénommé "Indice Océan Indien" (IOI) calculé de la même manière que la SOI. C'est ainsi que l'on a enregistré un réchauffement de 1993 à 1994, simultanément à une diminution très nette de l'IOI alors que l'anomalie négative de SOI persistait depuis l'ENSO de 1992.

La comparaison avec des températures de surface de mer calculées à partir de l'imagerie NOAA confirme ces fluctuations, à la fois sur les sites des capteurs et sur l'ensemble du bassin occidental de l'océan Indien. Par conséquent, il apparaît que même un réseau réduit d'implantation peut

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 126

restituer la tendance climatique sur une vaste région. Des analyses statistiques sont en cours, mais ce résultat souligne d'ores et déjà tout l'intérêt de poursuivre des opérations de ce genre, peu coûteuses et faciles à mettre en oeuvre.

Suivi des structures de subsurface par XBT

Deux thoniers senneurs ont été équipés de systèmes XBT informatisés dès 1989 pour assurer le suivi des zones sur lesquelles se déploie la pêche, mais dès 1982, une routine de lancers d'XBT avait été initiée à partir d'un thonier. Ce dispositif s'ajoutait aux données du même type recueillies par le programme international TOGA, utilisant des lignes de bateaux marchands. On a ainsi pu obtenir beaucoup d'informations sur la zone du bassin de Somalie, la région du contre-courant équatorial (0°-10°) ainsi que dans le canal de Mozambique. Plus de 1200 XBT ont été recueillis par les thoniers depuis le début de la pêche (1982), et transmis aux centres d'archivage pour intégration dans la base TOGA. Cette collecte se poursuit mais à un degré moindre (reliques de sondes) et des fonds doivent désormais être recherchés, suite à l'achèvement du Projet Thonier Régional.

Bases de données océanographiques

Elles ont été conçues de manière à répondre aux requêtes de biologistes des pêches cherchant à analyser l'évolution des pêcheries dans un milieu naturel fluctuant. Les données d'origine existent sous différents supports et différents formats, mais leur analyse exhaustive n'est guère aisée. D'où la création, à partir des différentes sources disponibles (NODC, TOGA, WOCE, etc...) de bases de données intégrées et compactées de manière à être exploitables sur PC à l'aide d'un logiciel ad hoc, C'est l'objet du système GAO (Gestionnaire d'Applications Océanographiques) qui rassemble un logiciel interfacé sous Windows et des mesures de stations océanographiques, des profils verticaux de température, des champs de pseudo tension de vent et des dérives de bouées (en cours de réalisation). Le logiciel permet des extractions et la préparation de données sous des formes permettant leur exploitation à l'aide de tableurs ou grapheurs du commerce. Les données actuellement contenues dans le système GAO vont être étendues à l'océan mondial et le logiciel va également être complété par de nouveaux modules. Une version CD-ROM, édité par l'ORSTOM, devrait voir le jour en 1998 et sera disponible pour diffusion.

PRESENTATION No. 14

(Point 7.1)

The Seychelles - Perspective

par Flavien JOUBERT

The Seychelles is an archipelago of some 115 islands situated between Latitudes 40°- 56° East. The islands cover a total land surface of 453 square kilometres, spread over an EEZ of 1376 million square kilometres.

The climate is equatorial with rainfall at 2215 millimeters annually, humidity at 80 % and temperate between 24 & 33°C. This is one of the greatest endowments of the country, allowing

for the development of diverse terrestrial and marine ecosystems which are valuable assets for a small island state like Seychelles with a deficit of other natural resources.

The Seychelles population have long adapted and been closely tied to the sometimes harsh environment of these islands. Although presently a more liberal approach and an opening up to the outside have tended to divorce the connection, the economic base is still firmly linked to the coastal environment. Increased demand from an increasingly affluent population places increased strains on resources. Direct impact and user conflicts come to the fore as the main problem areas. With ever ambitious plans from the top downwards and expectations at lower levels, resource allocation and misuse should gain increased importance.

The bulk of the population comes from the main three islands : Mahe, Praslin and La Digue. In that respect they are relatively urbanised. Economic activities and infrastructures are mostly concentrated along the narrow coastal strips as topography prevents the expansion of these activities further inland. 87% of the population lies on the coastal strip often at high densities, for example 7 km x 1 km band running from Victoria to the Airport on Mahe contains at least 40% of the population. Population density increases, although modest, it has been accompanied by an expansion in dwellings houses, a situation which should continue for some time. Such expansion gives rise to the need for a balanced approach to the allocation of land resources as well as monitoring of the needs of different users of the coastal zone.

The Seychelles has over 100 pieces of legislation dealing with the environment: coverage of these include flora and fauna, protected areas classification and management, tourism, marine and terrestrial pollution control, terrestrial developments on crown and private land, and marine activities such as fisheries aquaculture and dumping.

Two of these the Environment Protection Act 1994 and Town and Country Planning Act rates amongst the most important in the management of the coastal zone. Aspects of land use and terrestrial developments, requiring that permission is sought for any development. However activities such as works by a highway authority (which are mostly coastal) are exempt and it also does not bind the state to compliance .

The Environment Protection Act includes fields not formerly covered such as noise pollution and also provides for multi sectorial involvement through the National Environment Advisory Council.

Several masterplans exist with policies to guide development and resource management. The most important being : the Environment management plan (EMPS) which is in essence a catalogue of projects supported by UNEP and the World Bank; the national development plan (NDP) which is an economic development plan; the national land use plan (Plan d'aménagement du territoire PAT) which is a guide for land resource planning.

Coastal zone issues

There are several important issues in coastal zone management, some of which are presented below. Sectorial analysis would reveal more points but these are summarised below under broad themes.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 128

- The production of an integrated sectional development plan has yet to be achieved, and in the case when it exists, full use will be necessary, as opposed to the situation with certain masterplans such as the NLUP. Post-project evaluation of EMPS projects is also an issue.
- An Agency responsible for coastal management and at the same time a marine use plan needs to be put in place as there is a need for such measures.
- In need of revision are the different roles of actors in the coastal zone. Monitoring of the method of working of each actor is important to ensure continuity of action and inputs from outside.
- Environment education at higher levels for technicians and at lower levels in educational institutions needs to be addressed. The present level of education is considered inadequate and needs to be upgraded further.
- Stakeholders often do not have a good overview of issues at hand due to low information flow. This limits the impact of efforts at resource management. Consultation between different parties is lacking, especially between administration and users, giving rise to conflicts between institutions and between users. These needs to be addressed with relevant strategies, information and consultations.
- Baseline data and inventories on the marine environment is lacking, thus affecting all efforts at management. This is one of the most important factors in CZM in Seychelles.
- A lack of comprehensive legislation covering all of the marine environment is hampering efforts at protecting and managing resources. Enforcement of legislation by the police and others needs to be studied and increased. Factors hindering action including financial and technical set backs needs to be acted upon.

Tourism and fisheries, important users of the coast

Artisanal fisheries for local demand of fish is supplied by a fleet of around 400 vessels exploiting demersal, pelagic and semi-pelagic species mainly in nearshore areas. Handlines are used in smaller vessels such as pirogues but for larger vessels a wider range of more modern methods are used.

The Seychelles Fishing Authority (SFA) is the main agency for control and development of the fisheries sector. Its parent Ministry, the Ministry of Agriculture and Marine Resources is responsible for policy and legislation. The recently formed coast guard takes on the role of Air Force and Navy providing its services to SFA which in itself is not acting as an enforcing agency.

2.7% of a total working population is involved in artisanal fishing. In addition 80 Seychellois workers are employed by the industrial fleet and another 95 employed by SFA. Stevedoring and

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 129

related onshore activities including trade maintenance and canning employs another 600 Seychellois. Revenue from fisheries stood at SR102.7 million in 1995 for industrial fisheries and SR48.8 million for artisanal fisheries.

There is also the exploitation of octopus and lobsters. 4.14 tonnes of lobsters were landed in the 1994/1995 fishing season most of which were sold to hotels and restaurants. In contrast octopus is a traditional delicacy of which about 20 tonnes were consumed in 1995. Already there have been strains on these two resources due to increased catch effort and demand. The main issue is lack of basic information for management at sustainable levels.

Aquaculture ventures producing tiger prawns (Coetivy), giant clams and Pearl oysters (Praslin) are currently in operation. The Coetivy venture generated SR6.9 million in export in 1995. The introduction of aquaculture have raised important questions regarding concessions, impact assessment, coastal zoning and plans for marine resources use.

Tourism is another activity which raises important questions about the coastal zone. It is the most important economic activity, is concentrated along the coast making use of the natural asset of the sea and littoral, yet has a potential of imposing intense pressure on those resource that it depends on. Direct impacts through intense marine and land use e.g. pressure on coral reefs from boating activities as well as subsidiary demands for space and products such as shells and corals for the curio trade will increase unless these are pre-empted through management measures.

In recognition of the importance of tourism to the economy the government have provided tax incentives for investors and protection from legislative setbacks.

Initiatives

Small scale analysis would reveal that the coastal zone problems originates from land as well as sea based sources. For the Seychelles being a small island state, the definition of the coastal zone and the causes of different issues may well extend over the whole land surface. Efforts at management are therefore multidisciplinary, covering factors such as sewage pollution from tourism and urban areas, wetland protection sand and gravel extraction, river pollution, as well as marine pollution and marine resource use. Efforts have at addressing these factors have been increasing at the local and regional level, especially after the 1994 UNEP regional seas program. Many of these programs are still being developed, with only small outputs e.g. diagnostic reports.

Redundancy, coordination and duplication of efforts are important factors to be considered in the management of the projects. It is imperative that projects are registered and clearly defined in terms of objectives so that resources are not wasted. In Seychelles, where a local environmental masterplan, the EMPS, is initiating projects linked to the coastal zone it is important that regional efforts complement rather than duplicate such effort.

As indicated above environmental management in the Seychelles is very sectorially oriented. Several issues have been raised about the multitude of agencies involved in the management namely;

- No clear definition of sectorial involvement in the coastal zone which has led to a

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 130

duplication and overlapping of functions, funding and resources.

- Competing and conflicting interests which have accentuated the sectorial approach, and hampers efforts at coordinating management.
- Problems with coverage, mandates and implementation of legislation concerning the coastal zone. Gaps, gray areas and inter agency conflict still exist as a result.

An important issue in IZCM locally is the need for a single body to coordinate management efforts and oversee projects linked to the coastal zone. The Ministry of Community Development proposed the setting up of such a body in August 1996. At the Arusha 1993 ministerial conference on ICZM, the Seychelles representative also endorsed the concept of a coordinating body. This point has been further reiterated at the Seychelles national ICZ workshop (World Bank/UNESCO/SAREC) in 1995, in Tanga in 1996 and at the Seychelles ICZM workshop in October 1996. COI (Commission Ocean Indien) now chairs such a committee which meets to review developments every month.

Projects

EMPS and regional projects covers many of the areas which are in need of action. In certain cases however it is difficult to differentiate projects as the funding and aims are similar, for example provision for ship borne wastes are both international and regional undertakings carried out by the same agency (Port and Marine) and under similar funding.

EMPS projects are considered as one of the most successful group of projects present locally, completion rate are as high as 57%. Most have been started or completed.

Three Regional examples

EAF 6

The EAF 6 project had to do with the control of pollution in the coastal and marine environment. A project proposal was jointly submitted by Ministry of Health and Pollution Control Division of Environment in 1994. The project - a study of microbial pollution in the Bay of Beau Vallon - Mahe which is one of the main tourist beach of Seychelles. It had the two pollution objectives - determination of major sources of bacterial pollution in the Bay area- Initiate any remedial action, and propose a long term action plan. Work on the project was carried out between June and September 1994. A 32 page report has been submitted to UNEP OCA/PAC. Conclusions include percentage above WHO microbiological standards (60%), delay of microbiological contamination in rivers and also included, are recommendations for the management of pollution point sources, wetland rehabilitation and river outlets.

NETHERLANDS INDIAN OCEAN PROGRAMME

The programme follows initiatives by Netherlands Geoscience Foundation, and the Netherlands Council for Oceanic research. Research were submitted by Kenya, Seychellois and Pakistan, the central theme of which was global change. The programme involved a planning stage whereby junior scientist and technician received formation to satisfy project objectives, and expedition phase carried out between May 1992 and April 1993 on board the research vessel Tyro.

The Seychelles component was named oceanic reefs of Seychelles. It is comprised of five

research projects and reports, covering difficult aspects of that ecosystem.

SHOALS OF CAPRICORN EXPEDITION

The Shoals of Capricorn expedition is an undertaking of the Royal Geographic Society (RGS) with the aim of supporting a series of multidisciplinary marine expeditions, to conduct benchmark advances in marine scientific research of geographically important locations to depths of 500m underwater using a wide range of manned and unmanned investigations units. An essential part is to provide collaboration, research and training opportunities to the Seychelles, and establish facilities for contained scientific endeavour. Its project area will be the Mascarene plateau from Seychelles to Mauritius. 11 scientific objections are set out and locally the committee responsible have assigned each to a competent person in the respective field. The programme is supposed to follow progressive steps, taking scientists further afield as experience and competence is gained.

Funding is to come from international agencies. The coordinating committee in the UK is still trying to raise funds. The programme which should have started in 1997 is unlikely to start before mid 1998 due to financial setbacks. An intense effort to secure funds was done in November 1996, scientific proposals will be selected after securing of funds. It is anticipated that mid 1997 will see small scale shallow water projects which will lead towards longer projects in 1998.

Regional and local interaction- coastal pollution abatement

Offshore the main pollution threat is from oil pollution. A model petroleum agreement (under ratification) and an oil spill contingency plan have been drafted as prevention measures.

In the coastal waters human pressures are greater, and risks from sediments, oils, nutrients, metals, and pathogenic bacteria occur, industries, hotels and waterways serving heavily populated catchments. Several agencies have been involved in the monitoring of these factors in coastal waters and other point sources such as sewage outlets;

Division of Environment, some ambient water analysis

Ministry of Health, microbiological analysis

Seychelles bureau of Standards, oils metals and others

Public Utilities Corporation, Effluent

Efforts have been aimed at:

-Monitoring for compliance with EPA (1994) effluent standards

-Monitoring quality of bathing waters

-Monitoring of pollution loads to coastal waters

With the assistance of COI/FED these efforts have intensified. Three sites are presently under study; Praslin (Effluent and bathing water), Beau Vallon (Effluent and bathing water, Grand Anse Mahe pilot site (Pollution load in watercourses). Assistance has been given in terms of materials, transport and expertise. Recently a GREEN expert assisted the pollution monitoring team a three week period, assessing the methodology and quality of data produced.

It is envisaged that more intense monitoring of this type will in the short term enable a classification of bathing water, possibly with the introduction of standards, and enable control of

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 132

effluent from septic tanks for which presently no standards exist.

Conclusions

Projects derived from outside often carry their own terms of reference and objectives. Global or regional issues cannot be of sufficient depth to address all local issues. Ratification and amendments at the preparation phase should resolve these points. Internal projects such as EMPS projects originate from the host country and thus should reflect local needs and subtleties present locally. Many of these are ambitious and in principle they should be, as they represent the ambitions of the country to service its environmental needs. Many times however these ambitious plans are toned down or not implemented due to lack of financial and institutional support.

Justification for projects reflect both the present and projected future needs of the country. Projects have often in the past been conceived in a manner that did not represent the needs of future requirements. For example the outer islands water resource management plan was conceived at time when it appeared that more development would benefit from the effort. Presently such projections are obsolete and the whole project shelved.

The Seychelles have benefited from the environmental and non environmental projects, thus experiencing an increase in the quality of life and the economy. The important thing is that as it enters the field of affluence it becomes more and more difficult to gain funding from the international community. Apart from being able to generate its own finances, the Seychelles is establishing itself well, thus failing to satisfy different criteria for eligibility; the network of environment technicians and facilities are slowly improving, government is providing funding for their upkeep and major problems such as water management and sanitation are being successfully tackled. Thus in the long run it will be important that the Seychelles re-orient its approach to donor driven projects, opting for other options such as shared support,

The cost of carrying out project related activities is relatively high. The use of locally available resources such as existing transport may bring down cost, but nonetheless Seychelles is an expensive country and in many cases a percentage of project funds will have to be used for funding mundane things taken for granted elsewhere.

Coordination between projects, although not carried out formerly, is being attempted by COI. Status of EMPS project are followed by the Ministry of Foreign Affairs Planning and Environment, but analysis of project performance, setbacks etc. is not routinely performed. Thus although there is a good idea of the progression, impediments and other factors are not presented. Post project analyze may be only one of the areas of concern. Actual use of the material produced will justify the aim, but whether a project is redundant in terms of objectives or for other reasons the material is often not used. An institutional study of the Division of Environment (Shah & OE associates 1995) typifies one such example where expensive projects are carried out and the result not used in decision making.

There is the issue of competent people to make use of the materials used and to generate more locally oriented material. Education levels in the environment field is seen as needing improvements, and also motivation for the workers is necessary. Regional and international information resources are partially available to the country but there is still massive room for improvement. It is anticipated that increased competence coupled with easily accessible information will generate more successful ventures.

PRESENTATION No. 15
(Point 7.1)

Présentation de l'étude sur les risques majeurs à La Réunion
par Serge SOLAGES, BRGM, La Réunion.

1 - CADRE PHYSIQUE DE LA REUNION

1.1 - Contexte général

L'île de la Réunion, de forme sub-circulaire, compte une superficie de 2.567 km². La longueur des côtes, peu découpées, est de 207 km, sa longueur axiale maximale est de 70 km (Fig. 1).

La population recensée est de 597.824 habitants (source : INSEE 1990), répartie en 24 communes, groupées en 4 arrondissements. L'arrondissement de Saint Denis groupe à lui seul 207.158 habitants, dont 59 % pour l'agglomération de Saint Denis.

La Réunion se singularise par les trois caractères dominants :

Un relief très jeune et d'origine uniquement volcanique. L'île est constituée de deux massifs volcaniques, le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise, qui culminent respectivement à 3.069 m et 2.631 m, le second étant en activité.

Il en résulte une relative monotonie de la nature des roches et des sols, des pentes très fortes sauf en zone côtière et une érosion intense qui se manifeste sous forme diffuse et/ou brutale (érosion, mouvements de terrain - écroulements - coulées de boues).

Un climat très contrasté, caractérisé par une saison cyclonique (décembre à mars) durant laquelle les précipitations sont très intenses, elles peuvent atteindre et dépasser 100 mm/24 h.

Il en résulte un régime des cours d'eau de type torrentiel caractérisé par des crues soudaines, brutales et brèves. Seules les 5 ravines principales présentent un écoulement permanent, très limité dans leur cours aval.

La conséquence pour l'**aménagement** est une "surface utile" souvent limitée aux plaines et à la frange côtière (22 % de la superficie pour des pentes inférieures à 10%)... sur laquelle coexistent et sont souvent en concurrence l'urbanisation, l'agriculture, l'activité industrielle et touristique ainsi que les principales voies de communication (Fig. 2).

A cette situation viennent se surimposer des contraintes d'aménagement très fortes qu'elles soient de fait (urbanisation, infrastructures), d'ordre réglementaire, environnemental ou de protection du patrimoine (zones protégées, domaine forestier...).

Le Schéma d'Aménagement Régional (SAR - agréé par l'Etat en 1995) fixe pour l'horizon 2005,

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 134

les principes fondamentaux en matière d'aménagement du territoire.

1.2 - Morphologie et relief

LES UNITES MORPHOLOGIQUES (Fig. 3)

L'édification de l'île résulte de la juxtaposition de deux appareils volcaniques, le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise.

Le relief, la géologie et la morphologie de la Région permettent de distinguer cinq types de morphologie qui sont :

* Pour le Piton des Neiges :

- les trois cirques situés au sommet qui constituent trois excavations subcirculaires, coalescentes, entourés de remparts sub-verticaux de 500 à 1000 m de dénivelés. Ces cirques sont remplis de matériaux détritiques, de blocs effondrés et éboulis qui sont repris par une érosion très active en badlands, coulées boueuses et écroulements divers, qui sont évacués vers la mer en période cyclonique;

les versants externes, constitués de planèzes, de forme semi circulaire (pointe vers le haut), ou en lanières étroites dont les pentes s'atténuent et se concavisent dans leurs parties terminales basses. Ces surfaces, plus ou moins entaillées par les cours d'eau, résultent de la superposition de coulées volcaniques successives (nappage);

les plaines côtières et zones alluviales constituées de formations superficielles mises en place par les eaux ou le vent.

Les cônes de déjection ont "construit" les trois principales plaines qui se situent au débouché des trois ravines majeures issues des trois cirques :

la plaine des Galets (cirque de Mafate - Rivière des Galets),

la plaine du Mât (cirque de Salazie - Rivière du Mât),

la plaine de Pierrefonds et Saint Louis (cirque de Cilaos - Rivière Saint Etienne).

* Pour le Piton de la Fournaise :

les flancs externes, constitués de coulées de laves récentes à sub-actuelles.

On individualise aussi :

les escarpements et entailles profondes, qui résultent soit d'effondrements tectoniques d'origine volcanique (rempart des cirques et des caldeira emboîtées de la Fournaise), soit

de l'érosion due à l'écoulement torrentiel des ravines principales.

Enfin un sixième type de structure pourrait être constitué par :

les plaines perchées (au nombre de 5) dont la plus importante est la Plaine des Palmistes, qui est située à la jonction entre les deux massifs volcaniques.

LE RELIEF (Fig. 3)

Du point de vue géographique l'île est compacte et fortement accidentée, puisque pour un diamètre moyen de 60 kilomètres, le point central (Piton des Neiges) se situe à 3.069 m d'altitude.

La représentation cartographique des pentes, issue du Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 40 m (fig. 4) montre les pentes inférieures à 20 % représentent 53 % de la superficie de l'île.

Les pentes inférieures à 10 % qui, pour la plupart, constituent les plaines côtières et donc les zones "aménageables", représentent, seulement 22 % de la superficie totale.

1.3- Climat et précipitations

GRANDS TRAITES DU CLIMAT

Le climat de la Réunion est influencé par les masses d'airs océaniques, soumises à des circulations par l'interaction de hautes et basses pressions.

Il en résulte une distribution géographique et saisonnière, très contrastée des précipitations, modulée par l'influence de l'altitude.

Précipitations totales moyennes

Sur la façade "au vent" :

La moyenne annuelle comprise entre 2.000 et 8.000 mm, présente :

- * une saison très pluvieuse, du 15 novembre au 15 avril, avec généralement plus de 200 mm par mois, pendant laquelle on observe 2 maxima, l'un en janvier, l'autre en mars, de 500 à 900 mm chacun, séparés par un creux relatif qui tend à s'estomper au-dessus de 1.000 m d'altitude,
- * une saison moins pluvieuse, du 15 avril au 15 novembre, avec quand même 100 à 300 mm par mois et avec un minimum en septembre-octobre.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 136

Sur la façade "sous le vent" :

La moyenne annuelle comprise entre 500-550 mm (Le Port) et 2.000 mm. Il y a deux saisons tranchées :

- * une saison des pluies, du 15 décembre au 15 avril avec plus de 100 mm à 300 mm par mois (sauf sur le littoral, entre la Possession et Saint Pierre). Pendant cette période, on observe encore les deux maxima, en janvier et en mars jusqu'à 900 mètres d'altitude. Au-delà ils n'en font qu'un,
- * une saison sèche, du 15 avril au 15 décembre, avec moins de 100 mm mensuels. Les mois de juillet, août, septembre et octobre sont les plus secs (moins de 50 mm), les minima étant en septembre et octobre.

1.4- Formation géologique de l'île

Il y a plus de 5 millions d'années, sur le plancher océanique fracturé, profond de plus de 4 000 mètres, du magma s'écoule en énormes empilements invisibles depuis la surface de l'océan ; ce magma provient probablement de l'activité d'un "point chaud" qui fait fondre les roches du manteau se trouvant sous le plancher océanique.

Pendant très longtemps, les coulées se superposent en cône qui grandit progressivement jusqu'à arriver près de la surface de l'océan ; le volcan bouclier émerge enfin, il y a environ 3 millions d'années ; le processus continue à l'air libre et les éruptions successives de coulées de lave donnent naissance à un énorme bouclier de 2 000 mètres de hauteur émergée.

Il y a un million d'années environ, le premier massif volcanique (qui donnera le Piton des Neiges) est secondé par un nouvel appareil volcanique qui se développe sur son flanc Est. Ce dernier donnera le massif du Piton de la Fournaise. Les deux appareils fonctionnent simultanément pendant très longtemps mais leur activité est entrecoupée de phases de repos et de phases d'effondrement. Le Piton des Neiges, après des éruptions explosives violentes, s'endort il y a

environ 22 000 ans. La Fournaise est en revanche toujours en activité, une éruption tous les 9 mois en moyenne mais à ce jour la dernière émission date de 1992.

L'île de la Réunion est actuellement un édifice volcanique de 7 000 mètres de hauteur totale pour un diamètre de base, au niveau du plancher océanique, de plus de 200 km.

2 - LES RISQUES NATURELS

2.1- Les cyclones, les trajectoires

- * Descriptif du phénomène :

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 137

Par définition, un cyclone tropical est une dépression d'origine tropicale dans laquelle la vitesse des vents maximaux dépasse 117 km/h. Il s'agit là de la vitesse du vent moyenne sur 10 minutes. En effet à ce stade les rafales de vent peuvent déjà atteindre 170 km/h.

Sur les images satellitales, le cyclone se présente sous la forme d'une énorme masse nuageuse organisée en bandes spiralées qui convergent vers le centre, L'ŒIL du cyclone.

L'ŒIL est une zone de calme caractérisée par des vents faibles et par un ciel généralement peu nuageux. C'est en revanche, à la périphérie de cet oeil, dans le mur de nuages qui l'entoure, que le phénomène atteint son paroxysme : précipitations diluviennes, vents pouvant dépasser en rafales, pour les cyclones les plus intenses, le seuil de 300 km/h.

Entre un cyclone dépassant tout juste le seuil des 118 km/h et les cyclones les plus intenses qui ont été observés par le passé à travers le monde, l'intensité, mesurée par la vitesse du vent, varie pratiquement du simple au double et le pouvoir destructeur dans un rapport de 1 à 4.

La masse nuageuse associée, génératrice de fortes pluies, d'un diamètre généralement de quelques centaines de kilomètres, peut atteindre, dans certains cas, 1500 voire 2000 km (2200 km dans le cyclone record TIP observé en 1970 dans le Pacifique Nord-ouest). De la même façon si le diamètre de l'oeil est en moyenne de 30 à 40 kilomètres, il peut à l'occasion atteindre une centaine de kilomètres.

* Conséquences prévisibles :

Trop de cyclones ont douloureusement marqué de leur passage l'histoire de La Réunion pour qu'il soit nécessaire de décrire par le détail la véritable tragédie que représente le passage d'un tel phénomène et les conséquences désastreuses qui en découlent pour l'économie de l'île.

Chacun a encore en mémoire les images de Hyacinthe (1980), Clotilda (1987) ou Firinga (1989). Mais, attention ! Clotilda n'était pas un cyclone et dans "l'échelle" des cyclones tropicaux Hyacinthe et Firinga se situaient au bas de l'échelle.

Cela signifie que des phénomènes beaucoup plus violents ont déjà frappé par le passé (1948) et que l'avenir, forcément, nous en réserve d'autres.

* Probabilités d'occurrence :

Même si statistiquement, il apparaît que les régions Est et Nord-Est de La Réunion sont davantage exposées, en fait, tous les secteurs de l'île sont susceptibles d'être touchés par la partie la plus active d'un cyclone tropical.

Cette zone la plus violente, nous l'avons vu, est assez réduite et située au coeur du cyclone. Une première approximation de la probabilité d'occurrence consiste donc à travailler sur les cyclones qui s'étant approchés à moins de 100 kilomètres de La Réunion auront de bonnes chances d'avoir eu des effets sévères ou désastreux sur une partie de l'île au moins.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 138

LES STATISTIQUES DONNENT, ALORS, UNE PERIODE DE RETOUR D'ENVIRON 6 ANS AVEC TROIS MOIS CRITIQUES : JANVIER, FEVRIER, MARS.

Toutefois pour un point de l'île la période de retour des vents cycloniques (vent moyen >117 km/h) est plus longue. Pour la région du Port , par exemple, elle peut-être estimée de l'ordre de 20 à 25 ans. Il ne s'agit cependant, là, que de statistiques. Un exemple en montrera les limites : le 11 avril 1944 un cyclone intense ravageait l'île; dès l'année suivante, le 7 avril 1945, celle-ci était de nouveau frappée par un cyclone tout aussi destructeur.

2.2- Les mouvements de terrain

Les deux édifices volcaniques de La Réunion sont globalement instables du fait de leurs fortes pentes et de leur formation par accumulation de coulées de lave et de projections, le tout étant traversé par des intrusions subverticales (dykes, cheminées).

* Le relief de La Réunion est très accidenté, cela est dû à l'érosion qui attaque la montagne pendant les périodes d'arrêt d'activité volcaniques locales (Rivière des Remparts et Rivière Langevin depuis 65000 ans) ou plus générales (Piton des Neiges depuis 22 000 ans).

En surface, les reliefs "anciens" présentent une couche d'altération de plusieurs mètres d'épaisseur, argilisée, sur des pentes pouvant atteindre 30% . Ce sol peut glisser lors de fortes pluies et donner une coulée boueuse comme celle qui a coupé la route du littoral en 1987. Les zones actives présentent par contre un relief «jeune», penté vers la mer et entaillé par des ravines peu profondes (Plaine des Cafres, Vincendo...).

* L'instabilité naturelle des reliefs anciens est amplifiée par l'intensité des précipitations (jusqu'à 9m/an sur le volcan), mais surtout par leur brutalité (1825 mm en 24 h en janvier 1966, 3240 mm en 3 jours : exemples de records mondiaux de pluies détenus par La Réunion).

* Cela se traduit par plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mouvements de terrain par an (coulées de boue, éboulements, effondrements). Certains peuvent tuer, mais le plus souvent ils perturbent la vie économique et sociale de l'île en endommageant des équipements collectifs ou individuels. En février 1987, lors du passage du cyclone Clotilda, près de 600 mouvements de terrain ont été recensés, dont 151 ont touché des équipements.

* Les grands glissements de paroi, déclenchés généralement par de fortes infiltrations d'eau, ne se produisent pratiquement que sur les versants des grandes ravines constitués par des couches de lave pentées vers la vallée Mahavel. Ce genre de catastrophes naturelles a déjà eu lieu dans les cirques et dans toutes les grandes rivières du département. Les versants opposés ne sont concernés que par quelques arrachements rocheux de faible ampleur (quelques m³ à quelques milliers de m³).

* Les éboulements catastrophiques. Trois glissements de terrain d'extension catastrophique se sont produits en un siècle à La Réunion (1875, 1927 et 1965) pour un seul en un millénaire en Métropole. Le premier a fait 63 morts. Le troisième a isolé le village de Roche Plate dans la Rivière des Remparts "Mahavel". La fréquence de tels effondrements est d'ordre trentennale à cinquantennale.

* Le degré du risque est important en particulier dans les cirques et pour les zones de l'aval, ainsi que sur le versant sud de la Fournaise où les villes et villages sont construits dans le lit vif des rivières : Grand Galet, Saint-Joseph. Plusieurs milliers de personnes vivent dans la partie aval de telles gorges, qui canalisent les coulées boueuses potentielles.

* Un glissement catastrophique peut aussi se produire dans l'Enclos et plus particulièrement au niveau des Grandes Pentas. Ce phénomène n'a jamais eu lieu pendant la période historique, mais des études géologiques ont permis de reconnaître de nombreux événements passés. L'origine de ce type d'accident est liée aux injections répétées de magma dans les rift-zones NE et SE qui déplacent le flanc Est de la Fournaise (fig. 7). Par exemple, les mesures régulières effectuées par l'observatoire **Volcanologique** montrent que le bord Est du **Dolomieu** s'est déplacé de 2 m environ en 14 ans.

Après de nombreuses intrusions, le flanc oriental du Volcan est totalement déséquilibré et glisse brutalement vers la mer. Les hauts-fonds, situés au large du Grand Brûlé résultent de l'accumulation de ces glissements. Ce phénomène, rapide et violent, doit provoquer un raz de marée vers l'Est qui causera des dégâts sur la côte orientale de La Réunion mais aussi sur l'île Maurice.

La fréquence de ce type d'accident est millénaire.

2.3 - L'activité volcanique

L'activité éruptive actuelle du Piton de la Fournaise est l'une des plus régulières du monde, en moyenne une éruption tous les 10 mois.

* Cette activité se caractérise par un dynamisme effusif dominant, produisant essentiellement des coulées de lave basaltiques fluide (Fig. 8). 95% d'entre elles sont cantonnées dans l'Enclos. Cet espace géographique traversé par la RN3, est exploité seulement pour quelques cultures sous forêt (vanille, cardamome).

Parmi les coulées s'épanchant dans l'Enclos, environ 80 % n'atteignent pas le littoral, leur longueur est alors inférieure à 5 km. Ces coulées sont généralement issues du sommet ou des flancs du cône central, entre 1500 et 2600 mètres d'altitude. Certaines sont piégées dans les cratères **Dolomieu** et **Bory**, d'autres s'étalent dans l'Enclos **Fouqué**, les dernières descendent les Grandes Pentas.

Les 20 % restant correspondent aux 34 coulées répertoriées qui ont atteint le littoral depuis trois siècles, leur fréquence est donc décennale.

* Les coulées s'épanchant hors de l'Enclos. Si elles sont peu fréquentes, 5 % des éruptions historiques, elles menacent directement les populations et l'habitat, le patrimoine naturel et l'activité économique du sud et de l'est de l'île (agriculture, forêt, installations hydroélectriques,

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 140

routes, réseaux d'eau, de communication...), car elles atteignent souvent le littoral. Ce fut le cas lors des éruptions de 1708, 1774, 1776, 1800, 1977 et 1986.

Hors Enclos, les ravines, comblées par la lave, changent de lit et les crues cycloniques constituent une menace post-éruptive pour les habitations et les routes.

La cartographie géologique du Massif de la Fournaise a permis de définir les secteurs où se produisent les éruptions : les "rift-zones" (Fig. 8). Les rift-zones SE, NE et des Puys Ramond sont très actives, par contre la rift-zone N 120 se manifeste rarement, fréquence inférieure au millénaire, mais de façon plus violente ; le risque de recouvrement par des coulées n'est pas nul au Tampon et à la Plaine des Palmistes.

* La vitesse des coulées de lave. Elle dépend de la composition chimique du magma, de sa température et de la pente sur laquelle il s'épanche. Le front de coulée peut atteindre une vitesse de quelques kilomètres par heure ; la couche isolante et chaude, formée par le déroulement d'un premier tapis de lave sur le terrain permet à la coulée de former des rivières plus rapides (jusqu'à 60 km/h). A La Réunion, deux sortes de coulées sont reconnaissables à leur surface :

- les coulées en gratons (aa)
- les coulées lisses ou cordées (pahoehoe).

2.4 - La sismicité

LE CONTEXTE SISMOTECTONIQUE DE LA REUNION (Fig. 9)

La Réunion se situe dans un contexte d'intérieur de plaque tectonique, c'est-à-dire dans une zone de faible sismicité. En effet, la sismicité est généralement forte aux frontières des plaques, et faible à l'intérieur de la plaque.

LA SISMICITE HISTORIQUE DE LA REUNION (Fig. 10)

* La Réunion a connu une macrosismicité clairsemée et modeste depuis 3 siècles, avec toutefois une crise au début du XVIII^e.

* Treize séismes d'importance, peuvent être considérés comme certains depuis la première occupation de La Réunion en 1650. Leur intensité a pu être estimée de IV à VII. Leurs épicentres ne sont pas connus. Ces séismes résultent de l'enfoncement de la croûte océanique sous l'effet du poids de l'île.

* Le séisme de 1863 est le seul à présenter un caractère régional, ayant été ressenti à la fois à La Réunion et à Maurice (et peut-être à Madagascar). Il est, par ailleurs, le seul exemple reconnu de séisme ayant déclenché un mouvement de terrain (effondrement d'un rempart).

3 - PRISE EN COMPTE DU RISQUE MOUVEMENTS DE TERRAIN DANS L'AMENAGEMENT

3.1- Objectifs

- * Etablir un document d'orientation en matière d'aménagement du territoire, à l'échelle communale, en tenant compte des contraintes physiques et des phénomènes naturels (mouvements de terrain).
- * Elaborer des outils d'aide à la Prévention des Risques Majeurs pour les communes et l'Etat (objectifs de la Loi du 22 juillet 1987).
- * Contribution à l'élaboration des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (Loi du 02 février 1995).

3.2 - Méthodologie

*** Première étape**

- *Synthèse des données événementielles* (fichier mouvements de terrain BRGM, repérages sur le terrain, informations fournies par les services de la mairie),
- *Analyse du milieu physique* (informations topologiques, géologiques, hydrologiques...)

⇨ Carte des données physiques

*** Deuxième étape**

- *Cartographie de l'aléa* (démarche interprétative)
- *Circonscrire les zones dangereuses et les zones stables*

⇨ Carte des aléas (Fig. 11)

*** Troisième étape**

- *Recenser les divers enjeux sur le territoire de la commune*

⇨ Carte Identification des risques (Fig. 12)

3.3 - Zonage proposé

La confrontation des paramètres pente, géologie, réseau hydrographique, aboutit à la définition de zones à **instabilité potentielle** et des zones de stabilité apparente. **Cette approche permet d'établir une présomption spatiale d'apparition de phénomène.**

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130

Annexe III - page 142

Différents niveaux d'aléas

Degré	Amplitude	Description des phénomènes	Recommandations (propositions)
0 	Nul	Absence de phénomène prévisible	En raison des conditions climatiques exceptionnelles pouvant affecter l'île , des phénomènes de ravinement, des affouillements localisés, des instabilités de talus, des coulées boueuses peuvent se produire sur toute l'île. En conséquence il n'existe pas de niveau 0
I 	Faible	Phénomène rare. sans gravité hormis les événements courants liés aux Conditions climatiques extrêmes (ravinement superficiel, instabilités de talus)	En général, ces phénomènes sont maîtrisables par des moyens simples (fossés revêtus, soutènement de talus, endiguement des petites ravines...) à l'échelle de la parcelle Applications des Normes et Recommandations de l'île.
II A 	Modéré	Phénomènes connus (affaissements, glissements superficiels)	Dispositions constructives spécifiques. Normes et recommandations spécifiques à la zone. Les phénomènes ne sont pas maîtrisables à l'échelle de la parcell mais à l'échelle du bassin versant ou de la zone selon le type d'aléa. Vérifier que l'aménagement n'aggrave pas les risques
II B 	Moyen	Phénomènes mal connus pouvant être ou devenir de grande ampleur.	Conduire des investigations spécifiques pour affiner le diagnostic ou pour mettre en place des protections. Constructions gelées jusqu'à la réactualisation du P.P.R à la suite de travaux ou d'études approfondies. La réalisation de constructions ou d'aménagements nouveaux pourra être subordonnée à des travaux ou à des mesures particulières.
III A 	Elevé	Glissement de terrain de grande ampleur, effondrements, exposition aux éboulements Coulées boueuses	Zone à faible pente pouvant accueillir certaines activités agricoles Evacuation temporaire des populations en période de forte pluie ou définitive si situation de danger imminente Constructions interdites
III B 	Très élevé	Eroulement de rempart, glissement de grande ampleur. crues torrentielles	Zone à forte pente sensible au phénomène d' érosion . Dispositions de lutte contre l'érosion. Constructions interdites. Evacuation temporaire ou définitive des populations.

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 - Image satellite de la Réunion

Fig. 2 - Occupation des sols

Fig. 3 - Relief de l'île de la Réunion

Fig. 4 - Pluviométrie moyenne annuelle

Fig. 5 - Carte série du Piton des Neiges

Fig. 6 - Les cyclones : les trajectoires

Fig. 7 - Les mouvements de terrain

Fig. 8 - L'activité volcanique

Fig. 9 - Contexte sismotectonique

Fig. 10 - La sismicité

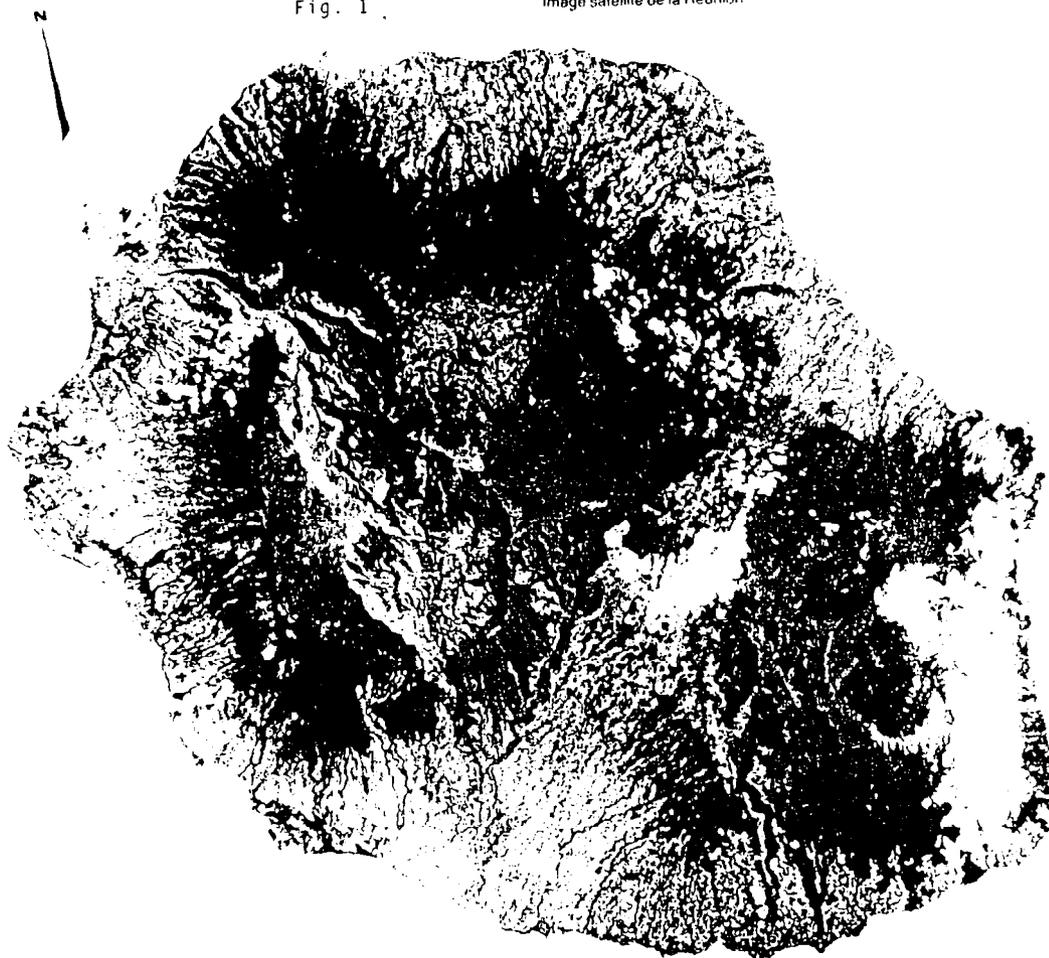
Fig. 11 - Carte risques naturels

Fig. 12 - Carte des enjeux



BRGM

Fig. 1 . Image satellite de la Réunion



Realisee par le BRGM et la DRM

Cartographie Satellite BRGM
Centre National de Recherche Scientifique
L'Institut National de l'Environnement et de la
Santé Publique (INRS) est financé par le
Bureau de Recherches Géologiques et Minières

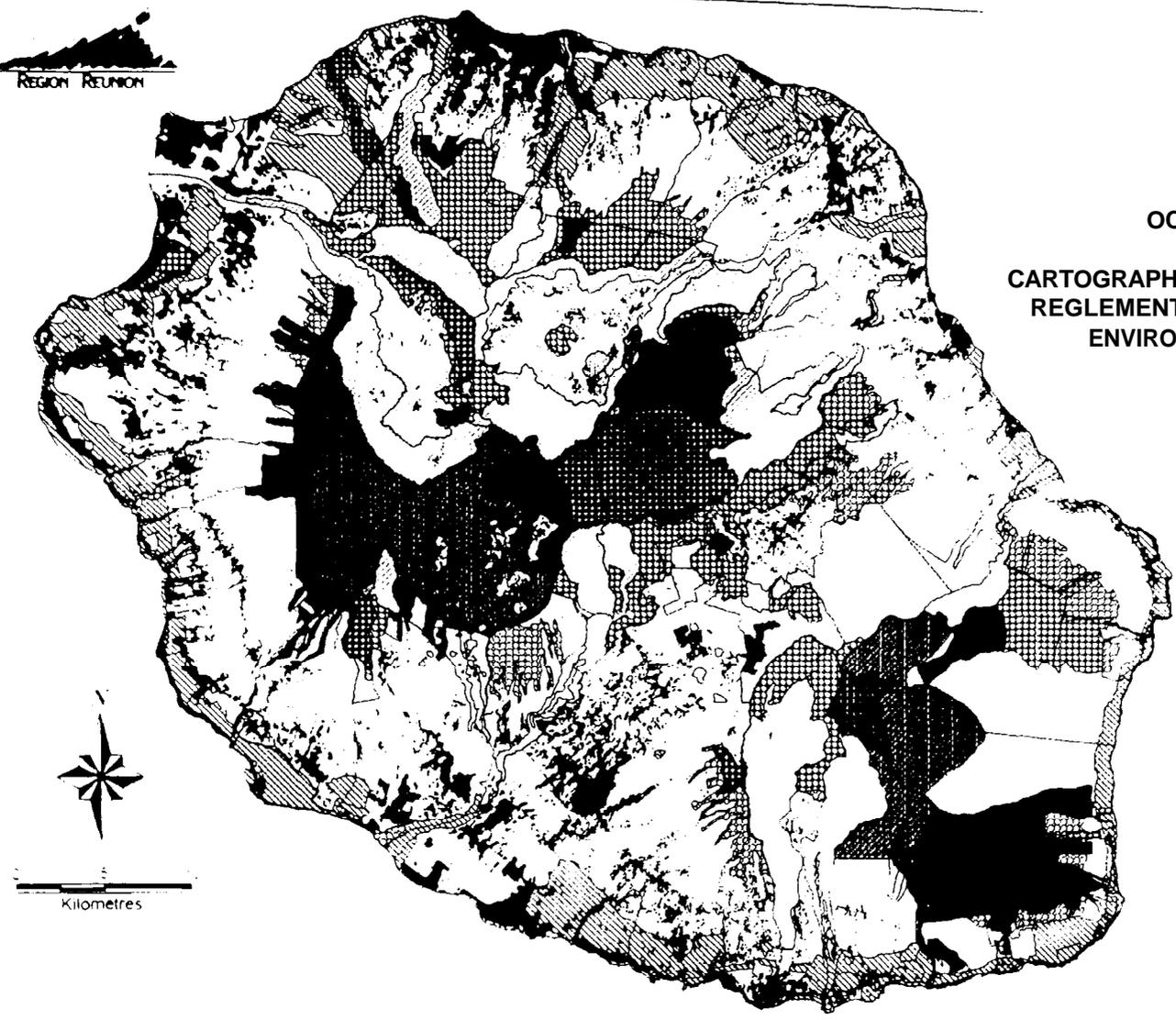
Document : BRGM - Direction Géomatique
Service Géographie, Régions, Travaux

Dossier Départemental des Risques Majeurs
Un exemple, La Réunion - 1995



Fig. 2

OCCUPATION DES SOLS CARTOGRAPHIE DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES ET DONNEES ENVIRONNEMENTALES



LEGENDE

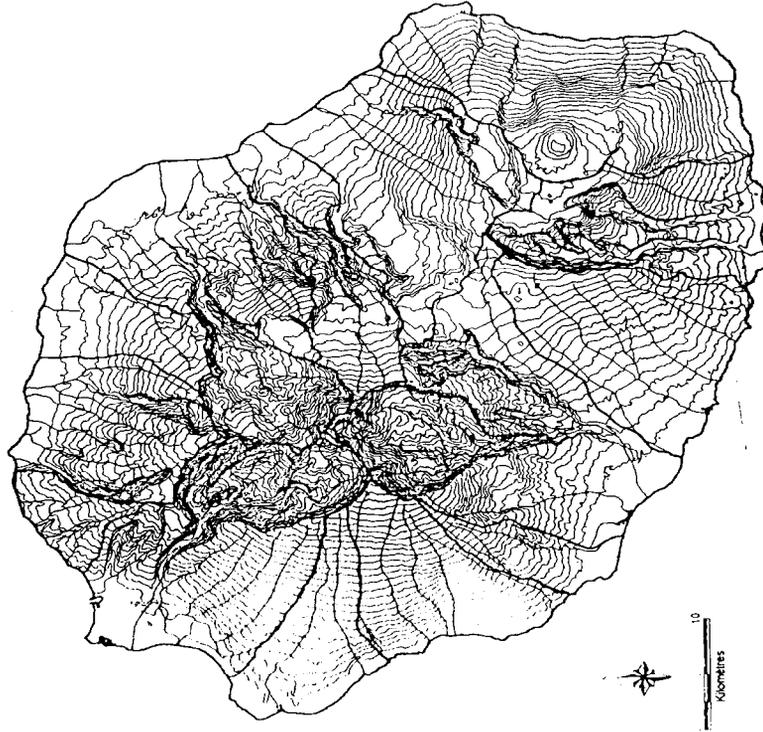
- ZONES HABITEES
- LIMITES ONF
- ZNIEFF
- SMVM
- Reserves naturelles
- Sites naturels
- Reserves biologiques domaniales
- Forêt de production
- ▨ Projet reserves naturelles
- ▨ Projet sites naturels
- ▨ Projet reserves biologiques
- ▨ projet forêt de protection

DONNEES : BRGM-DDE-DIREN-ONF digitalisation Microstation - restitution sous MAPINFO

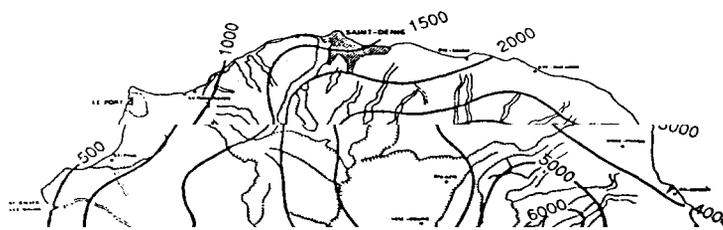
Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe III - page 145



Fig. 3 - RELIEF DE L'ILE DE LA REUNION
(restitution à partir d'un MNT au pas de 40 m).



PLUVIOMETRIE MOYENNE ANNUELLE (en mm)
période 1958-1980



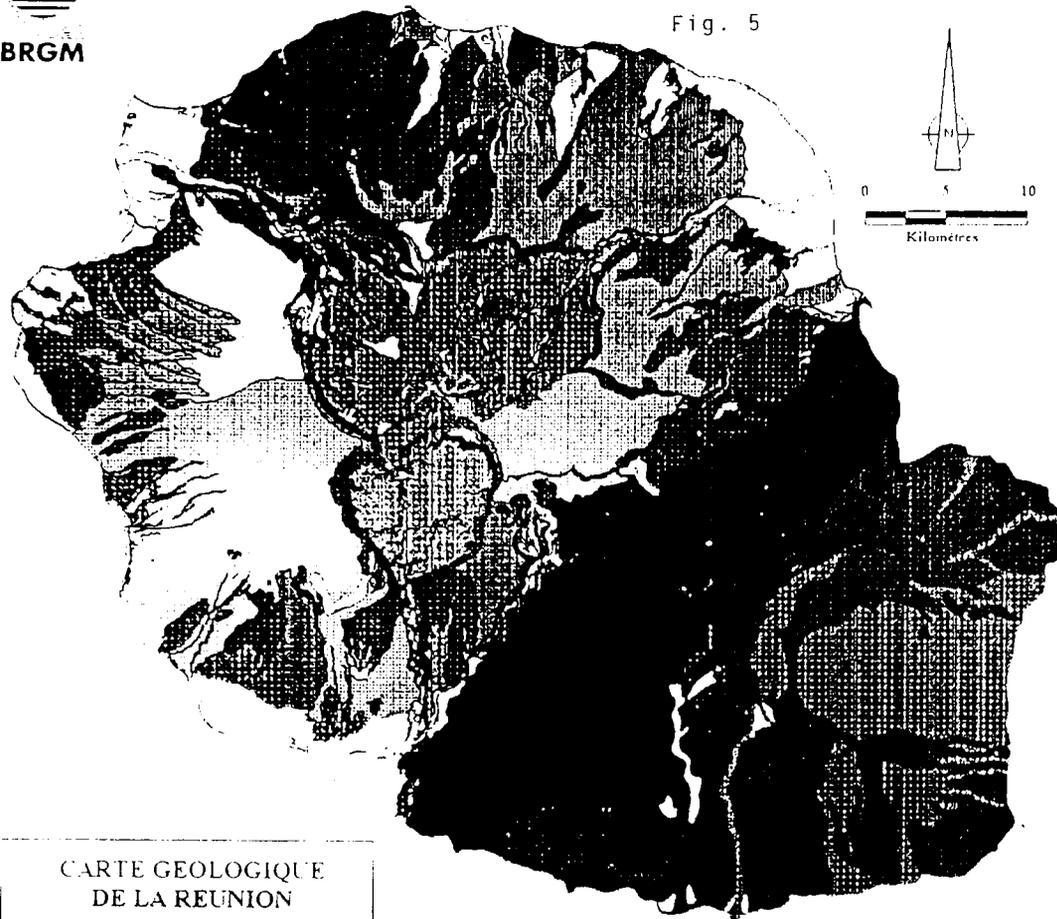


Fig. 5

CARTE GEOLOGIQUE
DE LA REUNION

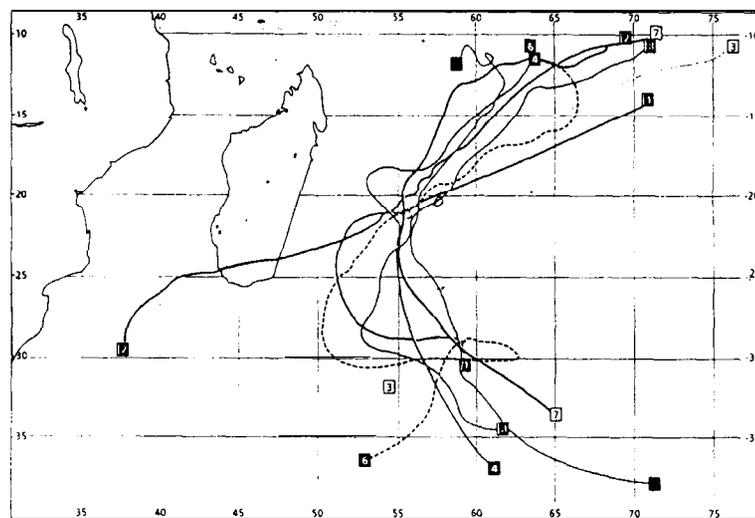
- G. Billard (1974) -
- P. Bachelery ; Ph. Mairine (1990) -

Réalisée par le BRGM et la DRM

Série du Piton des Neiges (G. Billard, 1974)	
Alluvions	
	coulées de solifluxion indifférenciées
	brèches volcaniques et éboulis
	réécifs coralliens
	Phase IV Piton des Neiges basaltes, andésites
	tufs indifférenciés
	coulées pyroclastiques
	Phase III Piton des Neiges basaltes à tephrites
	coulées trachytiques du plateau de Belouze
	Phase III du Piton des Neiges formations pyroclastiques à base de tufs indifférenciés
	Phase II Piton des Neiges basaltes à tephrites
	Phase I Piton des Neiges basaltes à tephrites
	Phase I Piton des Neiges mélanges pyroclastiques à base de tufs indifférenciés
Série du Piton de la Fournaise (P. Bachelery ; Ph. Mairine, 1990)	
	série récente (0 à 5 ka)
	unité de la Plaine des Laves (10 à 5 ka)
	série de la Plaine des Laves (5 à 10 ka)
	série ancienne à la Plaine des Laves (10 à 65 ka)
	série du volcan de Mahabou (300 à 150 ka)
	série ancienne (> 530 ka à 300 ka)
	limite d'accident tectonique
	Sommet de falaise

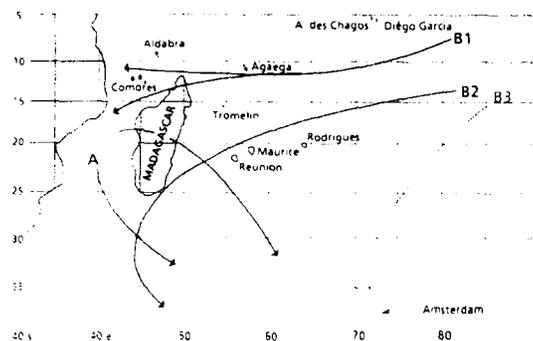
Dossier Départemental des Risques Majeurs :
Un exemple, La Réunion - 1995

Fig. 6 - **Les cyclones : les trajectoires**



Perturbations s'étant approchées à moins de 1 degré (environ 110 km) de La Réunion au stade de cyclone tropical (depuis 1961)

- 1 26-02-05-03/1962, JENNY
- 2 CT 23-02-04-03/1964, GISELLE
- 3 CT 03-01-11-01/1966, DENISE
- 4 CT 22-01-27-01/1970, HERMINE
- 5 CT 03-01-11-01/1981, FLORINE
- 6 CT 24-01-07-02/1989, FIRINGA
- 7 CT 13-01-21-01/1993, COLINA
- 8 CT 06-02-15-02/1994, HOLLANDA

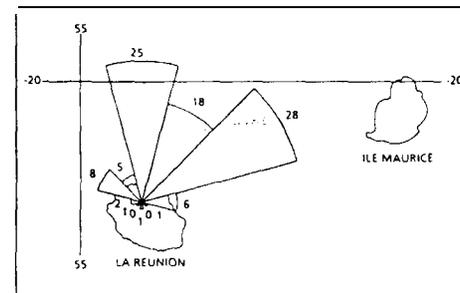


Trajectoires dominantes des cyclones dans le Sud-Ouest de l'océan Indien

Famille A : Systèmes tropicaux prenant naissance dans le canal de Mozambique

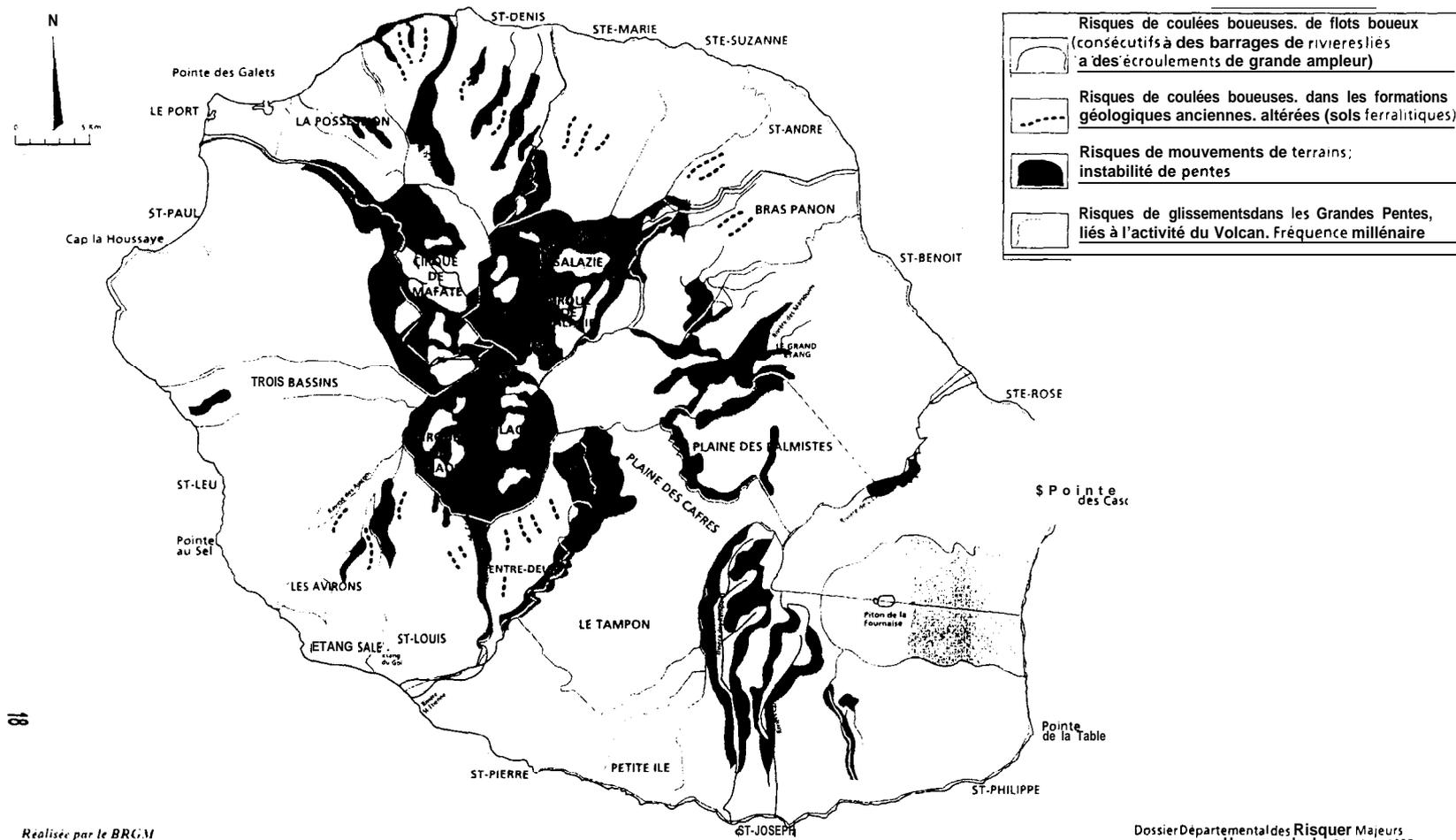
Famille B : Systèmes tropicaux de l'océan Indien

- B1 :** systèmes de début de saison
- B2 :** systèmes de pleine saison
- B3 :** systèmes de fin de saison



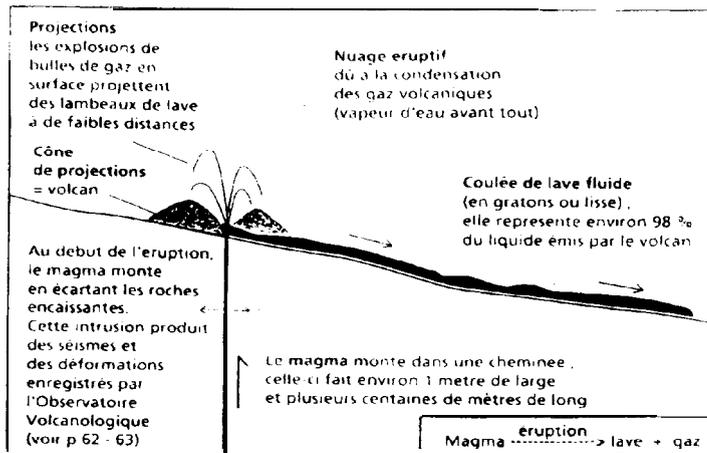
Répartition, selon leur secteur d'origine, des différentes perturbations tropicales étant passées à moins de 1 degré (environ 110 km) de La Réunion en un siècle et demi (1848-1992). Le nombre des perturbations est précisé pour chacun des secteurs.

Fig. 7 - **Les mouvements de terrain**

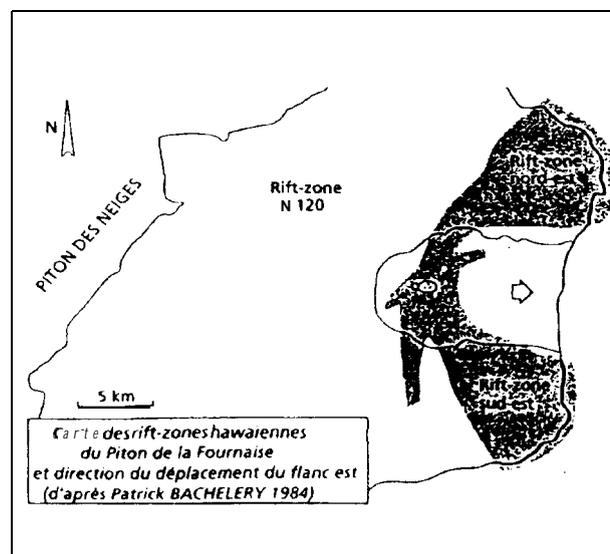
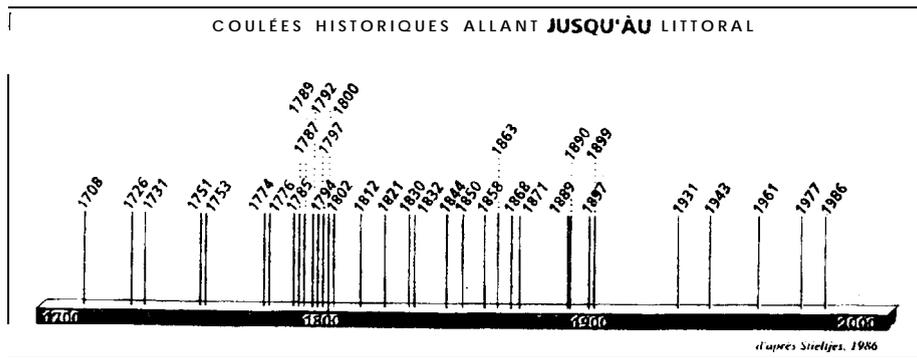


L'activité volcaniques : les coulées de lave

Fig.8

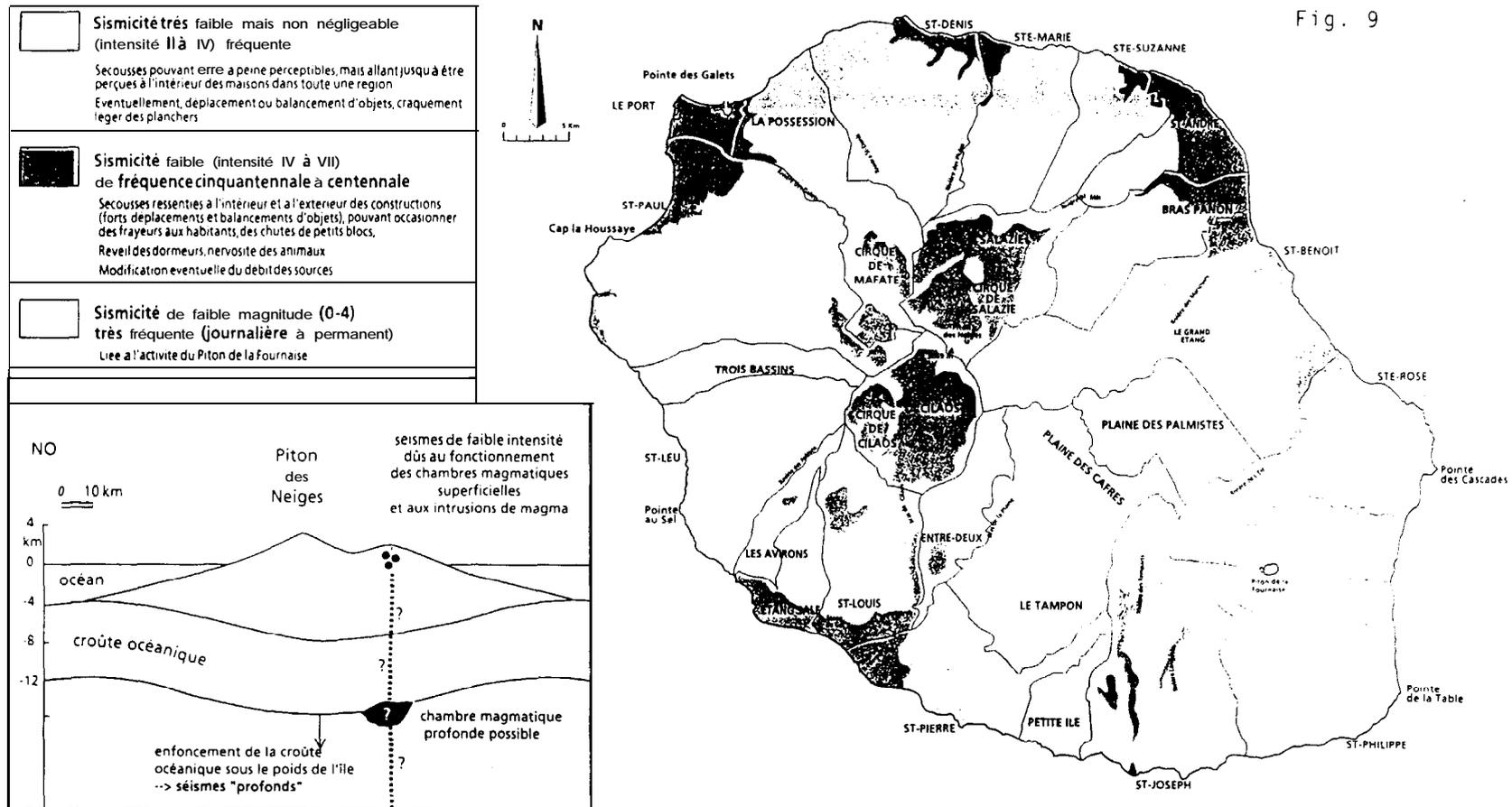


Coupe décrivant une éruption volcanique de type effusif



La sismicité

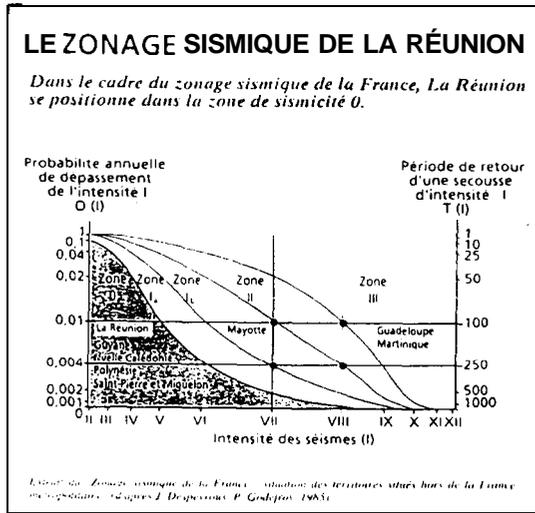
Fig. 9



Coupe schématique de La Réunion montrant les deux origines des séismes

La sismicité

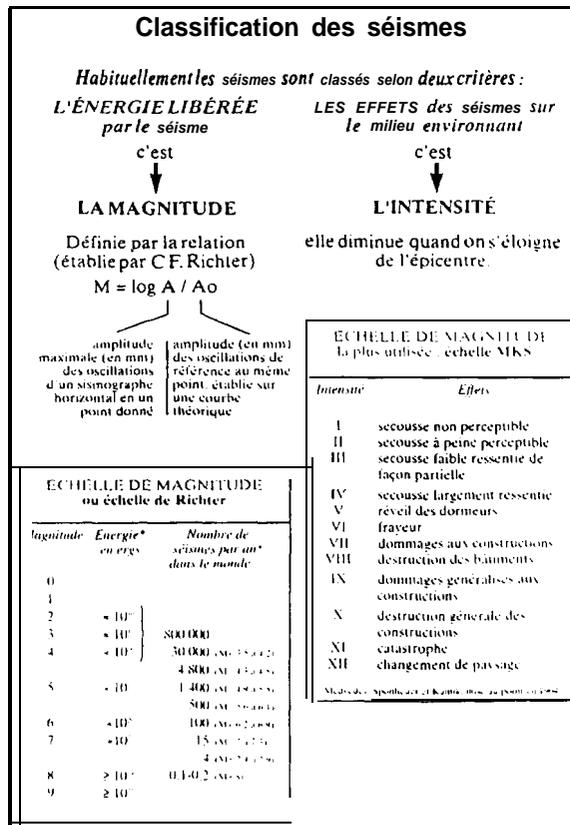
Fig 10

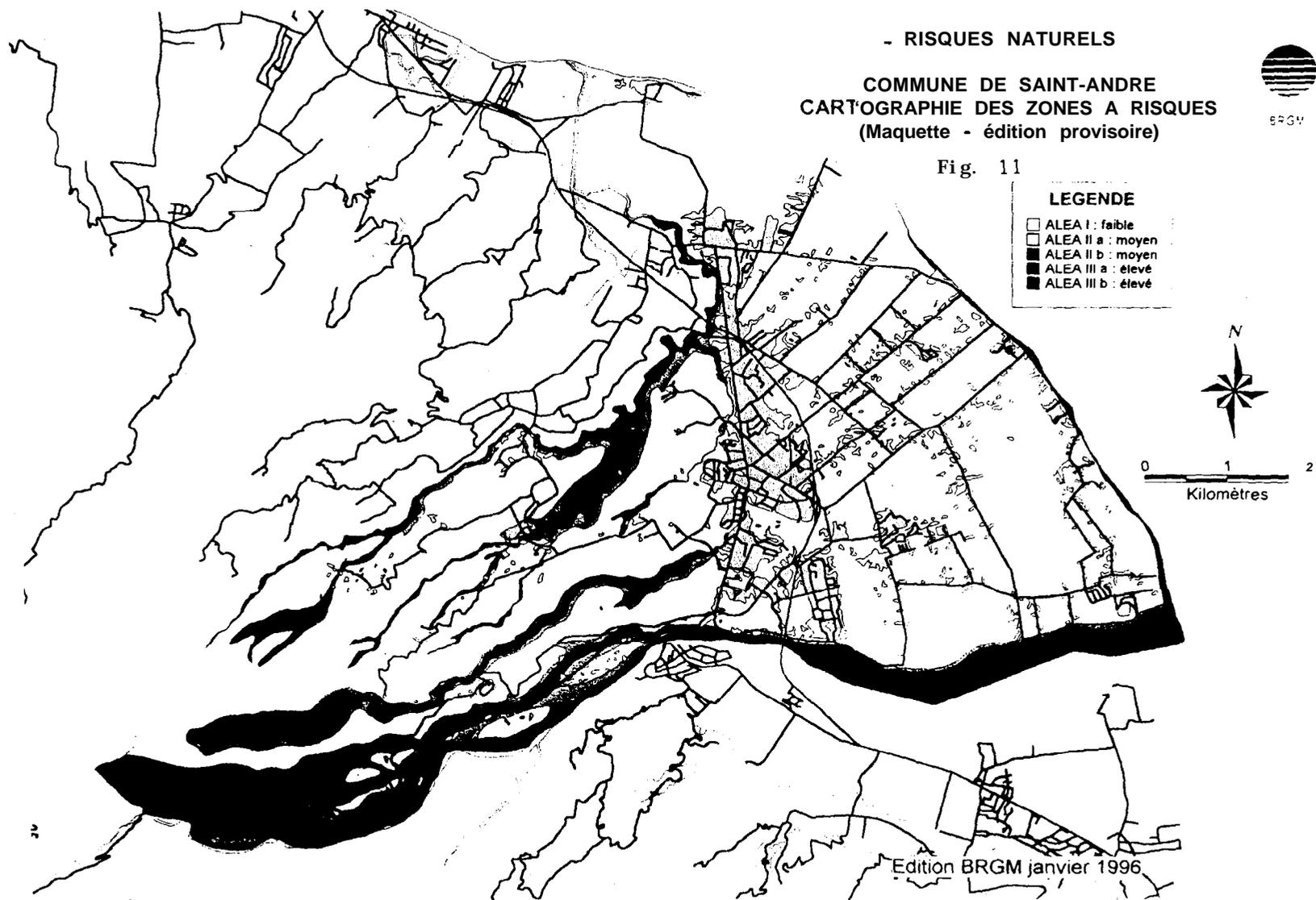


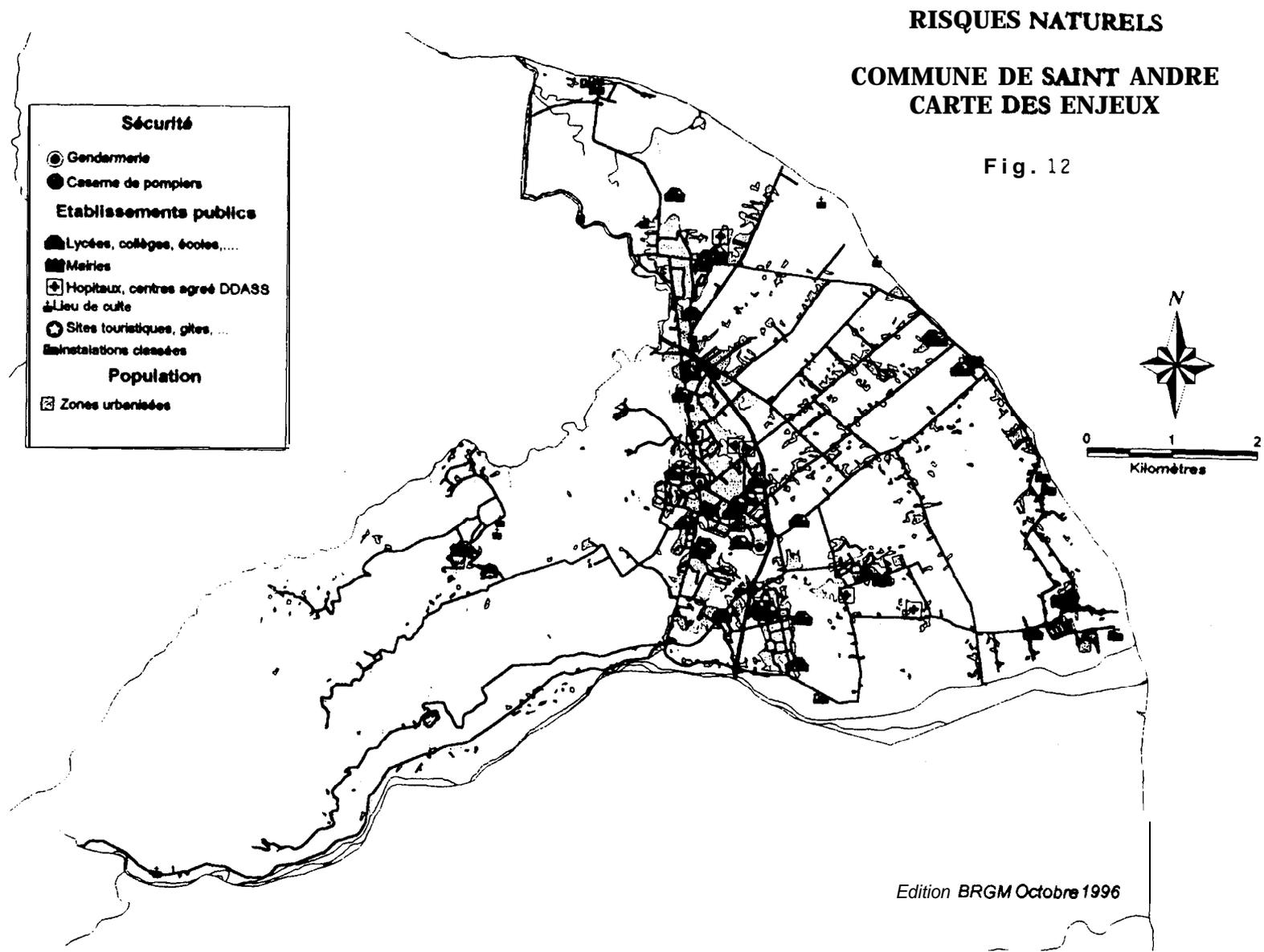
SEISMES SIGNALÉS À LA RÉUNION

DATE	LIEUX OÙ LES EFFETS ONT ÉTÉ RESENTIS ET SIGNALÉS	EFFETS SIGNALÉS	INTENSITÉ ESTIMÉE
1702	La Possession, Saint-Paul	"...les habitants... effrayés par ce phénomène... se réfugient dans l'église"	?
1709	Saint-Paul	"...tremblement de terre considérable"	?
1751	Toute l'île	"Trois secousses... qui firent craquer des charpentes" "Église de Saint-André... fort endommagée"	VII
1820	Saint-Paul	réveil des personnes endormies	V
1840	"	(allusion au catalogue de Neveu, Saint-Gall, Suisse)	?
1859	"	"...une secousse... à ébranler toute la maison en bois."	IV
1863	Toute l'île, Ile Maurice, Madagascar	"les bouteilles... sur les étagères ont perdu l'équilibre et se sont brisées" "maisons ébranlées."	I ou VI
1885	Saint-Denis	"trépidation du sol assez forte pour renverser les meubles"	IV
1889	"	bruit comparable à une explosion, sans dégâts	?
1925	"	"secousses... très sensibles" ressenties à Port-Louis, Maurice	?
1980	Saint-André, Sainte-Marie, Saint-Denis	plusieurs secousses	IV
1990	Le Port, La Possession, Saint-Paul, Saint-Denis	bruit comparable à une explosion, sans dégâts ; réveil des dormeurs	V

D'après J. Vogt (1980) complété par L. Stieglitz (1993)







Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe IV

ANNEXE IV

LISTE DES PARTICIPANTS

Monsieur Houmadi **ABDOU**
Prof/Consultant
PRE-COI/FED
Ouani ANJOUAN
Tel : 71.02.34.

Monsieur Ahmed **ABDOU**
Ingénieur Météorologue
Ministère des transports et du tourisme
DGACM BP 72
MORONI
RFI des COMORES
Tel : 74.42.45

Madame Echata **ABDOU RAOUF**
Géographe
PRE COI/FED
BP 488
MORONI
RFI des COMORES
Tel : 73.24.68.

Monsieur Boina **ABOUBAKRI**
Chercheur/Anthropologue
Ministère de l'Education
BP 169
MORONI
RFI des COMORES
Tel : 74.41.87
Fax : 74.41.89.

Monsieur Youssef Ibrahim
ABOULHOUDA
Directeur Général de l'Environnement
MPEFPE BP 876
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269)73.13.38.
Fax : (269)73.13.57.

Monsieur Saïd **AHAMADA**
Consultant
PRE/COI/FED
Ministère de la production et de
l'environnement (DGE)
BP 860
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 73.13.38.
Fax : (269) 73.08.49.

Monsieur Djambae **ALI**
Ministère de l'Information
MORONI HADUDJA BP 250
MORONI
RFI des COMORES
Tel : 73.20.20

Madame Fatouma **ALI ABDALLAH**
Coordination nationale du PRE/COI
MPPEPE
BP 860
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 731388
Fax : (269) 730 849

Monsieur Mze Ali **ALIMOHAMED**
Reporter-Photographe
Journal AL WATWAN
BP 984 MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 74.40.47
Fax : (269) 74 40 47

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe IV - page 2

Monsieur Bacar **ALIAMANE**
Chargé de contrôle au service de la gestion
de la DGE
Ministère de la production, de l'élevage et de
la pêche
ADJOIEZIHAMBOU BP 94
COMORES
RFI des COMORES

Madame Masseur **ALLAOUI**
Directrice Générale de l'enseignement
supérieur et de la recherche
Ministère de l'éducation nationale et de la
recherche scientifique
BP 73
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 73.26.68.
Fax : (269) 73.26.68

Monsieur Abou Houmadi
ANLLAOUDDINE
Chercheur Associé
CNDRS
BP 1242
MORONI
COMORES
Tel : 73.30.85.

Monsieur Abdallah **ATTOUMANE**
Enseignant
Lycée de Ouani
Ministère de l'Education
OUANI
RFI des COMORES
Tel : (269).71.05.78.

Monsieur Mohamed **BACAR DOSSAR**
(President)
Coordinateur National du Projet Pilote
Services Agricoles
Ministère de la Production
BP 1183

MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 731357
Fax : (269) 731357

Madame Ali **BICARIMA**
Sociologue
PRE/COI/FED
BP 860
MORONI
RFI des COMORES

Monsieur Mbae Boina **BOINA HASSANI**
Professeur au lycée de Moroni
Ministère de l'Education Nationale
(CNDRS)
BP 806
MORONI
RFI des COMORES
Tel : 73.30.00

Monsieur Hervé **DEMARCO**
Océanographe/Téledétection
ORSTOM
BP 5045
34032 MONTPELLIER Cedex 01
FRANCE
Tel : (33).04.67.41.94.10.
Fax : (33).04.67.41.94.30.
E.Mail : demarcq@orstom.rio.net

Monsieur Marc **DESPINOY**
Doctorant à l'ORSTOM
ORSTOM/SEAS
BP 172
97417 SAINT DENIS
LA REUNION
Tel : (262) 295 629
Fax : (262) 284 879
E.Mail : despinoy@univ.reunion.fr

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe IV - page 3

Monsieur Balraj . H **DUNPUTH**
Météorologue
Services météorologiques du Gouvernement
de l'Ile Maurice
St Paul Road, Vacoas,
ILE MAURICE
Tel : (230).686.10.31.
Fax : (230).686.10.33.

Fax : 73.04.47./73.50.63.

Monsieur Mohamed **HAMIDOU ALI**
Ecologue
PRE COI/FED
BP 118 MORONI
RFI des COMORES
Tel : (dom) 73.02.72./ (bur) (269) 73.13.38.
Fax : (269) 73.08. 49.

Monsieur Ben Mohadji **FAISSOILI**
Chef de service Régional Environnement
MOHELI
PEPFE
BP 25 FOMBONI
RFI des COMORES
Tel : 72.04.80. ou 72.02.66
Fax : 72.02.66

Monsieur Kassim **IBRAHIM**
Adjoint au Chef de la Météo
et au Chef Prévisionniste
Aéroport International de MORONI
Prince Saïd IBRAHIM
BP 1003 MORONI
COMORES
Tel : 73.21.35./73.15.93.
Fax : 73.14.68.

Monsieur Michel **GLASS**
IFREMER/siège
155, rue Jean-Jacques Rousseau
92138 ISSY LES MOULINEAUX
FRANCE
Tel : 01.46.48.22.22.
Fax : 01.46.48.22.24.
E.Mail : michel.glass@ifremer.fr

Monsieur Alain **JEUDY DE GRISSAC**
Consultant
C/O GEOMER
16 A, rue des Abeilles
13001 MARSEILLE
FRANCE
Tel : 33.04.91.50.30.28.
Fax : 33.04.91.50.30.34.

Monsieur Mohamed **HALIFA**
Chef de service formation
Information/Vulgarisation INRAPE
Ministère de le production
BP 289
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 73.13.57.

Monsieur Flavien **JOUBERT**
Project Officer
Division de l'environnement
Ministère des Affaires étrangères, du plan
de l'environnement
Mont Fleuri,
Mahé
SEYCHELLES
Tel : (248) 22.46.44.
Fax : (248) 22.45.00.

Monsieur Chanfi **HALIFA**
Chef de service météo
Ministère des transports et du tourisme
BP 78
MORONI
COMORES
Tel : 73.50.63.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe IV - page 4

Monsieur Afraitane **KAMALIDDINE**
Enseignant chercheur
Chef du Département Biologie IFERE et
CNDRS
MEN (IFERE/CNDRS)
BP 1186 (Domicile) BP 269 (CNDRS)
MORONI
RFI des COMORES
Tel : domicile : 73 50 01/bureau :
(269)74.41.87.
Fax : (269)74.41..83.

Monsieur Msaidie **KASSIM**
Direction Générale du
développement rural et de l'agriculture
Ministère de la Production
BP 293
MORONI
RFI des COMORES
Tel : 73.24.15.
Fax : 73.13.57.

Madame Catherine **LARGET**
Secrétaire du Comité National Français pour
la COI
IFREMER/siège
155, rue Jean-Jacques Rousseau
92138 ISSY LES MOULINEAUX
FRANCE
Tel : 01.46.48.22.11.
Fax : 01.46.48.22.24.
E.Mail : catherine.larget@ifremer.fr

Monsieur Jean-Luc **LE BLANC**
Physicien Océanographe
ORSTOM/OMM
c/o TRAN Thao
67, rue Lausanne
1202 GENEVE
SUISSE
Tel : 00.41.22.738.32.88.
Fax : 00.41.22.738.30.75.
E.Mail : tranthao@iprolink.ch

M. Amad **MDAMOMA**
Journaliste
Rédacteur en Chef
AL WATWAN
BP 984
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 74.40.47.
Fax : (269) 74.40.47.

Monsieur Abiamri **MIDILADJI**
Chef du service Régional de
?Environnement
Ministère de la production et de
l'environnement
PB 41
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 73.13.88.

Monsieur Boina **MLANAOINDROU**
Chercheur Associé
CNDRS
BP 570
MORONI
RFI des COMORES
Tel : 73.09.16.

Monsieur Said Allaoui **MOHAMED**
Chef du Service Programme et suivi
dossiers
Direction du tourisme
Ministère des transports tourisme et PTT
BP 97
MORONI-Grandde Comore
RFI des COMORES
Tel : (269)74.42.42.
Fax : (269)74.42.41.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe IV - page 5

Monsieur Hassani Mlatamou **MOHAMED**

Journaliste
Rédacteur en Chef ORTC
Service de radio télé des Comores
BP 250
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 73.25.31./74.40.45.

Monsieur Yahaiya **MOHAMED**

Ministère de l'Environnement
BP 1024
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 73.21.98.
Fax : (269) 73.22.22.

Monsieur Saïd Youssouf **MOHAMED**

Consultant/Agronome
CNDRS
BP 32
MLOERRI
RFI des COMORES
Tel : (269) 77.00.39.

Monsieur Javed Iqbal **MOSAHEB**

Conseiller
Marine Sciences Division
Ministry of Fisheries and Marine Resources
Albion, Fisheries Research Centre
Albion Petite Rivière
ILE MAURICE
Tel : 2384100
Fax : 2384131

Monsieur Ahmed **OULEDI**

Chef du programme paludisme
Ministère de la Santé
BP 228
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 73 2410

Monsieur' Rondolph **PAYET**

Directeur de l'aménagement des pêches
Ministère de l'Agriculture et des
Ressources Marines
Ministère de Seychelles Fishing Authority
Fishing Port PO BOX 449
Victoria Mahé
SEYCHELLES
Tel : (248) 224597
Fax : (248) 224508
E.Mail : carpin@seychel.orstom.fr

Madame Hadidja Mohamed **SAGAF**

Chef du Service aménagement des sites
Ministère des transports, du tourisme, des
postes et télécommunication
BP 97
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 74.42.42.
Fax : (269) 74 42. 41

Monsieur Saïd **SOLIH**

Directeur Général de la pêche
MPEFPE
BP 41
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269) 74.46.30.
Fax : (269) 74.46.32.

Monsieur Serge **SOLAGES** (Rapporteur)

Directeur BRGM/Réunion
BRGM La Réunion
46, bis rue de Nice BP 906
97478 St DENIS Cedex
FRANCE
Tel : (0262).21.22.14.
Fax : (262).21.86.96.

Rapport de réunion de travail de la COI No. 130
Annexe IV - page 6

Monsieur Hamini **SOULE**
Prof/consultant
PRE/COI FED
BP 845
MORONI
COMORES

Monsieur Hafid **TABET AOUL**
Enseignant/Consultant
Université du Havre
Laboratoire de Mécanique des Fluides
Quai Frissard BP 265
76055 LE HAVRE
FRANCE
Tel : 33.235.53.69.50
Fax : 33.235.53.97.03.
E.Mail : tabet@neptune.cher.univ.lehavre.fr.

Madame Virginie **TILOT**
Expert Consultant IOC/Océanographe
Biologiste
PLAN BLEU
SOPHIA ANTIPOLIS
06560 VALBONNE
FRANCE
Tel : 33.04.93.65.39.59.
Fax : 33.04.93.65.35.28.

Monsieur Jean-Paul **TOUSSAINT**
Chercheur au DOPC
Centre national de recherches
océanographiques (CNRO)
BP 68
207 NOSY BE
MADAGASCAR
Tel : (2612).266.14 Ministère Recherche/
613.73 NOSY BE
Fax : (2612).240.75

Madame Isabelle **VALADE**
Conseiller technique
PRE-COI/FED
BP 559

MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269)73.51.01./73.13.88.
Fax : (269)73.51.01.

Monsieur Ibrahim **YAHAYA**
Enseignant/
Assistant de recherche
CNDRS/Ministère de l'éducation nationale
BP 269
MORONI
RFI des COMORES
Tel : (269)74.41.87.
Fax : (269)74.41.83.

**SECRÉTARIAT DE LA
COMMISSION OcéANOGRAPHIQUE
INTERGOUVERNEMENTALE**

Madame Cécile **GRIGNON-LOGEROT**
COI
UNESCO
1, rue Miollis
75732 PARIS Cedex 15
FRANCE
Tel : 01.45.68.39.62.
Fax : 01.45.68.58.12.
E.mail: c.grignon-logerot@unesco.org

Monsieur Julian **BARBIERE**
Consultant
COI
UNESCO
1, rue Miollis
75732 PARIS Cedex
FRANCE
Tel : (33) 1 45684045
Fax : (33) 1 45685812
E.Mail : j.barbiere@unesco.org

COI - Rapport de réunion de travail

Les réunions de travail scientifiques de la Commission océanographique intergouvernementale sont quelquefois convoquées conjointement avec d'autres organismes intergouvernementaux ou non gouvernementaux. Dans la plupart des cas, la COI se charge de l'impression. Pour se procurer des exemplaires de ces rapports s'adresser à :

Commission océanographique intergouvernementale
UNESCO 1, rue Miollis, 75732 Paris Cedex 15, France

N°	Titre	Langues	N°	Titre	Langues	N°	Titre	Langues
1	CCOP-IOC, 1974, Metallogenesis, Hydrocarbons and Tectonic Patterns in Eastern Asia (Report of the IDOE Workshop on); Bangkok, Thailand, 24-29 September 1973 UNDP (CCOP), 138 pp.	A (épuisé)	18	IOC/UNESCO Workshop on Syllabus for Training Manne Technicians; Miami, U.S.A., 22-26 May 1978 (UNESCO reports in manne sciences, No. 4 published by the Division of Manne Sciences. UNESCO).	A (épuisé), F, E (épuisé), R	36	IOC/FAO Workshop on the Improved Uses of Research Vessels; Lisbon, Portugal, 28 May-2 June 1984.	A
2	CICAR Ichthyoplankton Workshop, Mexico City, 16-27 July 1974 (UNESCO Technical Paper in Marine Sciences, No. 20).	A (épuisé) E (épuisé)	19	IOC Workshop on Manne Science Syllabus for Secondary Schools; Llantwit Major, Wales, U.K., 5-9 June 1978 (UNESCO reports in marine sciences, No. 5, published by the Division of Manne Sciences, UNESCO).	A (épuisé), A, E, R, Ar	36 Suppl	Papers submitted to the IOC/FAO Workshop on the Improved Uses of Research Vessels; Lisbon, Portugal, 28 May-2 June 1984.	A
3	Report of the IOC/GFCM/ICSEM International Workshop on Marine Pollution in the Mediterranean; Monte Carlo, 9-14 September 1974.	A F A (épuisé)	20	Second CCOP-IOC Workshop or IDOE Studies of East Asia Tectonics and Resources; Bandung, Indonesia, 17-21 October 1978.	A	37	IOC/UNESCO Workshop on Regional Co-operation in Marine Science in the Central Indian Ocean and Adjacent Seas and Gulfs; Colombo, 8-13 July 1985.	A
4	Report of the Workshop on the Phenomenon known as 'El Niño'; Guayaquil, Ecuador, 4-12 December 1974.	A (épuisé) E (épuisé)	21	Second IDOE Symposium on Turbulence in the Ocean; Liège, Belgium, 7-18 May 1979.	A F, E, R	38	IOC/ROPME/UNEP Symposium on Fate and Fluxes of Oil Pollutants in the Kuwait Action Plan Region; Basrah, Iraq, 8-12 January 1984.	A
5	IDOE International Workshop on Marine Geology and Geophysics of the Caribbean Region and its Resources; Kingston, Jamaica, 17-22 February 1975.	A (épuisé) E	22	Third IOC/WMO Workshop on Manne Pollution Monitoring; New Delhi, 11-15 February 1980.	A, F, E, R	39	CCOP (SOPAC)-IOC-IFREMER-ORSTOM Workshop on the Uses of Submersibles and Remotely Operated Vehicles in the South Pacific; Suva, Fiji, 24-29 September 1985.	A
6	Report of the CCOP/SOPAC-IOC IDOE International Workshop on Geology, Mineral Resources and Geophysics of the South Pacific; Suva, Fiji, 1-6 September 1975.	A	23	WESTPAC Workshop on the Manne Geology and Geophysics of the North-West Pacific; Tokyo, 27-31 March 1980.	A R	40	IOC Workshop on the Technical Aspects of Tsunami Analysis, Prediction and Communications; Sidney, B.C., Canada, 29-31 July 1985.	A
7	Report of the Scientific Workshop to Initiate Planning for a Co-operative Investigation in the North and Central Western Indian Ocean, organized within the IDOE under the sponsorship of IOC/FAO (IOFC)/UNESCO/EAC; Nairobi, Kenya, 25 March-2 April 1976.	A F, E, R	24	WESTPAC Workshop on Coastal Transport of Pollutants; Tokyo, Japan, 27-31 March 1980.	A (épuisé)	40 Suppl.	First International Tsunami Workshop on Tsunami Analysis, Prediction and Communications, Submitted Papers; Sidney, B.C., Canada, 29 July - 1 August 1985.	A
8	Joint IOC/FAO (IPFC)/UNEP International Workshop on Manne Pollution in East Asian Waters; Penang, 7-13 April 1976.	A (épuisé)	25	Workshop on the Intercalibration of Sampling Procedures of the IOC/ WMO UNEP Pilot Project on Monitoring Background Levels of Selected Pollutants in Open-Ocean Waters; Bermuda, 11-26 January 1980.	A (remplacé par Série technique COI n° 22)	41	First Workshop of Participants in the Joint FAO/IOC/WHO/IAEA/UNEP Project on Monitoring of Pollution in the Manne Environment of the West and Central African Region (WACAF/2); Dakar, Senegal, 28 October-1 November 1985.	A
9	IOC/CMG/SCOR Second International Workshop on Marine Geoscience; Mauritius, 9-13 August 1976.	A F, E, R	26	IOC Workshop on Coastal Area Management in the Caribbean Region; Mexico City, 24 September-5 October 1979	A, E	43	IOC Workshop on the Results of MEDALPEX and Future Oceanographic Programmes in the Western Mediterranean; Venice, Italy, 23-25 October 1985.	A
10	IOC/WMO Second Workshop on Marine Pollution (Petroleum) Monitoring; Monaco, 14-18 June 1976.	A, F A (épuisé) R	27	CCOP/SOPAC-IOC Second International Workshop on Geology, Mineral Resources and Geophysics of the South Pacific; Nouméa, New Caledonia, 9-15 October 1980.	A	44	IOC-FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities; Ciudad del Carmen, Campeche, Mexico, 21-25 April 1986.	A (épuisé) E
11	Report of the IOC/FAO/UNEP International Workshop on Marine Pollution in the Caribbean and Adjacent Regions; Port of Spain, Trinidad, 13-17 December 1976.	A, E (épuisé)	28	FAO/IOC Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. Lima, 20 April-5 May 1980.	A	44 Suppl.	IOC-FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities, Submitted Papers; Ciudad del Carmen, Campeche, Mexico, 21-25 April 1986.	4
11 Suppl	Collected contributions of invited lecturers and authors to the IOC/FAO/UNEP International Workshop on Manne Pollution in the Caribbean and Adjacent Regions; Port of Spain, Trinidad, 13-17 December 1976.	A (épuisé), E	29	WESTPAC Workshop on Manne Biological Methodology; Tokyo, 9-14 February 1981.	A	45	IOC/FAO Workshop on Physical Oceanography and Climate; Cartagena, Colombia, 19-22 August 1986.	4
12	Report of the IOC/ARIBE Interdisciplinary Workshop on Scientific Programmes in Support of Fisheries Projects; Fort-de-France: Martinique, 28 November-2 December 1977.	A F, E	30	International Workshop on Manne Pollution in the South-West Atlantic; Montevideo, 10-14 November 1980.	A (épuisé) E	46	Reunión de Trabajo para Desarrollo del Programa "Ciencia Oceánica en Relación a los Recursos No Vivos en la Región del Atlántico Sud-occidental"; Porto Alegre, Brazil, 7-11 de abril de 1986.	E
13	Report of the IOC/ARIBE Workshop on Environmental Geology of the Caribbean Coastal Area; Port of Spain, Trinidad, 16-18 January 1978.	A, E	31	Third International Workshop on Marine Geoscience; Heidelberg, 19-24 July 1982.	A F, E	47	IOC Symposium on Marine Science in the Western Pacific: The Indo-Pacific Convergence; Townsville, 1-6 December 1966.	A
14	IOC/FAO/WHO/UNEP International Workshop on Marine Pollution in the Gulf of Guinea and Adjacent Areas; Abidjan. Côte d'Ivoire, 2-9 May 1978.	A F	32	UNU/IOC/UNESCO Workshop on International Co-operation in the Development of Manne Science and the Transfer of Technology in the context of the New Ocean Regime; Paris, France, 27 September-1 October 1982.	A F, E	48	IOC/ARIBE Mini-Symposium for the Regional Development of the IOC-UN (OETB) Programme on 'Ocean Science in Relation to Non-Living Resources (OSNLR)'; Havana, Cuba, 4-7 December 1986.	A, E
15	CCOP/FAO/IOC/UNEP International Workshop on Manne Pollution in the South-East Pacific; Santiago de Chile, 6-10 November 1978.	A (épuisé)	32 Suppl.	Papers submitted to the UNU/IOC/UNESCO Workshop on International Co-operation in the Development of Manne Science and the Transfer of Technology in the Context of the New Ocean Regime; Paris, France, 27 September-1 October 1982.	A	49	AGU-IOC-WMO-CPPS Chapman Conference: An International Symposium on 'El Niño'; Guayaquil, Ecuador, 27-31 October 1986.	A
16	Workshop on the Western Pacific, Tokyo, 19-20 February 1979.	A F, FI	33	Workshop on the IREP Component of the IOC Programme on Ocean Science in Relation to Living Resources (OSLR); Halifax, 26-30 September 1963.	A	50	CCALR-IOC Scientific Seminar on Antarctic Ocean Variability and its Influence on Marine Living Resources, particularly Krill (organized in collaboration with SCAR and SCOR); Paris, France, 2-6 June 1987.	A
17	Joint IOC/WMO Workshop on Oceanographic Products and the IGOS Data Processing and Services System (IDPSS); Moscow, 9-11 April 1979.	A	34	IOC Workshop on Regional Co-operation in Manne Science in the Central Eastern Atlantic (Western Africa); Tenerife, 12-17 December 1963.	A F, E	51	CCOP/SOPAC-IOC Workshop on Coastal Processes in the South Pacific Island Nations; Lae, Papua-New Guinea, 1-8 October 1987.	A
17 Suppl.	Papers submitted to the Joint IOC/WMO Seminar on Oceanographic Products and the IGOS Data Processing and Services System; Moscow, 2-6 April 1979.	A	35	CCOP/SOPAC-IOC-UNU Workshop on Basic Geo-scientific Marine Research Required for Assessment of Minerals and Hydrocarbons in the South Pacific; Suva, Fiji, 3-7 October 1983.	A			

N°	Titre	langues	N°	Titre	Langues	N°	Titre	Langues
52	SCOR-IOC-UNESCO Symposium on Vertical Motion in the Equatorial Upper Ocean and its Effects upon Living Resources and the Atmosphere; Paris, France, 6-10 May 1985.	A	74	IOC-UNEP Review Meeting on Oceanographic Processes of Transport and Distribution of Pollutants in the Sea; Zagreb, Yugoslavia, 15-18 May 1989.	A	96	IOC-UNEP-WMO-SAREC Planning Workshop on an Integrated Approach to Coastal Erosion, Sea Level Changes and their Impacts; Zanzibar, United Republic of Tanzania, 17-21 January 1994.	A
53	IOC Workshop on the Biological Effects of Pollutants; Oslo, 11-29 August 1986.	A	75	IOC-SCOR Workshop on Global Ocean Ecosystem Dynamics; Solomons, Maryland, U.S.A., 29 April-2 May 1991.	A	96	IOC-UNEP-WMO-SAREC Planning Workshop on an Integrated Approach to Coastal Erosion, Sea Level Changes and their Impacts; Submitted Papers	A
54	Workshop on Sea-Level Measurements in Hostile Conditions; Bidston, UK, 28-31 March 1988	A	76	IOC/WESTPAC Scientific Symposium on Marine Science and Management of Marine Areas of the Western Pacific; Penang, Malaysia, 2-6 December 1991.	A	Suppl. 1	1. Coastal Erosion; Zanzibar, United Republic of Tanzania 17-21 January 1994.	A
55	IBCCA Workshop on Data Sources and Compilation, Boulder, Colorado, 18-19 July 1988.	A	77	IOC-SAREC-KMFRI Regional Workshop on Causes and Consequences of Sea-Level Changes on the Western Indian Ocean Coasts and Islands; Mombasa, Kenya, 24-28 June 1991.	A	96	Suppl. 2 Planning Workshop on an Integrated Approach to Coastal Erosion, Sea Level Changes and their Impacts; Submitted Papers	A
56	IOC-FAO Workshop on Recruitment of Penaeid Prawns in the Indo-West Pacific Region (PREP); Cleveland, Australia, 24-30 July 1988.	A	78	IOC-CEC-ICES-WMO-ICSU Ocean Climate Data Workshop Goddard Space Flight Center; Greenbelt, Maryland, U.S.A., 18-21 February 1992.	A	Suppl. 2	2. Sea Level; Zanzibar. United Republic of Tanzania 17-21 January 1994.	A
57	IOC Workshop on International Co-operation in the Study of Red Tides and Ocean Blooms; Takamatsu, Japan, 16-17 November 1987.	A	79	IOC/WESTPAC Workshop on River Inputs of Nutrients to the Manne Environment in the WESTPAC Region; Penang, Malaysia, 26-29 November 1991.	A	97	IOC Workshop on Small Island Oceanography in Relation to Sustainable Economic Development and Coastal Area Management of Small Island Development States; Fort-de-France, Martinique, 8-10 November, 1993.	A
58	International Workshop on the Technical Aspects of the Tsunami Warning System; Novosibirsk, USSR, 4-5 August 1989.	A	80	IOC-SCOR Workshop on Programme Development for Harmful Algae Blooms; Newport, U.S.A., 2-3 November 1991.	A	98	CoMSBlack '92A Physical and Chemical Inter calibration Workshop; Erdemli, Turkey, 15-29 January 1993.	A
Suppl	Second International Workshop on the Technical Aspects of Tsunami Warning Systems, Tsunami Analysis, Preparedness, Observation and Instrumentation. Submitted Papers; Novosibirsk, USSR, 4-5 August 1989.	A	81	Joint IAPSO-IOC Workshop on Sea Level Measurements and Quality Control; Paris, France, 12-13 October 1992.	A	99	IOC-SAREC Field Study Exercise on Nutrients in Tropical Marine Waters; Mombasa, Kenya, 5-15 April 1994.	A
59	IOC-UNEP Regional Workshop to Review Priorities for Marine Pollution Monitoring Research, Control and Abatement in the Wider Caribbean; San José, Costa Rica, 24-30 August 1989.	A, F, E	82	BORDOMER 92: International Convention on Rational Use of Coastal Zones. A Preparatory Meeting for the Organization of an International Conference on Coastal Change; Bordeaux, France, 30 September-2 October 1992.	A	100	IOC-SOA-NOAA Regional Workshop for Member States of the Western Pacific GODAR-II (Global Oceanographic Data Archeology and Rescue Project); Tianjin, China, 8-11 March 1994.	A
60	IOC Workshop to Define IOCARIBE-TRODERP proposals; Caracas, Venezuela, 12-16 September 1989.	A	83	IOC Workshop on Donor Collaboration in the Development of Marine Scientific Research Capabilities in the Western Indian Ocean Region; Brussels, Belgium, 12-13 October 1992.	A	101	IOC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal Blooms; Montevideo, Uruguay, 15-17 June 1994.	A
61	Second IOC Workshop on the Biological Effects of Pollutants; Bermuda, 10 September-2 October 1988.	A	84	Workshop on Atlantic Ocean Climate Variability; Moscow, Russian Federation, 13-17 July 1992.	A	102	First IOC Workshop on Coastal Ocean Advanced Science and Technology Study (COASTS); Liège, Belgium, 5-9 May 1994.	A
62	Second Workshop of Participants in the Joint FAO-IOC-WHO-IAEA-UNEP Project on Monitoring of Pollution in the Marine Environment of the West and Central African Region; Accra, Ghana, 13-17 June 1988.	A	85	IOC Workshop on Coastal Oceanography in Relation to Integrated Coastal Zone Management; Kona, Hawaii, 1-5 June 1992.	A	103	IOC Workshop on GIS Applications in the Coastal Zone Management of Small Island Developing States; Barbados, 20-22 April 1994.	A
63	IOC/WESTPAC Workshop on Co-operative Study of the Continental Shelf Circulation in the Western Pacific; Bangkok, Thailand, 31 October-3 November 1989.	A	86	International Workshop on the Black Sea; Varna, Bulgaria, 30 September - 4 October 1991	A	104	Workshop on Integrated Coastal Management; Dartmouth, Canada, 1-9-20 September 1994.	A
64	Second IOC-FAO Workshop on Recruitment of Penaeid Prawns in the Indo-West Pacific Region (PREP); Phuket, Thailand, 25-31 September 1989.	A	87	Taller de trabajo sobre efectos biológicos del fenómeno «El Niño» en ecosistemas costeros del Pacifico Sudeste; Santa Cruz, Galápagos, Ecuador, 5-14 de octubre de 1989.	E seulement (résumé en A, F, E)	105	BORDOMER 95: Conference on Coastal Change; Bordeaux, France, 6-10 February 1995.	A
65	Second IOC Workshop on Sardine/Anchovy Recruitment Project (SARP) in the Southwest Atlantic; Montevideo, Uruguay, 21-23 August 1989.	A	88	IOC-CEC-ICSU-ICES Regional Workshop for Member States of Eastern and Northern Europe (GODAR Project); Obninsk, Russia, 17-20 May 1993.	A	106	IOC/WESTPAC Workshop on the Paleographic Map; Bali, Indonesia, 20-21 October 1994.	A
66	IOC ad hoc Expert Consultation on Sardine/Anchovy Recruitment Programme; La Jolla, California, U.S.A. 1989.	A	89	IOC-ICESM Workshop on Ocean Sciences in Non-Living Resources; Perpignan, France, 15-20 October 1990.	A	107	IOC-ICSU-NIO-NOAA Regional Workshop for Member States of the Indian Ocean - GODAR-III; Doha, Qatar, Goa, India, 6-9 December 1994.	A
67	Interdisciplinary Seminar on Research Problems in the IOCARIBE Region; Caracas, Venezuela, 28 November-1 December 1989.	A (épuisé)	90	IOC Seminar on Integrated Coastal Management; New Orleans, U.S.A., 17-18 July 1993.	A	108	UNESCO-IHP-IOC-IAEA Workshop on Sea-Level Rise and the Multidisciplinary Studies of Environmental Processes in the Caspian Sea Region; Paris, France, 9-12 May 1995.	A
68	International Workshop on Marine Acoustics; Beijing, China, 26-30 March 1990.	A	91	Hydroblack '91 CTD Intercalibration Workshop; Woods Hole, U.S.A., 1-10 December 1991.	A	Suppl.	Workshop on Sea-Level Rise and the Multidisciplinary Studies of Environmental Processes in the Caspian Sea Region; Submitted Papers;	A
69	IOC-SCAR Workshop on Sea-Level Measurements in the Antarctica; Leningrad, USSR, 28-31 May 1990.	A	92	Réunion de travail IOCEA-OSNLR sur le Projet « Budgets sédimentaires le long de la côte occidentale d'Afrique » Abidjan, Côte d'Ivoire, 26-28 juin 1991.	F	109	Paris, France, 9-12 May 1995. First IOC-UNEP CEPOL Symposium; San José, Costa Rica, 14-15 April 1993.	A
69	Suppl. IOC-SCAR Workshop on Sea-Level Measurements in the Antarctica; Submitted Papers; Leningrad, USSR, 28-31 May 1990.	A	93	IOC-UNEP Workshop on Impacts of Sea-Level Rise due to Global Warming; Dhaka, Bangladesh, 16-19 November 1992.	A	110	IOC-ICSU-CEC Regional Workshop for Member States of the Mediterranean - GODAR-IV (Global Oceanographic Data Archeology and Rescue Project) Foundation for International Studies, University of Malta, Valletta, Malta, 25-28 April 1995.	A
70	IOC-SAREC-UNEP-FAO-IAEA-WHO Workshop on Regional Aspects of Marine Pollution; Mauritius, 29 October - 9 November 1990.	A	94	BMT-IOC-POLARFAR International Workshop on Training Requirements in the Field of Eutrophication in Semi-Enclosed Seas and Harmful Algal Blooms; Bremerhaven, Germany, 29 September - 3 October 1992.	A	111	Chapman Conference on the Circulation of the Intra-Americas Sea; La Parguera, Puerto Rico, 22-26 January 1995.	A
71	IOC-FAO Workshop on the Identification of Penaeid Prawn Larvae and Postlarvae; Cleveland, Australia, 23-28 September 1990.	A	95	SAREC-IOC Workshop on Donor Collaboration in the Development of Marine Scientific Research Capabilities in the Western Indian Ocean Region; Brussels, Belgium, 23-25 November 1993.	A			
72	IOC/WESTPAC Scientific Steering Group Meeting on Co-Operative Study of the Continental Shelf Circulation in the Western Pacific; Kuala Lumpur, Malaysia, 9-11 October 1990.	A						
73	Expert Consultation for the IOC Programme on Coastal Ocean Advanced Science and Technology Study; Liège, Belgium, 11-13 May 1991.	A						

N°	Titre	Langues	N°	Titre	Langues	N°	Titre	Langues
112	IOC-IAEA-UNEP Group of Experts on Standards and Reference Materials (GESREM) Workshop; Miami, U.S.A. 7-8 December 1993.	A	118	IOC-UNEP-NOAA-Sea Grant Fourth Caribbean Marine Debris Workshop; La Romana, Santo Domingo, 21-24 August 1995.	A	126	IOC-UNEP-PERSGA-ACOPS-IUCN Workshop on Oceanographic Input to Integrated Coastal Zone.	A
113	IOC Regional Workshop on Marine Debris and Waste Management in the Gulf of Guinea; Lagos, Nigeria, 14-16 December 1994.	A	119	IOC Workshop on Ocean Colour Data Requirements and Utilization; Sydney B.C., Canada, 21-22 September 1995.	A	127	IOC Regional Workshop for Member States of the Caribbean and South America - GODAR V; Cartagena de Indias, Colombia, 8-11 October 1996.	A
114	International Workshop on Integrated Coastal Zone Management (ICZM) Karachi, Pakistan; 10-14 October 1994.	A	120	International Training Workshop on Integrated Coastal Management; Tampa, Florida, U.S.A., 15-17 July 1995.	A	128	Atelier IOC-Banque Mondiale-Sida/SAREC-ONE sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières; Nosy Bé, Madagascar, 14-18 octobre 1996.	A, F
115	IOC/GLOSS-IAPSO Workshop on Sea Level Variability and Southern Ocean Dynamics; Bordeaux, France, 31 January 1995.	A	121	Atelier régional sur la gestion intégrée des zones littorales (ICAM); Conakry, Guinée, 12-22 décembre 1995.	F	129	Gas and Fluids in Marine Sediments; Amsterdam, The Netherlands, 27-29 January 1997.	A
116	IOC/WESTPAC International Scientific Symposium on Sustainability of Marine Environment: Review of the WESTPAC Programme, with Particular Reference to ICAM Bai, Indonesia. 22-26 November 1996.	A	122	IOC-EU-BSH-NOAA-(WDC-A) International Workshop on Oceanographic Biological and Chemical Data Management; Hamburg, Germany, 20-23 May 1996.	A	130	Atelier régional de la COI sur l'océanographie côtière et la gestion de la zone côtière; Moroni, RFI des Comores, 16-19 décembre 1996.	F
117	Joint IOC-CIDA-Sida (SAREC) Workshop on the Benefits of Improved Relationships between International Development Agencies, the IOC and other Multilateral Intergovernmental Organizations in the Delivery of Ocean, Marine Affairs and Fisheries Programmes; Sidney B.C., Canada, 26-28 September 1995.	A	123	Second IOC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal Blooms in South America; Mar del Plata, Argentina, 30 October - 1 November 1995.	A E			
			124	GLOBEC-IOC-SAHFOS-MBA Workshop on the Analysis of Time Series with Particular Reference to the Continuous Plankton Recorder Survey; Plymouth, U.K., 4-7 May 1993.	A			
			125	Atelier sous-régional de la COI sur les ressources marines vivantes du Golfe de Guinée; Cotonou, Bénin, 1-4 juillet 1996.	F			