

UNIVERSITÉS
FRANÇAISES
D'OCÉANOGRAPHIE
ET DE PÊCHERIE
MÉTÉOROLOGIE
ET CLIMATOLOGIE

Ouvrage collectif
sous la direction de
J. Coudray & M.L. Bouguerra

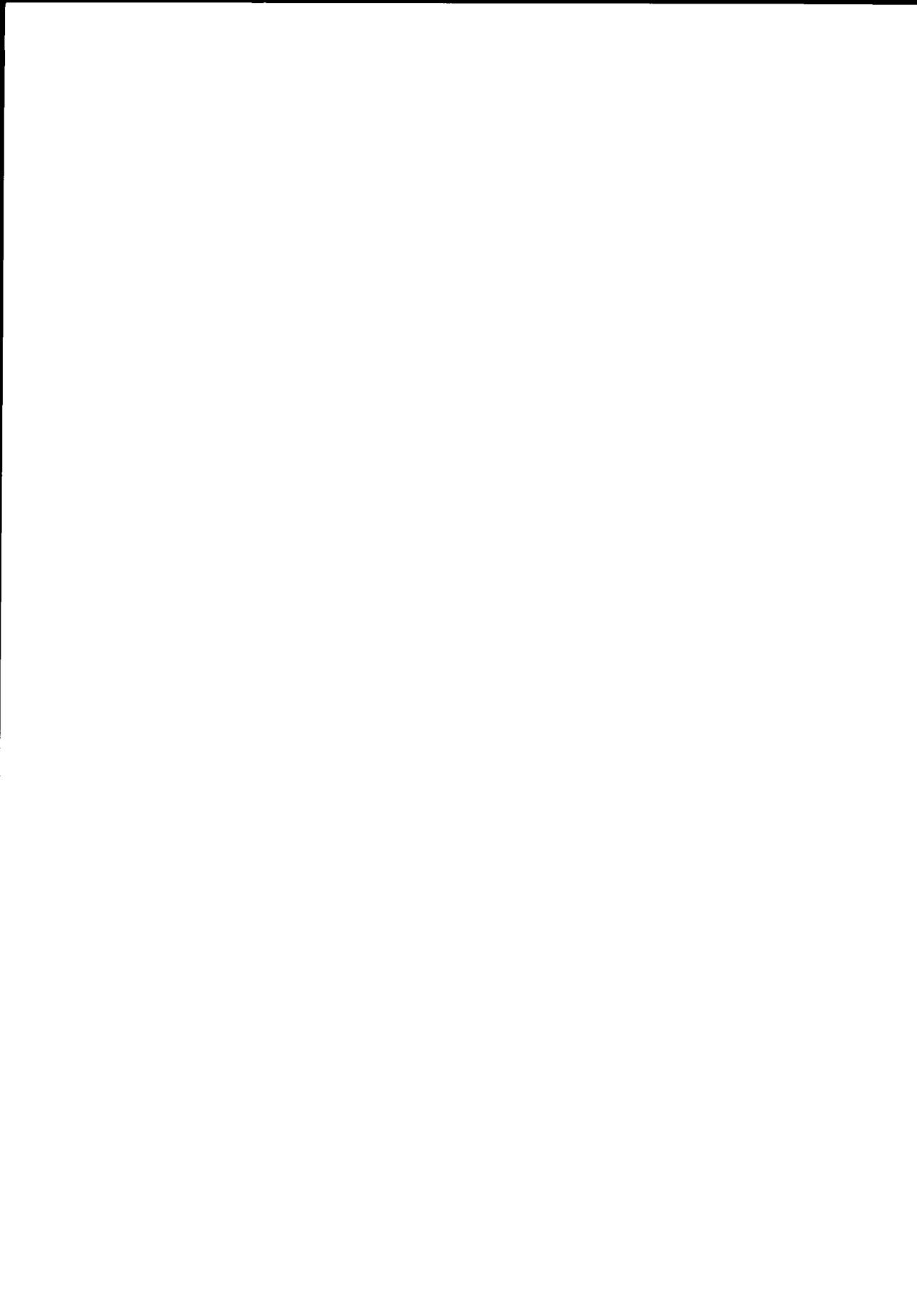
**ENVIRONNEMENT
EN
MILIEU
TROPICAL**



AS

actualité scientifique





Ouvrage collectif
sous la direction de
J. Coudray & M.L. Bouguerra

**ENVIRONNEMENT
EN MILIEU TROPICAL**

Préface de
J. Lascombes

ESTEM
Editions Scientifiques, Techniques et Médicales
5, rue Rousselet, 75007 Paris
Tél. : 33 (1) 42 19 05 11 - Fax : 33 (1) 42 19 05 24

ISBN 2-909455-26-2

©1994 Editions ESTEM

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivant du Code Pénal.

Les collections "*Universités francophones*" de l'UREF: un instrument vital pour l'évolution de l'espace scientifique francophone.

L'Université des réseaux d'expression française (UREF), créée au sein de l'Association des Universités partiellement ou entièrement de langue française (AUPELF), est l'opérateur des Sommets francophones pour l'enseignement supérieur et la recherche.

Dans cette perspective, la collection *Universités francophones* que nous avons lancée en 1988 s'affirme aujourd'hui comme l'un des vecteurs essentiels d'une francophonie active et rayonnante.

Plus de 70 titres ont d'ores et déjà été publiés. Ce sont des ouvrages didactiques (manuels), des monographies faisant le point sur la recherche (série *Sciences en marche*) ou des actes de colloques organisés par les réseaux de l'UREF (série *Actualité scientifique*). Tous s'efforcent de répondre à des besoins identifiés dans des domaines prioritaires: santé, droit, sciences, économie, environnement, aménagement linguistique et sciences humaines. Tous abordent également des thématiques intéressant l'ensemble de la communauté scientifique universitaire. Dans ce but, nous nous efforçons de réunir des équipes de rédacteurs à caractère multilatéral.

Enfin ce dispositif éditorial serait incomplet sans une politique de prix réaliste, tenant compte des différentes facettes économiques de la communauté francophone. Ainsi, les ouvrages font-ils l'objet d'une tarification préférentielle dans les pays du Sud.

Aux livres de la collection s'ajoutent trois revues de synthèse (*Sécheresse, Santé, Agriculture*) ainsi que des référentiels utilisant les supports les plus modernes de l'édition (cassette vidéo, vidéodisque, disque compact).

Avec *Universités francophones*, l'AUPELF/UREF contribue efficacement à la circulation de l'information scientifique et technique. Elle apporte sa pierre à l'édification d'une bibliothèque scientifique universelle, dans laquelle la langue française se propose doublement et définitivement comme langue de culture et de science.

Professeur Michel Guillou
Recteur de l'UREF
(Université des réseaux d'expression française)

PRÉFACE

Jean LASCOMBE

Ce sont nos collègues de la Faculté des Sciences d'Antananarivo à Madagascar qui, les premiers, ont émis l'idée d'une Université d'Hiver sur l'Environnement en Milieu Tropical.

La CIRUISEF, qui fédère les Universités et Institutions à dominante Scientifique et Technique d'Expression Française, ne pouvait que reprendre cette idée. En effet sa vocation, outre l'information mutuelle des établissements membres ou la coopération dans le domaine de l'enseignement et de la pédagogie, est aussi de favoriser des collaborations dans le domaine de la recherche et de promouvoir des séminaires de formation pluridisciplinaires. Un tel sujet apparaissait donc correspondre complètement à ces deux derniers objectifs. Il était en outre de nature à fédérer l'action internationale des membres de la CIRUISEF tant ceux du Nord que ceux du Sud. Enfin le récent Sommet de la Terre de Rio sur l'Environnement donnait à cette Université une acuité particulière puisqu'elle s'inscrivait directement dans le cadre de préoccupations reconnues comme prioritaires par l'ensemble des nations. C'est bien d'ailleurs dans l'esprit de l'un des acquis essentiels de Rio, la nécessité d'un lien fort entre la protection de l'environnement et le développement durable, que s'est tenue cette rencontre.

Elle n'a pu le faire que grâce à l'adhésion enthousiaste de beaucoup de partenaires. Il faut citer d'abord les Universités d'Antananarivo et de La Réunion qui en furent les organisateurs principaux largement soutenus par les autorités gouvernementales de Madagascar et par les instances régionales et départementales de La Réunion. Il faut de plus souligner que la qualité scientifique de cette Université d'Hiver doit beaucoup à la participation de l'ORSTOM qui poursuit de nombreuses actions de recherche dans la région et à celle du Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement du CNRS. Enfin un rôle déterminant a été joué par l'AUPELF-UREF, dont la CIRUISEF est membre, qui a favorisé la participation à ce colloque du « Réseau Environnement » (structure interne de recherche et d'animation de l'UREF), qui a contribué pour une part principale à son financement et dont le personnel s'est dépensé sans compter pour son bon déroulement. Que soient également remerciés les Ministères Français de la Coopération et de l'Environnement pour leur aide financière, la Commission de l'Océan Indien grâce à laquelle des représentants des Comores, des Seychelles et de Maurice ont pu se joindre à la rencontre ainsi que l'UNESCO qui nous a accordé son patronage.

Bien évidemment, quelque soit le mérite des institutions, c'est d'abord aux chercheurs et enseignants chercheurs et tout particulièrement à la trentaine d'intervenants d'Universités et Centres de Recherches du Nord et du Sud que l'Université d'Hiver a dû son succès. Mais au delà de la satisfaction de beaucoup de participants, on peut espérer que les liens établis entre eux à l'occasion de cette rencontre seront de nature à en prolonger le succès par de nouvelles coopérations, tant régionales que dans tout l'espace de la Francophonie, visant au développement des actions de recherches et de formations à tout niveau dont le besoin est incontestable. Que cet ouvrage où sont publiées les principales contributions à cette Université d'Hiver constitue un outil pour ces divers développements; qu'il fasse en outre connaître au monde de la Francophonie les besoins, les perspectives et les espérances dans le domaine de l'Environnement d'une région peut-être lointaine mais qui en est pourtant une composante combien attachante.

LIMINAIRE

Mohammed Larbi BOUGUERRA, Jean COUDRAY

Les articles présentés dans cet ouvrage constituent la synthèse des conférences données dans le cadre de l'Université d'Hiver sur l'environnement en milieu tropical qui s'est tenue à la Réunion du 6 au 10 mai et à Madagascar du 11 au 16 mai 1993.

Réponse régionale à quelques-unes des recommandations essentielles du Sommet de la Terre de Rio en juin 1992 : nécessité de lier fortement protection de l'environnement et développement économique, promotion de l'éducation, de l'information et de la formation des formateurs et du publics, cette manifestation avait pour double objectif un enseignement de haut niveau sur les problèmes d'environnement en milieu tropical et une contribution aux actions scientifiques et techniques déjà entreprises dans les différentes îles de l'Océan Indien Occidental.

Les 80 participants, en provenance de France Métropolitaine, de Belgique, du Canada, d'Afrique et des îles de l'Océan Indien Occidental, comprenaient des chercheurs, des enseignants, des étudiants, des ingénieurs, des responsables techniques et administratifs, des représentants d'associations protectrices de l'environnement.

A l'issue d'une introduction générale sur le développement récent de la recherche en matière d'environnement, les thèmes traités au cours de la partie du programme qui s'est déroulé à la Réunion ont été : l'érosion des sols, les écosystèmes coralliens, les écosystèmes forestiers dont la mangrove et la déforestation, autant de domaines particulièrement sensibles dans les îles tropicales et qui sont l'objet, à la Réunion notamment, d'études et de réalisations exemplaires. Chacun de ces thèmes, abordé de façon globale, a été exposée à partir de cas régionaux et illustrés par des sorties sur le terrain. Celles-ci, conduites par des chercheurs de l'Université de la Réunion (laboratoire de géographie physique, sciences de la terre, biologie végétale, écologie marine), du CIRAD et de l'A.P.R. (Association pour la Promotion Rurale) ont conduit les participants à s'intéresser tour à tour au volcan actif de la Fournaise, aux expérimentations menées sur l'érosion et la protection des sols, à la colonisation végétale des coulées volcaniques et la régénération de la forêt réunionnaise, à la protection des plages et récifs coralliens.

A Madagascar, à la suite d'une séance inaugurale sur le Plan National d'Action Environnemental et sur la Convention de Rio, l'accent a été mis sur les enjeux de la biodiversité, les stratégies de conservation, les aspects économiques de la déforestation et enfin, les pesticides chimiques et naturels. Il nous a été montré notamment, comment, dans la Grande Ile, était mise en œuvre une stratégie de réserve de la biosphère au service de la gestion rationnelle des ressources naturelles et de la conservation durable. L'ensemble des conférences a été ponctué par une journée de terrain consacrée à la découverte de la forêt de la Mandraka avec ses faciès de dégradation et de reboisement, de la réserve d'Andasibé avec sa riche végétation tropicale et ses lémuriens, et enfin une collection d'orchidées malgaches et d'un élevage de papillons et de reptiles, appartenant à des particuliers.

Le bilan de cette Université d'Hiver peut être considéré comme très positif, tant sur le plan de la diffusion des connaissances que sur celui des perspectives ouvertes. Elle a permis en outre l'établissement de collaborations scientifiques nouvelles entre chercheurs et enseignants francophones de l'océan Indien, de l'Afrique et de l'Hémisphère nord, en même temps que le renforcement des liens entre les différents partenaires de la région.

Qu'il nous soit permis de remercier les auteurs des textes présentés ci-après et les spécialistes des différents thèmes qui ont accepté de lire et critiquer leurs manuscrits.

LISTE DES PARTICIPANTS

ALZOUMA Inzedane	Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Niamey, Niamey, Niger.
AMANIEU Michel	Professeur, Directeur du Laboratoire d'Écologie marine, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
ANDRIAMAMPINANINA Joseph	Directeur de l'Office National pour l'Environnement, Antananarivo, Madagascar.
APPIAH Siram	Assistant Conservator of Forest, Forestry Service, Curepipe, Ile Maurice.
BACAR DOSSAR Mohamed	Care international, Moroni, Comores.
BACHELERY Patrick	Maître de Conférence, Laboratoire des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
BALLAN Philippe	Conseiller technique à l'Office National de l'Environnement, PNUD, Antananarivo, Madagascar.
BARCELO Alain	Doctorant en Hydrogéologie, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
BARBAULT Robert	Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, Directeur du Laboratoire d'Écologie de l'École Normale Supérieure, Paris, France.
BEAUDET Gilles	Doyen de la Faculté des Arts et Sciences, Université de Montréal, Montréal, Canada.
BELLEME Dominique	Étudiante, DESS Télédétection, Saint-Denis, La Réunion.
BERTHERY Daniel	Chargé de mission auprès du Préfet de La Réunion pour la Coopération Régionale dans l'Océan Indien, Saint-Denis, La Réunion.
BONNET Bernard	Maître de Conférences, Directeur du Laboratoire d'Écophysiologie, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
BORIE Jean-Michel	Office National des Forêts, Saint-Denis, La Réunion.
BORDERES Michel	Ingénieur en chef du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Directeur régional de l'Office National des Forêts, Saint-Denis, La Réunion.
BOUSNINA Ali	Président de l'Université de Tunis II, Tunis, Tunisie.
BOUGERE Jacques	Maître de Conférences, Directeur du Laboratoire de Géographie Physique, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
BOUGUERRA M.L.	Professeur à l'Université de Tunis, Laboratoire de Chimie Organique et d'Électrochimie Appliquées, Tunis, Tunisie.
BROCHET Michel	Directeur du cycle d'enseignement supérieur en agronomie tropicale du CNEARC, Montpellier, France.
CHABANET Pascale	Doctorante en Biologie Marine, ATER, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
CHABANEAU Colette	Cursan, France.
CHAPERON Pierre	Directeur de Recherches, ORSTOM, Antananarivo, Madagascar.
CLERGUE Guy	Président d'Écologie Réunion, Sainte-Clotilde, La Réunion.
CONAN Chantal	Maître de Conférences, Laboratoire d'Écologie Marine, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
COMPAIN Jean-Denis	Ingénieur Urbanisme, Caue, La Réunion.
COUDRAY Jean	Doyen de la Faculté des Sciences, Directeur du laboratoire des Sciences de la Terre, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
COURTEAUD Michel	Doctorant en Hydrogéologie, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
CUET Pascale	Maître de Conférences, Laboratoire d'Écologie Marine, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
DIOPOH Jacques	Faculté des Sciences de l'Université de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire.
DUPONT Joël	SRPEN, Lycée Leconte de Lisle, Sainte-Clotilde, La Réunion.
DURVILLE Patrick	Étudiant, DEA d'Océanographie, La Saline, La Réunion.
FAURE Gérard	Professeur à l'Université de Montpellier II, Laboratoire de Biologie Marine, Montpellier, France.

FIGIER Jacques	Professeur, Directeur du Laboratoire de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de la Réunion Saint-Denis, La Réunion.
FOUILLAUD Mireille	Docteur en Biologie, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
GIRARD Jean-Claude	Ingénieur CIRAD, Saint-Pierre, La Réunion.
ILTIS Jacques	Chargé de Recherches, ORSTOM, Antananarivo, Madagascar.
JEANNODA Vololoniaina	Service de Biochimie et de Biologie Végétale, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
KAMALIDDINE Afraitane	Enseignant de Biologie à l'École Nationale d'Enseignement Supérieur des Comores, Moroni, Comores.
KHALAF Gaby	Faculté des Sciences de l'Université Libanaise, Larcana, Chypre.
LANGLOIS Jean-Yves	Comité de la Culture et de l'Environnement, Saint-Pierre, La Réunion.
LASCOMBE Thérèse	Gradignan, France.
LASCOMBE Jean	Président de la CIRUISEF, Gradignan, France.
LE BAS Jacques	Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université du Havre, Le Havre, France.
LEONARD Willy	Professeur, EESDEGS, Antananarivo, Madagascar.
LIMIER Frantz	Conservatoire et Jardin Botanique de Mascarin, Saint-Leu, La Réunion.
MICHEL Jean-Claude	C/o Division de l'Environnement, Mahé, Les Seychelles.
MOALI Jean	Doyen de la Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo.
MUNGROO Yousoof	Scientific Officer, Ministère de l'Agriculture, Réduit, Ile Maurice.
NAIM Odile	Maître de Conférences, Laboratoire d'Écologie Marine, Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.
PETIT Michel	Représentant de l'ORSTOM, Sainte-Clotilde, La Réunion.
PHILOGENE Bernard	Vice recteur de l'Université d'Ottawa, Ottawa, Canada.
PIERRE Jean-Michel	Chercheur, ORSTOM, Antananarivo, Madagascar.
RAHAINGOARIVONY Georges	Doyen de la Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAJERARISON Charlotte	Professeur, Service de Biologie Végétale, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAKOTONDRAVONY Daniel	Maître Assistant de Biologie Végétale, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAKOTOMAHANINA-RALAISSOA	Recteur de l'Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar.
RAKOTOVAO L.	Professeur, Coordinateur régional du projet FED/COI sur l'inventaire des plantes médicinales et aromatiques, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAKOTOFIRINGA Sylvère	Professeur, Antananarivo, Madagascar.
RAMAMONJISOA Ralalaharisoa	Maître Assistant de Biologie Végétale, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAMAVOVOLONONA	Maître Assistant, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAMANGASON Guy-Suzon	Directeur National du projet MAG/88/007-PNUD, Antananarivo, Madagascar.
RATSIMIALA Isabelle	Assistante de Physiologie végétale, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RATSI FANDRIHAMANANA Lila	Assistante de Géologie, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RATSIVALAKA Simone	Maître Assistante de Géographie, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar.
RAZANABOLANA Jeanne	Maître Assistante de Parasitologie Animale, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAZAFINDRAVOLLA Jeanne-Virginie	Assistante de Botanique, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAZAFRINDRAZAKA Yolande	Maître Assistante de Géologie, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RAZAFINDRASATA Fidimanana	Maître Assistant d'Entomologie, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
ROGER Edmond	Maître Assistant d'Écologie Végétale, EES Sciences, Antananarivo, Madagascar.
RUELLAN Alain	Directeur du CNEARC, Directeur du Programme Environnement CNRS, Montpellier, France.
SALOMON Jean-Noël	Professeur à l'Université Michel Montaigne, Talence, France.
SEYCHELLES Pascal	Étudiant, DEA de Géographie, Étang-Salé, La Réunion.
SEVERIN Claude	Président de l'Université de Reims-Champagne-Ardenne, Reims, France.
SIKI Ghislain	Doyen de la Faculté des Sciences et de Technologie, Talence, France.
SINGARAVELOU	Directeur du CEGET et Professeur à l'Université Michel Montaigne, Talence, France.

STRASBERG Dominique

Doctorant en Biologie Végétale, ATER à la Faculté des Sciences, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion.

TESSIER Emmanuel

Étudiant, DEA d'Océanographie, Faculté des Sciences, La Saline, La Réunion.

TROADEC Roland

Professeur, Lycée de Saint-Paul, La Réunion.

VAN DE VYVER Gyselle

Vice Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.

ZOUGOULOU Mahamat Abakar

Chef du Département de l'IUT Technique d'élevage de l'Université du Tchad, N'Djamena, Tchad.



TABLE DES MATIÈRES

Recherches environnementales – Aspect méthodologique

- La recherche dans le domaine de l'Environnement (*A. Ruellan*) 1
- Télédétection aérospatiale et développement de l'écologie opérationnelle (*M. Petit*) 7
- Perception de l'environnement par les Malgaches et le Plan National d'Action Environnemental (*J. Andriamampianina*) 21

Érosion

- Dégradation et gestion des sols (*A. Ruellan*) 29
- L'érosion : quantification et moyens de lutte (*J. Bougère*) 39
- Les stratégies de lutte contre l'érosion et l'aménagement des bassins-versants en Haïti (*M. Brochet*) 57
- Problématique de la lutte contre l'érosion hydraulique sur l'île d'Anjouan aux Comores (*M. Bacar-Dossar*) 67
- Fleuves et rivières de Madagascar (*P. Chaperon*) 75

Écosystèmes marins et littoraux

- Principales dégradations de l'écosystème récifal (*G. Faure*) 85
- Structure des communautés benthiques et eutrophisation en milieu corallien (*O. Naim*) 99
- Sources et conséquences de l'enrichissement en sels nutritifs de l'écosystème récifal à la Réunion (*P. Cuet*) 105
- Les mangroves : répartition, éléments et fonctionnement du système (*C. Conand*) 111

Forêt

- L'importance de la fragmentation et des invasions biologiques dans la dynamique de régénération de la forêt réunionnaise (*D. Strasberg, J. Figier, C. Thébaud*) 117
- La déforestation à Madagascar : une dynamique inquiétante (*J.N. Salomon*) 127

Biodiversité

- La biodiversité (*R. Barbault*) 139
- La biodiversité animale à Madagascar (*S. Rakotofiringa*) 151
- La préservation de la biodiversité de l'île Maurice (*Y. Mungroo*) 163
- Biodiversité végétale et déforestation à Madagascar (*C. Rajeriarison*) 169

Stratégies de protection de l'environnement

- Pesticides chimiques et pesticides naturels (*M. Bouguerra et B. Philogène*) 175
- La politique de protection des milieux naturels à la Réunion (*M. Borderes*) 181
- Mise en place d'un réseau de réserve de la biosphère (*G.S. Ramangason*) 187

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DE L'ENVIRONNEMENT

Alain RUELLAN

A l'époque où tout le monde parle d'environnement, de protection et de meilleure gestion du milieu terre et de ses ressources ; à l'époque où la recherche scientifique se mobilise, dans le monde entier, au service de l'indispensable réussite de l'équilibre, entre le développement des sociétés d'une part, la qualité de l'environnement nécessaire à la santé de ces sociétés, d'autre part ; **s'interroger sur les priorités et sur les démarches de l'acquisition et de la transmission des connaissances, est évidemment essentiel.**

Notre Terre, aujourd'hui, change très vite, plus vite semble-t-il que la normale, la normalité étant celle qui précédait le développement des activités humaines. Ces changements concernent tous les cycles essentiels : celui de l'eau, ceux des principaux constituants de l'atmosphère (carbone, azote, ozone...), ceux des nombreux éléments minéraux déversés en excès dans les eaux et dans les sols. Ces changements concernent aussi, par voie de conséquence, les climats qui se réchauffent, les mers qui remontent, les écosystèmes qui s'appauvrissent et qui fonctionnent autrement. Ces changements concernent encore les ressources qui s'épuisent : les ressources non renouvelables, bien sûr, mais aussi les ressources dites renouvelables qui ont de plus en plus de difficultés à se renouveler au rythme de leur utilisation et de leur dégradation par les activités humaines :

- il en est ainsi de l'eau qui devient de moins en moins disponible, en quantité comme en qualité ;
- il en est ainsi des sols dont les stocks diminuent avec l'érosion, mais aussi dont les fonctions essentielles vis-à-vis des écosystèmes, se transforment : les fonctions biologiques, les fonctions alimentaires, les fonctions filtres ;
- il en est ainsi de la diversité biologique qui se réduit, semble-t-il, considérablement, partout dans le monde où les conséquences des activités humaines font pression forte.

Je ne donne là que quelques exemples, parmi les plus visibles, de ces évolutions actuelles de notre planète ; exemples qui inquiètent, exemples qui sont inquiétants, exemples qui doivent conduire les sociétés humaines à s'interroger sur ce qu'elles font de leur planète.

En effet, par rapport au triple constat :

- 1 - d'une évolution accélérée des constituants et des fonctionnements de notre planète ;
- 2 - de la responsabilité, supposée, probable, voire certaine dans bien des cas, des activités humaines par rapport aux évolutions accélérées ;
- 3 - des dangers, supposés, probables, voire certains dans bien des cas, que comportent ces évolutions vis-à-vis du développement des sociétés humaines ;

Les inquiétudes grandissent, souvent de manière très désordonnée, très individualiste. Le sentiment d'ignorance et d'impuissance est grand, et cela conduit alors à deux attitudes dangereuses :

- celle du protectionnisme excessif : il faudrait tout protéger, tout conserver, au détriment du développement des sociétés humaines ;
- celle, au contraire, du « *tant que rien n'est prouvé, continuons à produire, continuons à gaspiller ; faisons confiance absolue dans la technologie qui résoudra les problèmes au fur et à mesure qu'ils se présenteront.* »

Il est clair qu'aucune de ces deux attitudes n'est acceptable, n'est jouable. On ne peut pas, on n'a pas le droit, d'opposer développement et environnement. La seule attitude raisonnable, mais c'est un immense défi, c'est bien d'accepter que nous serons 12 milliards d'êtres humains avant la fin du siècle prochain ; que la misère doit disparaître ; et que cela ne se fera

pas dans le cadre d'un environnement dégradé qui porte atteinte à toutes les facettes de la santé des individus et des sociétés.

Alors que peut faire la science, que doit faire la recherche scientifique ?

Je souligne tout d'abord l'importance que j'accorde à la démarche du naturaliste, qu'on a eu tendance, ces dernières années, à mépriser, considérant que ce n'était pas de la science : c'est là une très grave erreur ; la démarche scientifique fondamentale du naturaliste compétent est certainement parmi les choses les plus difficiles à réussir.

Il faut rappeler que les problèmes qui concernent l'environnement ont, ces dernières années, complètement changé d'échelle. En fait, ce ne sont pas seulement les problèmes qui ont changé de nature et d'échelle ; il y a surtout eu, récemment, chez les responsables politiques et parmi les ingénieurs et les techniciens, une brusque prise de conscience de l'importance de ces problèmes, la prise de conscience des scientifiques étant plus ancienne.

Pendant longtemps, l'environnement, c'était, principalement, la qualité de la vie quotidienne pour chaque individu, pour chaque groupe social : certes, les problèmes existent toujours à cette échelle ; ils se sont même aggravés, en particulier pour les personnes et pour les populations les plus pauvres ; l'égalité écologique est encore loin d'être atteinte : elle n'est pas encore gagnée dans les pays riches, et l'inégalité écologique est dramatique quand on regarde ce qui se passe dans les pays du Sud.

Mais depuis une dizaine d'années, on prend progressivement conscience, tant du côté des scientifiques que du côté des politiques, des planificateurs, des aménageurs et des producteurs, que les problèmes les plus graves, ceux qui menacent les conditions de vie et de santé de tous, sont surtout des problèmes d'échelle régionale, d'échelle continentale et d'échelle planétaire : la qualité du milieu, dont les sociétés humaines ont besoin pour vivre bien, en bonne santé (dans tous les sens du terme santé), change rapidement et de manière déséquilibrée et ceci en conséquence de leurs propres activités : des cycles essentiels (carbone, eau...) sont modifiés ; des écosystèmes précieux (océans, forêts...) sont dégradés, pollués, détruits ; des ressources renouvelables (sols, espèces animales et végétales...) n'ont plus le temps de se renouveler, voire disparaissent ; des milieux nouveaux (agrosystèmes, villes...) de gestion souvent difficile, se développent. Aux déséquilibres mondiaux socio-économiques s'ajoutent donc, progressivement, des déséquilibres écologiques qui atteignent toutes les populations de la planète, mais encore plus gravement les peuples les plus démunis : déséquilibres socio-économiques et déséquilibres écologiques sont d'ailleurs étroitement dépendants et ceci est vrai pour toutes les échelles d'organisation des sociétés humaines.

La dégradation de l'environnement est donc devenue un problème mondial qui ne peut plus être traité que dans le cadre de démarches internationales : tous les pays sont devenus dépendants les uns des autres ; dorénavant, aucun pays n'a le droit de faire seul des choix technologiques qui risquent de porter atteinte à l'environnement mondial ; aucun pays n'a le droit de continuer à mettre le monde en péril, en refusant d'adopter des mesures reconnues indispensables : ceci est particulièrement vrai pour les pays développés, les pays du Nord, qui sont les principaux responsables de la situation actuelle ; mais c'est vrai aussi pour les pays sous-développés qu'il va falloir soutenir, aider pour qu'ils puissent se développer sans pour autant porter atteinte à leur propre environnement et à l'environnement mondial.

Nous avons donc à faire face à d'énormes défis. Ces défis nous concernent tous, tous les citoyens, mais surtout les responsables, quels qu'ils soient : chercheurs et planificateurs, élus et responsables politiques, ingénieurs et techniciens, producteurs agricoles et industriels, leaders d'opinion écologistes ou productivistes.

Alors, quels doivent être les objectifs de la recherche scientifique, quand on parle d'environnement et de développement ?

Il faut tout d'abord préciser que l'environnement qui doit nous préoccuper est celui des populations humaines, environnement au sein duquel sont immergés et dont vivent les individus et les sociétés, environnement avec ses composantes physico-chimiques, biologiques et écologiques, mais aussi sociales, environnement fortement structuré par la dynamique propre de ses composantes et par l'action, volontaire ou involontaire, directe ou indirecte, de l'homme.

La question peut se résumer ainsi : pour vivre bien, en bonne santé physique et intellectuelle, individus, groupes sociaux et sociétés ont des besoins quantitatifs et qualitatifs, des nécessités biologiques et des aspirations culturelles. Or, ces différentes composantes du « bien-être » individuel et social soit sont menacées, soit nécessitent une autre façon de les appréhender. Les problèmes se posent aux divers niveaux d'organisations biologiques et sociales et aux différentes échelles d'espace et de temps. Aujourd'hui, ces problèmes sont en grande partie la conséquence des activités humaines. Ce sont les menaces qui nous préoccupent le plus immédiatement et que nous devons d'urgence chercher à détecter et à écarter, la question fondamentale étant d'arriver à concilier le mieux être qualitatif et le mieux vivre économique.

Par rapport à ce problème, les objectifs de la recherche scientifique sont de trois ordres :

- 1 – Connaître et expliquer les structures, les fonctionnements, les évolutions, récentes et actuelles, des différents constituants et systèmes du milieu planétaire : les cycles, les climats, les écosystèmes, les ressources renouvelables, les sociosystèmes. Bien comprendre, en particulier, les multiples rôles des sociétés humaines dans les évolutions actuelles, les problèmes essentiels et urgents étant, bien entendu, ceux concernant les pollutions, les appauvrissements biologiques, les désertifications, les relations entre l'état de l'environnement et la santé des individus et des sociétés.
- 2 – Mieux connaître les besoins de l'espèce humaine par rapport au milieu où elle vit, dont elle vit ; mieux connaître les besoins des hommes en fonction de leurs milieux et de leurs cultures ; mieux comprendre comment la santé et le comportement, des individus et des sociétés, se transforment en fonction des évolutions locales, régionales, mondiales des environnements.
- 3 – Dans la mesure où certaines évolutions de l'environnement, où certaines influences anthropiques, se révèlent périlleuses pour les sociétés humaines et pour la diversité vivante de la Terre, mettre au point, avec les acteurs de la société, des stratégies alternatives de développement, qui peuvent être d'ordre technique et d'ordre socio-économico-politique.

Au total, la recherche environnement est donc celle qui se préoccupe de comprendre les relations entre l'homme et son milieu, entre l'homme et ce qui l'entoure : comprendre le présent et le passé pour pouvoir agir intelligemment sur le futur.

Ceci dit, la recherche environnement réussit quand elle répond aux trois exigences suivantes :

- celle de la qualité, de la rigueur d'une recherche de base ancrée dans les disciplines scientifiques ;
- celle de l'interdisciplinarité, imposée par la complexité des problèmes posés par l'environnement, une interdisciplinarité réalisée par des équipes qui sont chacune excellente dans leur domaine de spécialité, mais qui savent que la confrontation, la collaboration avec les autres disciplines, sont indispensables pour découvrir et résoudre les problèmes ; en France, cette interdisciplinarité de qualité nécessite, presque toujours, l'inter-institutionnalité ;
- celle de relations opérationnelles entre la recherche et les acteurs de la société ; la recherche se doit d'être à l'écoute des demandes, mais elle doit aussi faire comprendre que la société se doit d'être à l'écoute des résultats et des doutes des chercheurs ; ces relations opérationnelles concernant à la fois l'identification des problèmes, les décisions d'action pour résoudre les problèmes, mais aussi les stratégies de formation à l'environnement.

Ceci étant, il faut aussi dire que l'environnement est une grande chance pour la science, pour la réflexion scientifique. Une chance à saisir vite et bien, à cause de l'urgence et de la gravité des problèmes, mais aussi à cause des coups de fouets que les recherches environnement peuvent donner aux démarches scientifiques. D'ailleurs, les chercheurs et les équipes scientifiques ne s'y trompent pas : tout le monde veut « faire de l'environnement », comme on dit ; pas toujours pour des raisons très avouables : certains pensent que l'environnement est une bonne vache à lait ; mais beaucoup ont compris que l'enjeu est autre, que l'enjeu scientifique est considérable, que l'occasion donnée par les problèmes à résoudre en matière d'environnement est exceptionnelle pour aller enfin vers de nouvelles démarches que l'on peut qualifier de « démarches systémiques interdisciplinaires ».

Il y a 10 ans, un autre problème, tout aussi grave que celui de l'environnement aujourd'hui, m'avait conduit à réfléchir sur l'interdisciplinarité opérationnelle : ce problème était celui du développement des pays du Tiers Monde. C'est de cette réflexion qu'est née, à l'époque, la réforme scientifique de l'ORSTOM que j'ai eu la responsabilité de construire, avec création, volontariste, de départements et d'unités de recherches interdisciplinaires. De cette expérience, de la façon dont elle a été réalisée et réussie, trois leçons essentielles me semblent devoir être retenues :

- l'interdisciplinarité n'a de sens, n'est productive de démarches et de résultats nouveaux, que si elle se fait entre chercheurs et entre équipes qui sont les bons de leurs disciplines scientifiques ; l'interdisciplinarité ne peut être celle de chercheurs isolés, en rupture de leurs disciplines ; l'interdisciplinarité la plus productive, la plus riche, est celle qui associe des équipes ;
- l'interdisciplinarité ne se réussit pas du jour au lendemain ; la réflexion théorique et méthodologique doit accompagner, au jour le jour, la décision d'essayer d'approfondir ensemble un problème scientifique : il ne suffit pas de décider de travailler ensemble, côte à côte, sur un même objet et d'échanger les résultats ; il faut que chaque discipline scientifique fasse l'effort de comprendre l'autre ; il faut que chaque équipe accepte de voir ses résultats discutés par les autres ; il faut prendre le temps de mettre en commun sans perdre son identité : ce n'est pas facile, d'autant moins que les démarches d'évaluations scientifiques des chercheurs, en place dans les EPST, ne les poussent pas dans ce sens ; ce n'est pas facile, d'autant moins que la culture scientifique des chercheurs est étroite ;
- d'où la troisième leçon : il faut construire les moyens du dialogue, les moyens de l'échange interdisciplinaire ; il faut que chacun apprenne à parler son langage scientifique d'une façon compréhensible, acceptable, par d'autres disciplines ; c'est dans ce but que nous avons mis en route la nouvelle revue « Natures, Sciences, Sociétés » qui se veut à la fois de très haut niveau scientifique et complètement interdisciplinaire.

Tout ceci me conduit alors à insister encore sur deux autres perspectives : celle de l'inter-institutionnel et celles de l'international :

- Pour ce qui est de la France, je crois profondément que notre recherche concernant l'environnement se doit de dépasser le cadre de chacune des institutions scientifiques, et vous savez qu'elles sont nombreuses ; aucune institution, même le CNRS, n'a en son sein toute la diversité scientifique nécessaire à une bonne recherche environnement interdisciplinaire ; nous nous employons actuellement à développer cette inter-institutionnalité : c'est difficile, mais je suis optimiste.
- Pour ce qui est de l'international, il est clair que la bataille de la connaissance au service de l'environnement ne peut être gagnée que dans le cadre d'une vaste coopération internationale. A condition cependant qu'il s'agisse bien d'une coopération dont aucun pays ne doit être exclu. Or on n'en est pas là, de loin pas. La coopération scientifique entre les pays riches se développe vite, très vite, mais elle ignore, trop souvent, une bonne partie des pays du Sud où la recherche, il faut le dire, est encore peu développée. Je crois que l'on doit dire ceci :
 - . il n'y a coopération scientifique internationale que dans la mesure où chaque pays a quelque chose à mettre à la disposition des autres ;

- . par ailleurs, chaque pays devrait pouvoir, par la recherche scientifique et par l'échange d'informations, disposer des capacités d'expertises qui lui permettent de négocier les décisions internationales et d'éviter de se voir imposer des politiques inadaptées ou des contraintes absurdes ;
- . il faut donc faire le nécessaire pour aider les pays du Sud, qui sont gravement concernés par les problèmes d'environnement, sans en être vraiment responsables, à développer leurs propres moyens d'observation, de recherche, d'application de la recherche, dans le domaine de l'environnement.

La Francophonie se doit, dans ce domaine, de faire œuvre pionnière.

Ceci m'amène alors, naturellement, à m'interroger sur les questions de formation.

Je suis Professeur de Science du Sol. Je dirige le CNEARC, le Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes ; je préside aux destinées de l'IEDES, l'Institut d'Etudes du Développement Economique et Social. Par les responsabilités que j'assume, en outre, comme Directeur du Programme Environnement du CNRS et par mes engagements associatifs et militants dans le cadre d'ONG de développement — la Cimade en particulier — je me trouve donc en situation clairement interdisciplinaire et multi-objectifs, ce qui facilite mes réflexions et mes actions au service du développement et de l'environnement des pays des régions chaudes.

Ce sur quoi je voudrais insister, c'est sur la nécessité qu'il y a, mais aussi sur la difficulté qu'il y a, à construire des systèmes intégrés de formation qui vont de la recherche à la production ; de la recherche la plus fondamentale à la production la plus élémentaire, c'est à dire celle des petits producteurs agricoles, celle des artisans, celle des PME. Ceci est nécessaire partout, pour tous les pays, mais c'est bien sûr particulièrement vital pour les pays en développement.

On doit s'interroger sur l'universalité ou non des connaissances. Je suis de ceux qui sont persuadés :

- que cette universalité n'existe pas vraiment ;
- que la tendance à l'anglicisation de la production et de la diffusion des connaissances est un phénomène appauvrissant ;
- que la francophonie ne jouera elle-même pleinement son rôle que si elle sait mettre en valeur les potentiels, la diversité des potentiels culturels des peuples qui ont adopté le Français comme langue première complémentaire ;
- que d'une façon générale, tout doit être fait pour diversifier les lieux culturellement différents de production scientifique ; tout doit être fait pour que la diffusion des connaissances respecte les langues et les cultures.

Je m'interroge souvent : nous nous honorons en France, à juste titre, d'avoir formé des milliers et des milliers de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens, d'Afrique et d'ailleurs ; nous nous honorons d'avoir réussi à transférer, dans bon nombre de pays, nos systèmes éducatifs, avec nos programmes d'enseignement ; mais quel bilan faisons-nous de tout cela ? Oui, nous avons formé, très bien. Oui, nous avons transféré des connaissances, très bien. Mais qu'est-ce qui est fait de tout cela, sur le terrain ? Avons-nous réussi à transférer non seulement des connaissances, mais aussi l'enthousiasme, mais aussi la conviction que ces connaissances doivent être utilisées, diffusées, au service des populations ?

Je n'en suis pas sûr et cela m'inquiète ; et en tant que Directeur du CNEARC et Président de l'IEDES, je demande à mes collaborateurs et à tous ceux qui travaillent avec nous, que l'on réfléchisse à la pédagogie de l'enthousiasme, une pédagogie qui ne se contente pas de transférer des connaissances, mais une pédagogie qui convainc, une pédagogie qui rapproche les intellectuels de leurs peuples et non l'inverse. C'est facile à dire ; ce n'est pas facile à faire. Mais je dis que c'est possible : mon expérience brésilienne de travailler, moi-même, directement avec des petits producteurs agricoles, souvent analphabètes, m'a

convaincu. Un scientifique pur-sang peut apprendre à transférer lui-même, à condition qu'il n'ait pas peur d'essayer de comprendre les contextes économiques, sociaux, politiques, donc d'être un peu interdisciplinaire... et un peu subversif, scientifiquement, j'entends.

Je suis profondément persuadé, et je dis cela sur la base de mes connaissances scientifiques et de mes expériences pédagogiques, que les efforts scientifiques et éducatifs qui doivent être faits pour une meilleure utilisation durable des milieux, utilisation durable qui est vitale pour le bon développement de sociétés humaines en bonne santé biologique et culturelle, doivent l'être dans le cadre d'une approche naturaliste, d'une approche morphologique, d'une approche systémique. Et croyez bien que c'est bien cette approche là, celle de la réalité des choses, qui mobilise le mieux les intelligences de ceux qui sont « sur le terrain » ; la pédagogie de l'enthousiasme est bien celle-là.

L'homme naît naturaliste, observateur, assoiffé de comprendre ce qu'il voit. L'éducation de ces dernières décennies, l'information et la publicité, ont eu tendance à vouloir faire de lui un analyste simpliste. Il en est d'ailleurs de même de la recherche : je m'élève fortement contre cette sélection scientifique qui privilégie les recherches et les publications très analytiques, au détriment de celles qui s'attèlent au difficile problème de la compréhension des relations, problème qui ne peut d'ailleurs être résolu que par l'interdisciplinarité.

Vous avez, je pense, compris que ma préoccupation première est bien, qu'à cette époque où nous prenons brutalement conscience que nous maltraitons notre planète, et que cela risque de compromettre l'avenir de l'ensemble des sociétés humaines, il est temps de redonner, en matière de recherches, en matière d'enseignements, en matière d'actions pour le développement, priorité absolue aux approches interdisciplinaires et systémiques, aux approches qui permettent à chacun de nous, de comprendre où nous vivons et ce que nous vivons.

La recherche et l'enseignement doivent faire de chacun de nous, de chaque homme et de chaque femme de ce monde, quelqu'un de capable de comprendre et d'agir. L'approche naturaliste est, dans ce but, indispensable. Elle est, de mon point de vue, la seule qui puisse remobiliser les enthousiasmes et les responsabilités, parce qu'elle peut permettre à chacun de comprendre et donc de participer aux décisions : ce n'est qu'à cette condition que la vraie démocratie, de citoyens responsables, peut vraiment fonctionner.

TÉLÉDÉTECTION AÉROSPATIALE ET DÉVELOPPEMENT DE L'ÉCOLOGIE OPÉRATIONNELLE

Michel PETIT

Étymologiquement, l'écologie c'est le discours sur la maison, c'est-à-dire la science du lieu où nous vivons, autrement dit encore l'étude de notre planète. En soi, c'est un terme plus séduisant que « environnement » qui, lui, signifie ce qui est autour et, de ce fait, a tendance à exclure l'homme de l'étude. Souvent cependant, les faits montrent que l'écologie se réduit à l'étude de la maison au travers d'une toute petite fenêtre (Fig. 1)...

La télédétection aérospatiale est un outil puissant de l'écologie et nous essayerons de montrer qu'elle contribue à la rendre opérationnelle. Mais sa force essentielle pour cela réside dans sa capacité intrinsèque d'étudier la planète dans sa totalité par un continuum spatio-temporel d'observation et d'échelle d'observation de la surface terrestre.

PROBLÉMATIQUE

Rapide bilan des acquis et des problèmes de l'écologie moderne

Avant d'introduire le concept d'écologie opérationnelle, il est nécessaire de dresser un tableau bref, voire schématique, des mécanismes qui président aux études d'écologie et des méthodes d'établissement de diagnostic.

Dès qu'une activité humaine s'avère rentable pour une société, selon les critères de la dite société, sont identifiés une ressource ou un produit et des producteurs. Les réactions des producteurs, plus ou moins encouragés par l'inefficacité des règlements, restant les mêmes que par le passé, l'exploitation de la ressource ou de l'idée se fait encore souvent de façon anarchique. Ceci n'avait pas grande importance tant que le stade artisanal n'était pas dépassé. Or, depuis le siècle dernier, pour beaucoup d'activités, le stade industriel a été atteint et le contrôle de l'activité est devenu dépendant d'un nombre de paramètres interactifs trop nombreux pour être intégrés par une personne ou un groupe de personnes. Et, dans beaucoup de cas, faute de cette intégration, apparurent des problèmes dans la production ou d'environnement qui, généralement, engendrèrent (1) les premières mesures réglementaires sans fondement scientifique, (2) une demande de recherche scientifique à pouvoir uniquement consultatif et, éventuellement, (3) une nouvelle réglementation d'après les résultats des recherches (Fig. 2).

Figure 1 : Première carte connue de la région de Madagascar, dressée par le géographe arabe Edrisi au XII^e siècle. En savons-nous réellement plus sur l'écosystème planétaire ?

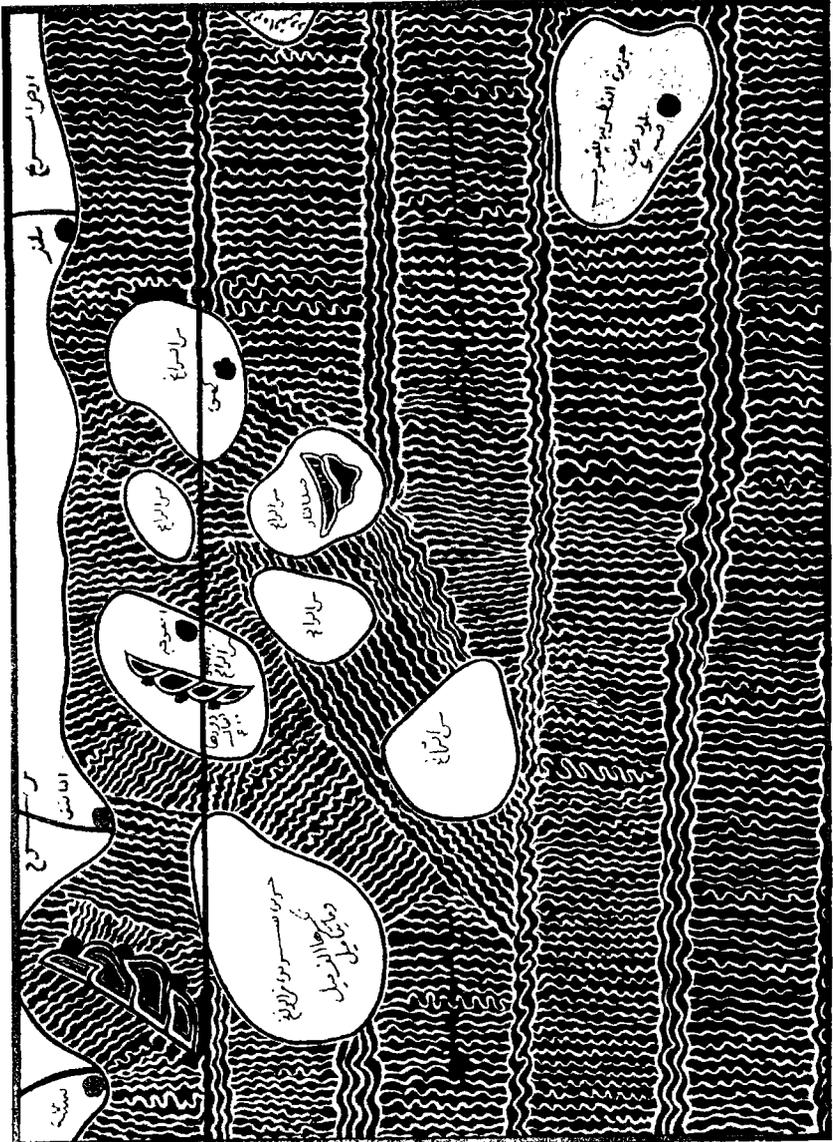
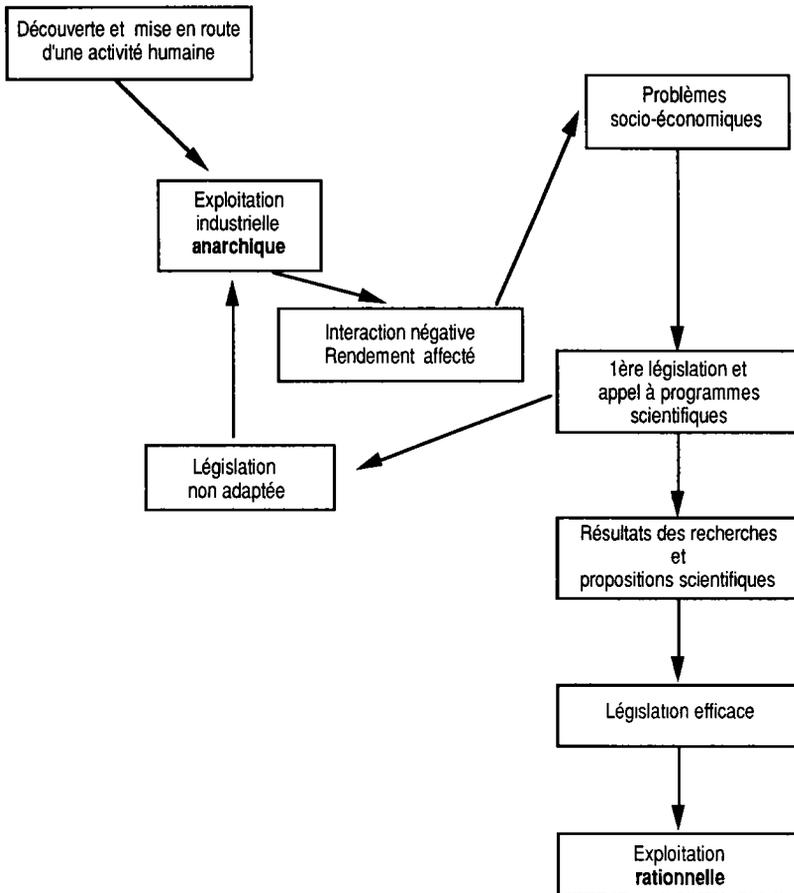
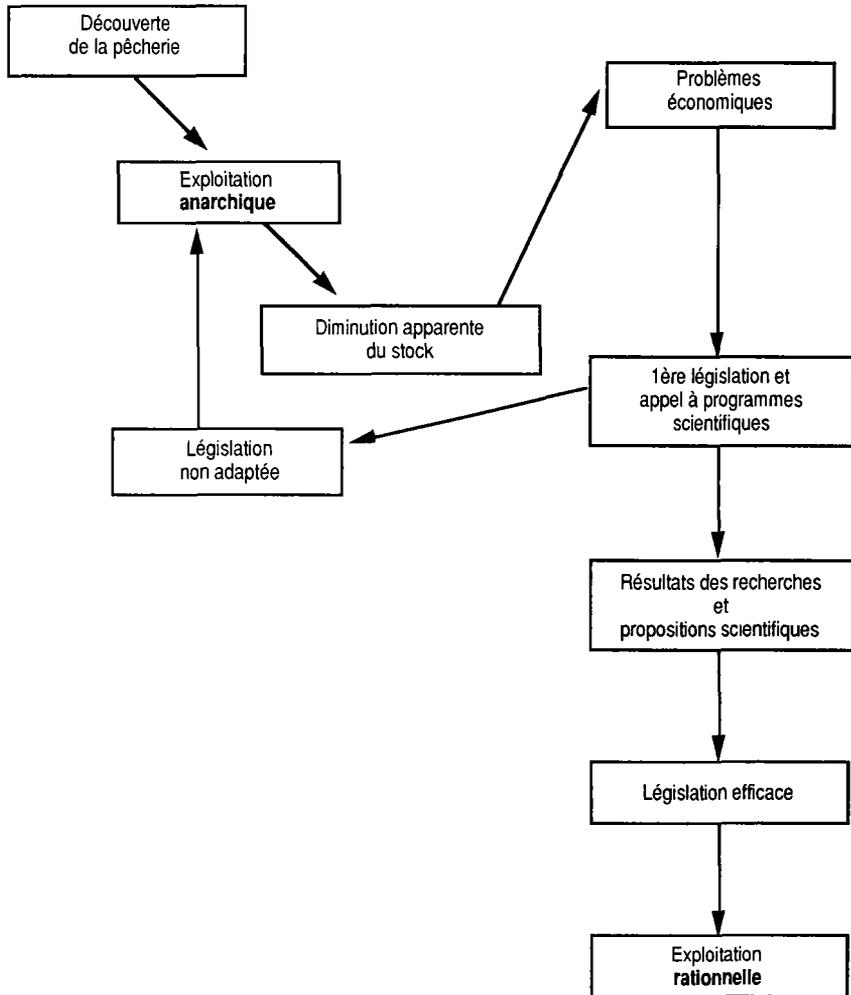


Figure 2 : Schéma de l'évolution classique de l'activité humaine depuis le milieu du XIX^e siècle

Exemples d'application :

Remarquons que ce schéma, bien que dépouillé à l'extrême, n'en reste pas moins général et bien réel. Il peut s'appliquer tel quel dans de nombreux domaines. A titre d'exemple, prenons celui de l'halieutique ; on obtient la figure 3 :

Figure 3 : Schéma de l'évolution classique de l'exploitation d'une pêcherie au cours de la seconde moitié du XX^e siècle



Les pêcheries dont la gestion est suivie dès le début par les scientifiques sont rares (cas des crevettes dans le golfe Persique ou de la langouste dans l'Ouest australien), relativement récentes et dans des zones traditionnellement inexploitées pour l'espèce considérée.

Par analogie avec les lois qui régissent les écosystèmes terrestres, il a été possible de trouver les paramètres — les « symptômes » — de l'état des pêcheries, en tenant compte des caractéristiques propres au milieu marin (mortalité naturelle élevée, nombre d'œufs souvent considérable...). La finalité des recherches étant d'évaluer le stock, afin de proposer la « posologie », les dynamiciens ont élaboré le concept d'unité de pêcheries ou population, relativement indépendante d'événements extérieurs (critère d'isolement) et ne renfermant pas de sous-populations à caractéristiques très différentes les unes des autres (critère d'homogénéité). Pour procéder à l'évaluation d'abondance de cette population, il est alors nécessaire de connaître ou d'estimer les données suivantes que l'on peut répartir en trois groupes.

Le premier groupe comprend l'aire de répartition de l'espèce et les données statistiques sur les prises, l'effort de pêche et la composition par taille (âge). Il s'agit ici de s'assurer qu'à deux aires différentes de répartition correspondent bien deux populations et qu'une même population n'est pas exploitée dans deux pêcheries.

Le deuxième groupe affecte surtout les caractéristiques biologiques et physiologiques dont la localisation des zones de ponte.

Enfin, l'étude du comportement de l'espèce dans son environnement fournit les données du dernier groupe.

Dans chacun de ces trois groupes, une dynamique de recherche propre a généré un certain cloisonnement entre les études... et les experts. Ainsi, depuis trente ans, l'investigation mathématique et les techniques informatiques ont donné la faveur aux modèles qui tentent de trouver une expression (E) pour traduire la relation entre le recrutement, la croissance, la mortalité naturelle et par pêche. Pour cela, on utilise surtout les statistiques de pêche et quelques expériences de marquage. Comme toute recherche nouvelle, la dynamique des populations a fourni des résultats remarquables et permis le diagnostic de l'état des pêcheries en activité.

De leur côté, les études de biologie se sont poursuivies classiquement, fournissant secondairement des éléments d'estimation de certains paramètres de l'expression mathématique (E).

Quant aux études de comportement et d'évaluation directe de stock (comptage), elles ont été délaissées compte tenu de la difficulté d'obtention de données, difficultés quasiment rédhibitoires, jusqu'il y a peu, pour les espèces pélagiques.

La pêcherie de ces pélagiques, en particulier celles des thonidés de surface, a suivi, avec ses spécificités propres, une évolution comparable à ce qui est décrit précédemment jusqu'à la fin des années 70.

En effet, les problèmes se sont déplacés pour différentes raisons. Tout d'abord, si du point de vue de l'industrie des pêches, il est intéressant d'avoir des prévisions de stock pour chaque année, depuis l'augmentation spectaculaire des coûts d'exploitation, la prévision des zones de pêche est devenue une nécessité pour maintenir un rendement énergétique acceptable (matière vivante récoltée par unité d'énergie dépensée).

En second lieu, la gestion internationale a fait place à une responsabilisation par pays avec la création des zones économiques exclusives (ZEE) diminuant ainsi l'influence des organismes internationaux ICCAT¹, IATTC², CPS³. Pour s'en convaincre, il suffit d'étudier les débats parus dans la conférence électronique organisée sur le réseau EIES (Telenet) par la CPS, suite au texte de R. HILBORN et J. SIBERT : « Is international management of tuna necessary ? ».

Tableau 1 : bouleversements de la répartition mondiale des pêches thonières au début des années 80

	1977	1983
Océan Atlantique	160 Mt (95S*)	200 Mt (89 S)
Océan Indien	0 Mt (0 S)	12,5 Mt (6 S)
Pacifique Est	290 Mt (202 S)	190 Mt (130 S)
Pacifique Ouest	35 Mt (18 S)	290 Mt (120 S)
Mt : Quantités exprimées en milliers de tonnes		
* Nombre de senneurs commerciaux de plus de 200 t de capacité ayant participé à ces captures		

1. ICCAT : International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas.

2. IATTC : Inter-American Tropical Tuna Commission.

3. CPS : Commission du Pacifique Sud.

Enfin, pour faire face à des problèmes de restructuration technologique (Japon), de géopolitique (USA, Mexique) ou d'affaiblissement de stock (flottille franco-ivoiro-sénégalaise), il est apparu indispensable de prospecter et surtout d'évaluer les stocks en région vierge de toute pêche donc de statistiques de pêche. Sans ces dernières, il a donc fallu développer les études d'environnement et de comportement. Déjà dans ce contexte, la télédétection aérienne et spatiale a fourni un outil de premier ordre pour mettre au point des méthodes de prévisions de pêche et d'évaluation directe du potentiel de pêche avec les opérations de radiométrie aérienne et prospection thonière dans le Pacifique Sud et l'exploitation des données satellitaires dans le cadre du Bureau d'Aide à la pêche d'Abidjan créé dès 1978.

Un autre thème pourrait être longuement exposé, toujours en suivant le schéma initial (Fig. 2) dans le domaine de la déforestation et la mise en place des réserves. L'usage de la télédétection est ici des plus classiques. Un premier exemple sera donné plus loin dans le cours avec l'évolution des zones de mangroves à Madagascar (Fig. 4).

Un deuxième exemple est pris au travers de la station SEAS (Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellites) mise en place par l'ORSTOM à La Réunion. Cette station comporte un système de réception haute résolution des satellites NOAA qui est pleinement opérationnel avec :

- l'acquisition et l'archivage des données des satellites selon la norme de l'ESA ;
- une aire d'acquisition conséquentes (Fig. 5) et un nombre relativement élevé d'orbites acquises (7 à 12 par jour) ;
- le traitement et l'extraction en temps réel de la température de surface de la mer, avec algorithme intégrant l'angle de visée, la correction atmosphérique et les spécificités régionales (Fig. 6), et de l'indice de végétation (Fig. 7).

Depuis l'océan Indien, la station SEAS participe, dans le cadre d'accord avec l'Agence Spatiale Européenne (ESA) à l'effort de coopération internationale pour intégrer toutes les données provenant des capteurs des satellites NOAA dans un réseau coordonné. Ce réseau est soutenu par les principaux programmes de recherches internationaux sur l'environnement : TREES, ASEAN RS, Global Change... Une des applications consiste pour nous à fournir et traiter des données pour le test « Global Land AVHRR 1 km data set experiment », projet commun à l'ESA et la NASA. Le produit final en sera, après deux années d'expérimentation, la cartographie de l'indice de végétation sur l'ensemble de la zone intertropicale.

Figure 4 : Image spot de la région de Belo (Madagascar)
traitee pour évaluer les superficies de Mangroves et forêts (en rouge)



Figure 5 : Ellipse d'acquisition des données satellitaires NOAA depuis la station SEAS de l'ORSTOM à la Réunion

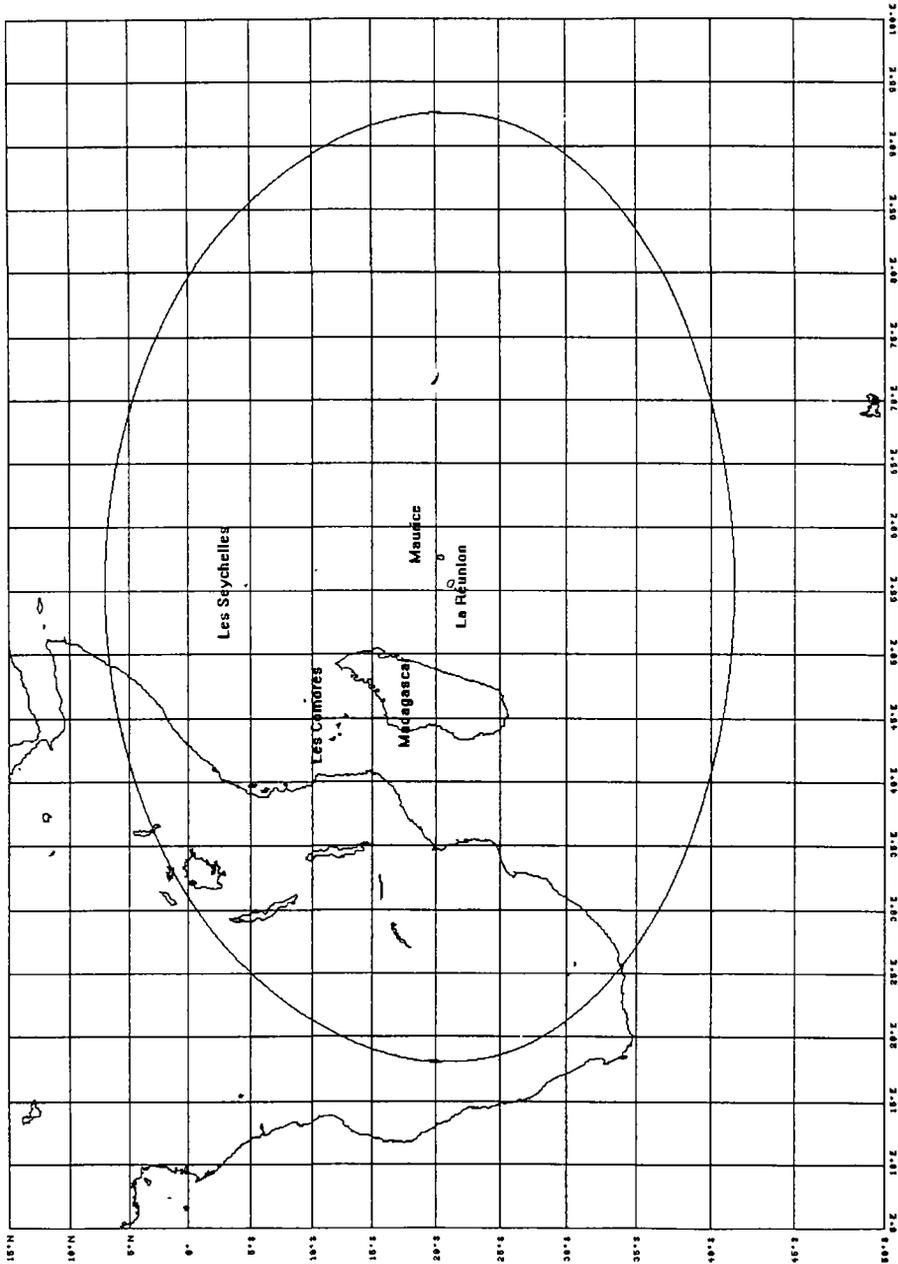
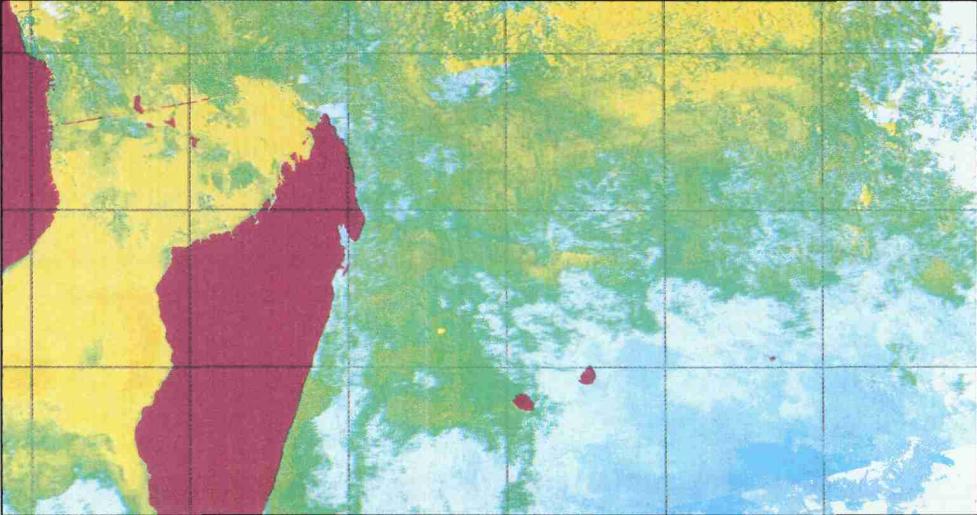


Figure 6 : Température de surface de la mer calculée à partir des données NOAA reçues quotidiennement sur la station SEAS de l'ORSTOM à la Réunion

Le jaune clair correspond à 26°C, le bleu foncé 23°C, chaque teinte vaut un demi-degré celsius. La partie (b) est un détail sur le sud malgache mettant bien en évidence la formation de tourbillon liée à la circulation de surface et aux remontées d'eaux froides.

a-



b-

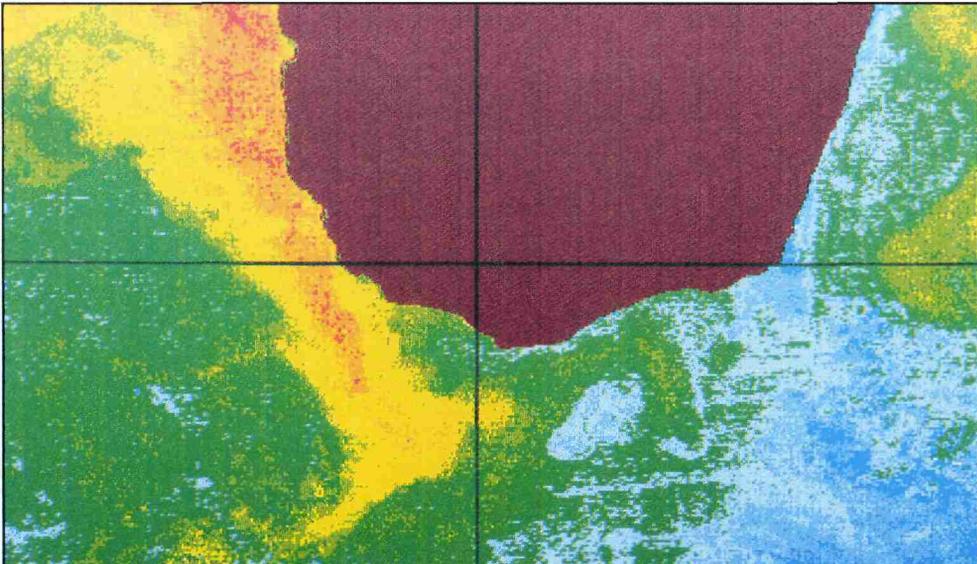
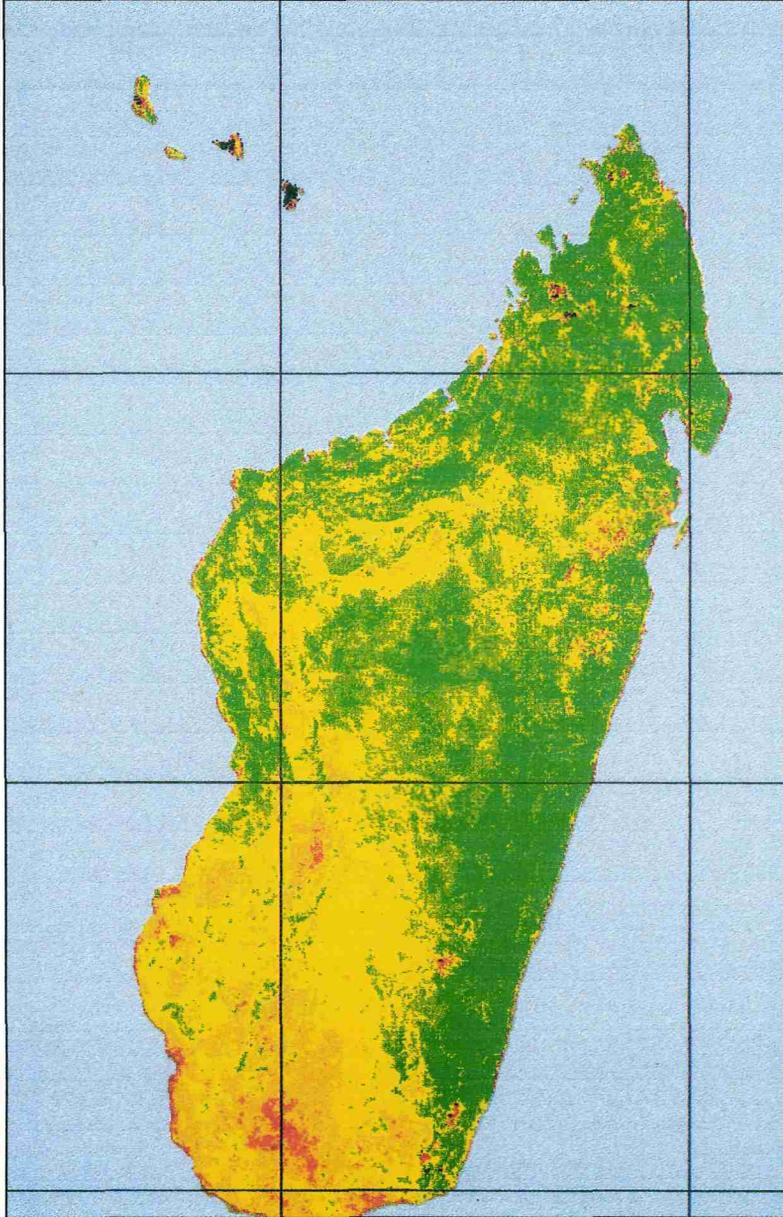


Figure 7 : Indice de végétation calculé à partir des données NOAA reçues quotidiennement sur la station SEAS de l'ORSTOM à la Réunion

Les régions vertes sont celles où le couvert végétal est le plus dense, les zones rouges correspondant au sol nu.



ANALYSE DES POTENTIALITÉS ET LIMITES DE LA TÉLÉDÉTECTION AÉROSPATIALE

Bien entendu la télédection aérospatiale n'est pas et ne peut pas être la panacée qui devrait résoudre tous les problèmes. De par sa méthodologie propre, la télédection permet rarement d'avoir des données directement utilisables. C'est là que la notion de modèle prend toute sa valeur, modèle où sont analysées simultanément les données principales et secondaires recueillies en temps réel et les données historiques. Cette intégration se fait de façon opérationnelle en météorologie et doit désormais prévaloir en écologie. Il s'agit donc seulement de contribuer à l'étude de l'environnement global, terrestre ou marin, par la surveillance des paramètres de surface à l'échelle spatiale la plus adéquate et en temps quasi réel (3 à 5 jours).

Aux modèles de type procédure devraient, d'ici peu, se substituer des modèles intégrant, dans leur application, les techniques de l'intelligence artificiel dont, certains systèmes experts pourraient être en place à bord même des futurs satellites.

La bonne adéquation des échelles spatiales entre la zone d'étude et les moyens actuels de la télédection d'une part, le potentiel d'évolution de cette technique et son adaptation aux problèmes posés d'autre part, constituent les principaux atouts de la télédection pour une écologie opérationnelle. Les deux exemples pris dans la première partie sont désormais des études des plus classiques. Nous allons maintenant essayer de montrer au travers d'exemples originaux les propriétés d'évolution de cette technique, son adaptation aux problèmes posés et finalement son potentiel à catalyser l'émergence d'une écologie opérationnelle.

Exemple 1 : La télédection hyperfréquence

Au contraire des capteurs optiques, les capteurs micro-onde ou hyperfréquence permettent de traverser la couverture nuageuse. Les capteurs hyperfréquences actifs tels que les radars ont été développés dans le domaine civil dans les années soixante pour l'étude de la zone tropicale. Outre cette avantage « accès tout temps », la télédection radar, en particulier celle qui fait appel aux techniques dite de synthèse d'ouverture, donne une vision nouvelles des sites liée à la nature physique des objets et au fait que la résolution soit indépendante de la distance vecteur-sol et fonction des caractéristiques de la source, parfaitement contrôlée en fréquence et polarisation. A partir des différentes caractéristiques physiques possibles, un bilan des avantages considérables de l'outil travaillant dans cette fenêtre du spectre électromagnétique est établi au travers d'exemples de données traitées issues du satellite européen d'environnement ERS-1. Il en ressort que les études du domaine hyperfréquence devraient permettre une avancée dans l'usage de la télédection et un apport en écologie jamais réalisés jusqu'ici. Les thèmes abordés vont de la glaciologie à l'interférométrie en passant par le parcellaire agricole ou l'environnement côtier (Fig. 8).

Exemple 2 : L'expérience TOPEX POSÉIDON et le phénomène El-Nino

Un rappel du phénomène El-Nino et de ses conséquences socio-économiques est fait. Les recherches faites au cours la dernière décade ont mis en évidence le rôle primordiale de la circulation océanique. La mesure de la pente de la surface océanique par les altimètres du satellite franco-américain TOPEX POSÉIDON est la seule technique existante d'observation de la circulation océanique sur une base permanente et globale (Fig. 9).

Figure 8 : La première image acquise par ERS-1

Nord-ouest de la Hollande a immédiatement démontré les grandes possibilités du radar à ouverture embarqué (SAR). Villes, chemin de fer, routes comme bateaux, ondes internes et vagues sont facilement identifiables (documentation ESA).

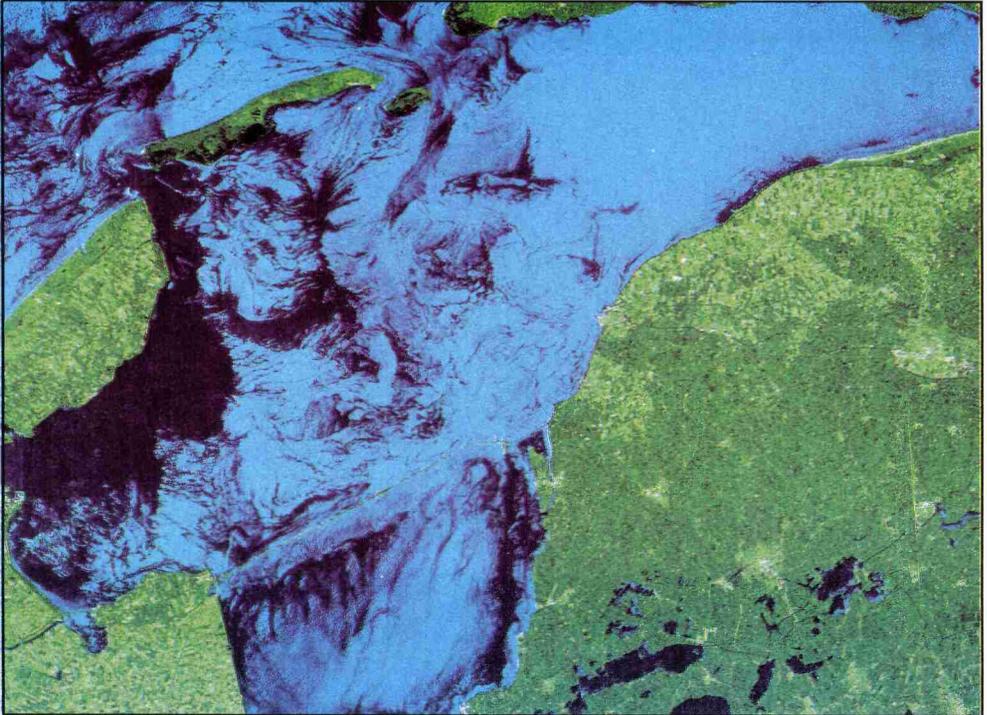
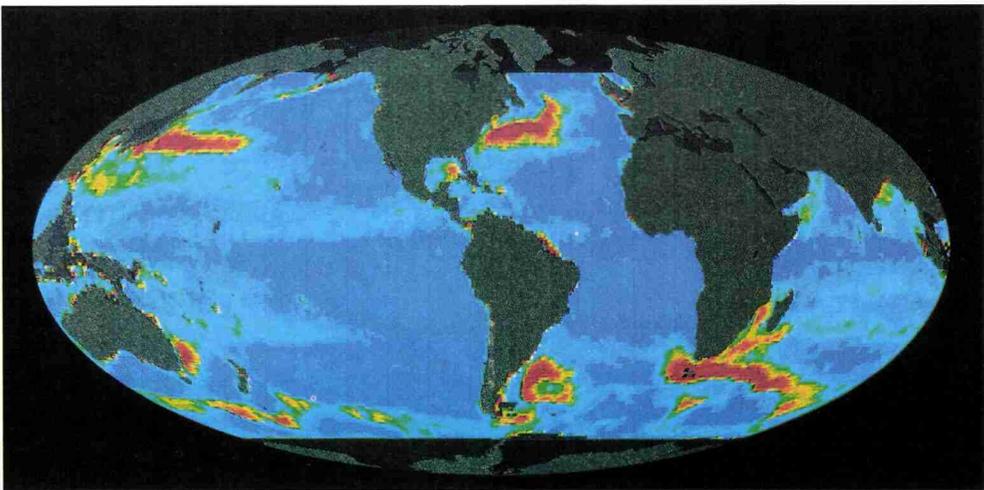
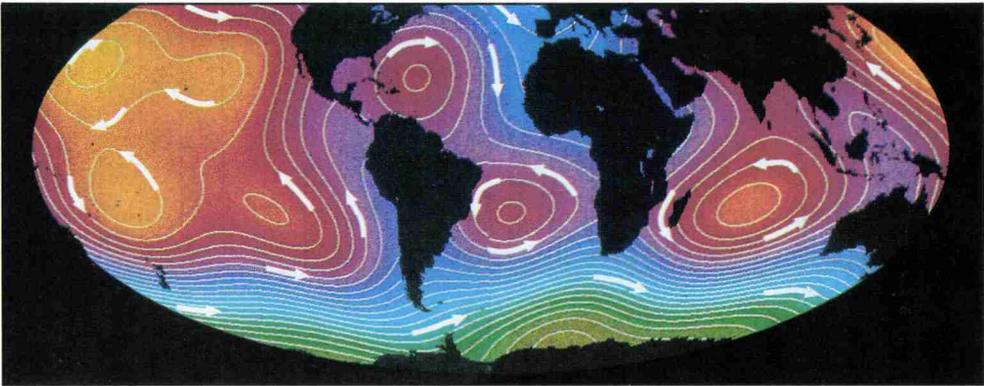


Figure 9 : Le satellite TOPEX POSÉIDON, à 1336 KM, mesure en permanence sa distance à la surface de l'océan avec une précision absolue de trois centimètres

Par le traitement de ces données, en cours, on obtiendra des cartes de topographie et de la circulation de l'océan qui feront ressembler ces documents à la carte d'Edrisi (Fig. 1). Documentation CNES-NASA.

Haut : trois années de mesures altimétriques GEOSAT ont déterminé la TOPOGRAPHIE DYNAMIQUE MOYENNE de la surface due à la circulation. Les courants circulent autour de ce système global de bosses — en rouge — et de creux — en bleu.

Bas : LA VARIABILITÉ DE LA CIRCULATION est liée au changement climatique. On la met en évidence par des mesures altimétriques répétées sur les mêmes points. Les fortes variations (flèches) se rencontrent en bord ouest de l'océan.



SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Par le choix des exemples précédents, nous avons voulu montrer que la télédétection aérospatiale est un outil précieux dont il faut savoir se servir non seulement avec habileté mais en plus avec imagination et qu'alors seulement elle peut quantifier et « visualiser » certains concepts essentiels de l'écologie. Elle doit, de ce fait, concourir à leur surveillance spatio-temporelle.

Dans la prochaine décade seront lancés plusieurs satellites très largement destinés à l'environnement. Il semble donc qu'avec les moyens spatiaux, une nouvelle ère s'ouvre, à très court terme, à l'écologie planétaire.

Cependant, pour devenir réellement opérationnelle, celle-ci devra reconsidérer les stratégies d'informations et de transferts des données et de leurs traitements des pays propriétaires des lanceurs et des vecteurs vers les pays utilisateurs notamment de la zone intertropicale.

Il est classique de dire que le satellite est le premier moyen d'étude à l'échelle d'un océan ou d'un continent et qu'il peut voir pour prévoir. Au-delà de cette assertion, nous pensons que l'outil télédétection contribuera à observer pour gérer bien au-delà des limites sociales, économiques ou politiques traditionnelles. Les prémices d'un tel espoir : l'année internationale de l'espace (1992) consacrée à l'unanimité à l'environnement (mission « Planète Terre ») et la Conférence de RIO.

SOURCES

- Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco, numéro spécial 6 (1990).
- Cours GDTA Télédétection Radar (Michel PETIT, 1989).
- ERS1, 500 days in orbit, documentation ESA.
- TOPEX POSÉIDON, Mission franco-américaine, documentation CNES.

PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES MALGACHES ET LE PLAN NATIONAL D'ACTION ENVIRONNEMENTAL

Joseph ANDRIAMAMPIANINA

Lorsque les organisateurs de cette Université d'hiver m'ont invité à parler dans ce Colloque de la perception de l'environnement par les Malgaches et de notre Plan d'Action Environnemental (PAE), je leur ai répondu favorablement avec plaisir, non seulement en ma qualité de Directeur Général de l'Office National de l'Environnement, mais encore et surtout en tant que faisant partie du corps professoral de l'Université d'Antananarivo. C'est aussi en tant qu'enseignant que j'ai lu avec satisfaction, dans le prospectus qui nous a été distribué, que les principaux objectifs de ce Colloque sont de donner un enseignement sur les problèmes d'environnement en milieu tropical en insistant sur ceux qui posent concrètement aux îles de l'Océan indien, et tout particulièrement à la réunion et à Madagascar, et d'apporter une contribution aux actions spécifiques et techniques déjà entreprises visant les problèmes d'environnement, en particulier à celles qui s'inscrivent dans le cadre du Plan National d'Action environnemental de Madagascar.

Mais avant de parler de ce Plan National d'Action Environnemental qui, signalons-le de suite, est le premier du genre en Afrique, je voudrais tout d'abord vous dire que ce Plan n'aurait pu voir le jour sans une analyse de la perception de l'environnement par les différentes couches de la société malgache.

Mais qu'est-ce à dire exactement ?

D'emblée, disons qu'il s'agit de la manière dont les Malgaches sentent et comprennent leur environnement sous l'influence de facteurs sociaux et culturels. Mais comme cette perception dépend d'une part de la façon dont on voit son environnement naturel et d'autre part des buts qu'on s'est fixés en utilisant, transformant et créant des milieux susceptibles de satisfaire ses désirs et ses besoins, nous allons voir successivement, pour ne pas entrer dans des considérations trop complexes :

- la perception de l'environnement par les paysans malgaches qui forment les 80 % de la population ;
- ensuite la perception de l'environnement par les différents responsables à tous les niveaux ;
- et enfin, la perception des solutions aux problèmes d'environnement de Madagascar, ce qui me conduira à faire état du Plan National d'Action Environnemental.

PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES PAYSANS MALGACHES

Comme la plupart des paysans du monde, le paysan malgache se voit lui-même un élément de son environnement naturel, environnement qui constitue son terroir, son « tanindrazana », c'est-à-dire la terre où ses ancêtres ont élu domicile et ont choisi de se faire enterrer, et où ses restes devront aussi reposer.

Quelque soit la nature de ce terroir, le paysan malgache s'y adapte techniquement et cette adaptation commence très tôt : elle constitue le principe de l'éducation au village. C'est dans ce terroir qu'il reçoit progressivement la connaissance intime des composantes de son environnement.

Très tôt, en effet, l'enfant de la région du Lac Alaotra peut reconnaître sans les voir, les oiseaux de son environnement par leurs cris ou de par les bruits provoqués par les battements de leurs ailes. Très tôt aussi, l'enfant de la région forestière zafimaniry est capable de nommer sur la vue des feuilles mortes tombées, ou de graines gisant sur le sol, un grand nombre des essences forestières que l'on rencontre, et il peut trouver immédiatement les arbres ou les lianes qui les ont produites.

A travers ce dernier exemple, on peut se demander s'il existe chez les paysans malgaches une notion de classification des éléments de leur environnement. A proprement parler, il n'en existe pas, mais ils reconnaissent de grandes catégories de formes ou d'usages qui les ont amenés à distinguer des groupes souvent très proches des groupes taxonomiques. C'est ainsi que le genre *Weinmannia* est désigné par le mot « lalona » auquel s'ajoutent des adjectifs particuliers pour nommer chacune des espèces qui lui appartiennent.

C'est aussi, rivé à son terroir avec l'aide de ses techniques que le paysan malgache demande à la terre de la fécondité qui assure sa subsistance et sa survie. Vit-il sur les falaises betsimasarakana ? Il juge de l'avenir et de son existence à l'échelle de ses parcelles de « tavy » ou de cultures sur brûlis. Habite-t-il le Moyen-Ouest ? Son environnement doit se constituer de vastes étendues herbeuses où il peut faire paître ses troupeaux. Est-il des hautes terres du massif central ? Il perçoit son environnement comme devant être une succession de rizières étagées sur les versants.

Dans la pratique, son droit à l'espace est régi par des droits coutumiers qui correspondent à une propriété d'usage familial, transmissible de génération en génération. Les « bornes » cadastrales peuvent n'être constituées que de diguettes, de lignes de pierre ou d'arbres isolés. Ce cadastrage « de fait », n'est cependant pas systématique quand il s'agit de territoire à usage pastoral.

Élément de son environnement naturel, comme je l'ai dit tout à l'heure, le paysan malgache voit en son environnement un ensemble de forces qui s'équilibrent et qu'il ne domine pas. Certes, il agit et il a un pouvoir de décision qui dirige ses actes, mais aucun de ses actes n'est indépendant du monde environnant. Il s'efforce de se conformer à tout un ensemble de règles, constituées selon DEZ « par des usages hérités des ancêtres, des rites transmis de génération en génération, des préceptes recommandant telle ou telle attitude, des interdits qui en déconseillent d'autres ».

Ces règles varient cependant selon le type d'activité prédominant, le milieu écologique, ou encore les rapports spirituels entretenus avec les puissances occultes.

C'est grâce à ces rapports que les forêts situées sur les sommets de hautes montagnes sont le plus souvent préservées de leur dégradation car leurs riverains les perçoivent selon leurs croyances, comme les demeures électives de nombreuses puissances. Il en est de même des baobabs ou de gros tamariniers qu'on laisse intacts sur les parcelles de « tavy » car ils doivent être réservés aux divinités forestières. Ajoutons que dans le Centre, d'innombrables modestes bosses de terre sont souvent « fady », c'est-à-dire interdits à

tout usage car ce sont des sépultures de Vazimba, ces ancêtres lointains dont les âmes peuvent faire du mal à ceux qui osent y toucher.

Toujours d'après DEZ « toutes ces règles sont le produit d'une expérience humaine plusieurs fois séculaire qui a estimé devoir tirer de la succession de certains faits à certaines actions, des conclusions de cause à effet et pouvoir édicter des principes en conséquence ».

Ainsi, si nous revenons aux régions betsimisaraka, le défricheur de forêt ne doit commencer son travail que lorsque le « Taotaokafo », oiseau de la famille des Cuculidées, commence à signaler sa présence aux environs de septembre par son cri caractéristique. Pourquoi se fie-t-on plutôt à cet oiseau qu'au calendrier moderne ? Fulgence FANONY l'explique par le fait que le « Taotaokafo » est la voix mystérieuse de la forêt qui rappelle aux travailleurs leur devoir de défricher les collines s'ils veulent avoir le riz, base de leur nourriture. Commencer à défricher avant que le taotaokafo ne chante, c'est attirer sur soi toutes les malédictions ».

Il est prouvé en effet que si on défriche avant que cet oiseau ne chante, le riz mûrira trop vite et de nombreux prédateurs (rats, sangliers) s'abattront inéluctablement sur la récolte ; si au contraire, on brûle son « tavy » trop tard, l'atmosphère perturbée par la fumée provoque de la pluie et empêche le feu de prendre.

Un autre exemple peut être donné par le fait qu'un feu mis dans une forêt de « tapia » (*Uapaca bojeri*) provoque l'augmentation du rendement de cette forêt en cocons de ver à soie sauvage. L'explication peut être donnée scientifiquement : la chenille du bombyx qui fournit la soie sauvage peut être en effet parasitée par une fourmi noire qui niche dans les « tapia » si cette fourmi n'est pas éliminée préalablement ; mais pour les riverains de la forêt, même s'ils n'ignorent pas l'existence de cette fourmi, le seul principe auquel ils tiennent est celui de leurs ancêtres admettant que l'amélioration du rendement en cocons de ver à soie sauvage ne peut être obtenue que par le feu et uniquement par le feu.

Mais l'exemple le plus frappant est celui des feux de brousse qui, chaque année, ravagent les collines et exacerbent l'érosion. Riziculteurs chevronnés, les paysans savent depuis toujours que plus tôt leurs rizières sont inondées, moindre sera le risque d'une mauvaise récolte. Mettre le feu à la végétation des collines, c'est stimuler le ruissellement vers les vallées où se trouvent les rizières ; voilà comme l'explique le chercheur forestier Jean-Louis RAKOTAMANANA, l'une des raisons de la tradition. Il en est une autre plus souvent citée : les collines sont des terres de vaines pâtures où le feu est le moyen de stimuler le regain.

Après les quelques exemples que je viens de citer, on peut se demander à quoi est due cette pyromanie des paysans malgaches. Est-certainement leur fatalisme séculaire devant le respect des traditions qui persiste, ou les techniciens se trompent-ils en accordant une importance exagérée à l'action néfaste des feux ?

A première vue, l'usage du feu semble provenir d'un esprit de routine. « Aza mitsipadoha laka-nitana » dit un adage bien connu, « ne repousse pas du pied la pirogue qui t'a fait passer ». C'est là une image incisive. De tout temps, les ancêtres ont brûlé la brousse et les forêts, ils ont toujours su en tirer profit, pourquoi essaierait-on d'agir autrement ?

De plus, certains paysans semblent ne pas bien mesurer encore les inconvénients du feu : les menus avantages qu'ils en retirent leur cachent ses effets destructeurs. Faire quelques hectares de défrichement dans une forêt, qui apparemment ne leur rapporte rien et qui ne semble être qu'une entrave à la culture et au libre parcours du bétail ne leur paraît pas dommageable, car la forêt environnante à leur échelle villageoise leur est vaste et inépuisable. On ne doit pas s'étonner si le dicton « na ho lany aza ny ala atsinanana » va jusqu'à comparer tout ce qui est inépuisable aux forêts de l'est. Il fut sans doute une

époque où ce dicton avait une certaine valeur intrinsèque, mais qui en serait encore convaincu aujourd'hui ?

Je vous prie de ne pas trop m'en vouloir si j'ai beaucoup parlé des traditions, car comme vous avez pu le constater, ces dernières jouent un rôle important dans la manière dont les Malgaches perçoivent leur environnement.

Face aux autres interdits, mais cette fois-ci non plus imposés par les traditions mais par la législation officielle, on peut dire que l'attitude du paysan malgache peut varier d'un endroit à l'autre et aussi d'un moment à l'autre.

En effet, si dans certaines régions, les Aires Protégées et notamment les Réserves Naturelles font encore l'objet d'un certain respect, dans d'autres on n'accorde plus de l'importance aux prescriptions édictées pour la conservation de ces territoires. Les raisons en sont nombreuses : mauvaise interprétation des mesures prises par l'Administration, de la notion de liberté maintes fois évoquée après l'indépendance du pays, poussée démographique de la population qui redoute de manquer d'espace pour ses cultures, etc.

L'interdiction légale des feux de brousse a été même considérée par certains habitants comme une obligation pour eux à se cacher pour les allumer et à ne pas contrôler leur propagation.

De tout ce qui précède, on peut dire que la perception de l'environnement par les paysans malgaches est d'abord culturelle et fait partie des stratégies de survie, stratégies qui sont le fruit d'une adaptation entre l'homme et son milieu.

PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES RESPONSABLES À TOUS LES NIVEAUX

Jusqu'à une époque assez récente, le mot « environnement » a été perçu par beaucoup de Malgaches comme synonyme de forêts défrichées, d'incendie de brousse, d'espèces animales et végétales en voie de disparition. Seuls quelques initiés avaient une notion élargie du concept « environnement ». Il a fallu la Conférence de Stockholm de 1972 pour bien comprendre que l'environnement ne concerne pas uniquement l'exploitation néfaste des ressources naturelles. L'expression « tontolo iainana » inventée après cette Conférence pour désigner l'environnement et qu'on peut traduire littéralement par « le monde duquel dépend la vie » montre que pour les responsables malgaches à tous les niveaux, l'environnement ne devrait plus être considéré comme un secteur déterminé, mais comme l'ensemble des éléments naturels et artificiels qui constituent le cadre de la vie d'un individu.

Une autre perception de l'environnement a donc pris naissance, c'est celle de la prise en considération de ce cadre de vie à travers un développement économique et social durable, ce qui implique la perception de l'ensemble particulier des facteurs sociaux, culturels, biologiques, physiques, économiques et la perception des problèmes majeurs existants.

Plus que jamais, les atouts et potentialités de l'environnement malgache sont mis en exergue par les responsables, mais on ne néglige pas pour autant la régression quantitative des ressources naturelles, le déséquilibre entre la croissance démographique et la croissance économique, les changements de l'administration publique, les mauvaises conditions de vie des populations rurales et urbaines, le déficit du bilan énergétique, les problèmes fonciers, la détérioration constante des termes commerciaux et surtout la perception de l'environnement par les paysans, telle que je viens de la décrire.

Je ne voudrais pas m'étendre longuement sur toutes les sortes de perception que les responsables ont actuellement de l'environnement. Disons qu'elles doivent être les mêmes que dans les pays où la pauvreté et le sous-développement sont les sources principales de la problématique de l'environnement.

Si problématique il y a, quelles ont été les solutions préconisées pour la résoudre ? La dernière partie de mon exposé tâchera de répondre à cette question.

LA PERCEPTION DES SOLUTIONS AUX PROBLÈMES DE L'ENVIRONNEMENT ET LE PLAN NATIONAL D'ACTION ENVIRONNEMENTAL

Comme la recherche d'une meilleure maîtrise de l'environnement nécessite en premier lieu la connaissance des données permanentes de ses composantes : l'homme, la terre, le sous-sol, les écosystèmes, la flore, la faune ainsi que la connaissance des processus de dégradation des ressources naturelles, la décision de faire une approche plus globale et plus intégrée de tous les problèmes environnementaux a été prise en 1987. Ce fut le point de départ de la formulation du Plan National d'Action Environnemental (PNAE), qui constitue actuellement le fondement de toute action dans ce domaine.

Lors de sa préparation, quelques 150 techniciens nationaux représentant un large éventail de disciplines, dont plusieurs enseignants de cette Université d'Antananarivo, appuyés par des spécialistes étrangers, ont été mobilisés pour analyser les principaux problèmes de l'environnement et pour proposer ensemble les solutions qu'il faudrait y apporter. A cet effet, la perception de l'environnement par les habitants, leurs visions des priorités en matière de développement et de qualité de la vie ont été étudiées avec le plus d'attention.

Par la suite, une vaste campagne de sensibilisation a été menée dans les Provinces avec une large participation des autorités et des communautés locales, qui de ce fait, ont pu faire connaître également leur perception de l'environnement.

Ce Plan National d'Action Environnemental présente les caractéristiques suivantes :

1. L'accent y est mis sur le caractère unique de l'île quant à la biodiversité et le fort degré d'endémisme de la faune et de la flore, mais aussi sur le risque de perdre irrémédiablement cette richesse si la « spirale de dégradation » n'est pas enrayée.
2. Ce Plan National d'Action Environnemental est un plan d'impulsion, présenté sous l'angle du profit pour les communautés de base, plutôt que sous celui des contraintes, d'où l'importance attachée aux actions de formation, d'éducation et de sensibilisation, comme nous le verrons plus loin.
3. Sa mise en œuvre a été prévue pour une durée de 15 ans à partir de 1991, pour permettre la continuité des actions et l'internalisation progressive de leurs financements. Cette durée est divisée en trois programmes :
 - . le Programme Environnemental 1 (ou PE1) de 1991 à 1995 dont le principal objectif est le démarrage du PNAE ;
 - . le Programme Environnemental 2 (ou PE2) de 1996 à l'an 2000, qui devrait être une intensification des actions menées lors du PE1 ;
 - . le Programme Environnemental 3 (ou PE3) de 2001 à 2005, où toutes les actions devraient se faire automatiquement et naturellement aux niveaux des Ministères, des ONG et des collectivités rurales.
4. Pour sa réalisation, plus d'une dizaine de bailleurs de fonds se sont manifestés dans le but de soutenir financièrement Madagascar.
5. En tant que plan d'action des orientations nationales, ses principaux éléments ont été inclus dans la Charte de l'Environnement Malgache, qui a été publiée en 1990 sous forme de Loi.

Si telle sont ses principales caractéristiques, son objectif principal est de « réconcilier la population avec son environnement », c'est-à-dire, d'amener la population à garder les traditions qui permettent l'amélioration de l'environnement et à abandonner celles qui conduisent à sa dégradation. Dans cet esprit, les objectifs spécifiques suivants ont été proposés :

- le développement des ressources humaines pour permettre à tous les citoyens d'avoir une meilleure connaissance de l'environnement et une meilleure prise de conscience de sa protection ;
- la promotion d'un développement durable par la meilleure gestion des ressources naturelles et plus particulièrement du patrimoine biologique exceptionnel du pays ;
- l'amélioration des conditions de vie des populations rurales et urbaines en aidant ces dernières à mieux gérer et à mieux équiper le cadre de leur environnement.

De par ces objectifs spécifiques, le Plan National d'Action Environnemental est donc appelé à jouer un rôle important, non seulement dans l'amélioration de l'environnement, mais aussi dans le redressement économique du pays.

Si nous ne parlons que de sa première phase quinquennale, des mesures y ont été prises pour appuyer certaines institutions publiques et le Programme d'Ajustement Structurel.

L'appui aux institutions publiques consiste en renforcement de quelques Ministères et Services en équipements et matériels, mais surtout dans la formulation et la mise en œuvre de politiques sectorielles durables, compatibles avec la gestion de l'environnement, par exemple dans les secteurs des mines, de l'énergie, de l'industrie, du tourisme et des routes.

Quant à son intégration dans le processus du Programme d'Ajustement Structurel, ce Plan adopte comme principe l'engagement de l'État dans le domaine de conception et son désengagement dans le domaine des opérations et de l'exécution des projets.

C'est ainsi que l'Office National de l'Environnement, qui est un établissement public, est chargé de développer les politiques environnementales, et de coordonner l'ensemble du Plan d'Action, il appartient aux Agences d'Exécution : l'ANGAP (Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées) et l'ANAE (Association Nationale pour les Actions Environnementales), toutes deux, des associations de droit privé de faire exécuter et de coordonner les actions sur le terrain :

- la première en confiant à des opérateurs privés ou à des ONG l'aménagement et la gestion des aires protégées, le développement de leurs zones périphériques ainsi que la promotion de l'écotourisme ;
- la deuxième en confiant aussi à des ONG ou aux associations villageoises la réalisation de mini-projets de conservation des sols, d'agroforesterie, de protection de bassins-versants, de reboisement et d'autres actions de développement rural dans les zones préalablement classées comme prioritaires.

Toujours dans le cadre d'appui du Programme d'Ajustement Structurel, le PNAE vise à la promotion d'un programme-cadre intégré touchant la femme et l'enfant, renforcé par des programmes d'éducation, de formation et de sensibilisation en matière d'environnement, ou en matière de planning familial afin de revenir à un taux de croissance démographique compatible avec un développement durable des ressources.

Ce Plan vise aussi à améliorer la balance des paiements extérieurs en allégeant le service de la dette par des rachats de dettes privées et publiques, accompagnés de projets de conservation et de développement, en favorisant l'équilibre des finances internes et externes par la valorisation rationnelle des ressources naturelles de l'environnement, de manière à ce que ce dernier soit plus un éternel utilisateur, mais aussi un générateur de revenus.

Enfin, le PNAE est un excellent outil de décentralisation car il permet notamment aux collectivités de base concernées de prendre en main la réalisation des aspirations de leurs propres populations.

Pour illustrer les retombées socio-économiques de ce Plan National d'Action Environnemental, je voudrais vous citer quelques données :

- le coût annuel de la dégradation de la nature malgache, résultant des effets du brûlis et de l'érosion des sols représente un manque à gagner de 5 à 15 % du Produit Intérieur Brut de Madagascar : les programmes du PNAE se proposent de manière induite à combler ce manque à gagner au bout de 15 ans par les projets que j'ai déjà cités, par des mesures préventives et par des politiques dissuasives ou d'incitation ;
- les bénéficiaires directs des premières interventions sont estimés à environ 100 000 familles, dont 70 000 dans les zones périphériques des aires protégées et 30 000 dans les zones les plus durement touchées par l'érosion ;
- le PE1 peut générer la création de 1 000 emplois directs dans la réalisation des projets sur terrain et de 5 000 emplois indirects dus à la promotion de l'écotourisme, de l'agriculture et de l'artisanat ;
- les dépenses dans les zones périphériques des aires protégées estimées à 7 millions de dollars et celles dans les bassins-versants prioritaires d'environ 3 millions de dollars, peuvent induire une forte monétarisation des revenus et une accélération de la transition de l'économie de subsistance vers l'économie monétarisée ; toutefois pour y arriver, il faudra envisager des mesures de limitation des facteurs de fuite des revenus vers les villes ;
- les revenus tirés par l'État par la valorisation des ressources naturelles, la révision et la collecte des redevances forestières, l'amélioration foncière et la rentrée de taxes fiscales supplémentaires sont estimés à quelques 3 millions de dollars par an.

Qu'en est-il de la situation actuelle de ce Plan National d'Action Environnemental ?

Il n'est pas dans mon propos de vous relater ici d'une manière détaillée son état d'avancement depuis son démarrage en 1991. Disons seulement que la conjoncture politique qui prévalait en cette année, n'a permis qu'un fonctionnement partiel des Agences d'Exécution et la réalisation de quelques mini-projets de conservation, malgré la mise à disposition de financements par certains bailleurs de fonds.

D'une manière générale, c'est à partir de 1992 que la mise en œuvre des composantes du PE1 a connu un développement, certes d'une manière inégale, mais leur interdépendance et leur harmonisation ont été prises en compte à travers des concertations entre les Agences d'Exécution pour assurer un enchaînement logique des activités.

Pour ces Agences d'Exécution, il s'agit maintenant de poursuivre et de finaliser les actions déjà commencées dans les zones jugées prioritaires, de les reprendre dans d'autres régions non encore bénéficiaires, de démarrer les projets qui viennent d'être financés, ou dont la réalisation a encore nécessité soit des enquêtes ou des études préalables, soit l'acquisition d'équipements adéquats.

Quant à l'Office National de l'Environnement, il donnera la priorité :

- à la formulation des politiques environnementales, de concert avec les Ministères les plus concernés par les problèmes d'environnement ;
- à la mise en œuvre des procédures d'études d'impact sur l'environnement par l'élaboration de textes et de mesures d'accompagnement en application d'un décret sur la mise en comptabilité des investissements avec l'environnement ;
- au lancement des projets de recherches en matière de conservation de la biodiversité marine et terrestre, projets pour lesquels le concours des universitaires est ardemment sollicité ;

- au démarrage des projets d'éducation, de formation et de sensibilisation avec l'intervention des différents Ministères concernés, dont le Ministère des Universités ;
- à l'élaboration de « l'Agenda 21 » national, ce programme issu du Sommet de la Planète Terre de Rio de Janeiro en Juin dernier, qui aborde les problèmes urgents d'aujourd'hui et cherche à préparer le monde aux tâches qui l'attendent au cours du XXI^e siècle.

Enfin, je voudrais souligner que depuis la mise en œuvre de ce Plan National d'Action Environnemental nombreux ont été les groupements, institutions, associations et même partis politiques qui ont vu le jour et qui font de l'environnement leur leitmotiv. Il s'agit là d'une prise de conscience nationale très louable, et il nous faut maintenant nous efforcer à les coordonner avec souplesse, vu le large éventail de leurs programmes d'activités.

Si un tel succès a été enregistré, la mise en œuvre de ce Plan d'Action n'est pas sans difficultés, comme vous devez déjà l'imaginer. Parmi celles-ci, citons en particulier :

- l'instabilité des institutions d'exécution, due aux changements successifs de leurs Ministères de tutelle ;
- les lourdeurs administratives tant du Gouvernement que des bailleurs de fonds ;
- l'éloignement des centres de décision de ces derniers, qui devient le plus souvent une cause du blocage du système ;
- l'insuffisance et l'inadéquation des allocations de fonds de contrepartie pour certaines composantes ;
- la méfiance de la population pour certaines opérations telles que le cadastrage.

Cependant, malgré ces difficultés inhérentes à tous les programmes de grande envergure, le Plan d'Action Environnemental malgache constitue pour le pays un pari qu'il faudra gagner.

J'ai dit, au début, que Madagascar a été le premier pays d'Afrique à avoir établi son Plan National d'Action Environnemental ; il doit rester un des premiers à l'appliquer, et surtout à en tirer le profit qu'il est en droit d'en attendre, et que le monde entier attend de lui.

Notre principal espoir dans sa réalisation réside dans le développement d'un sentiment national qui progresse de façon très sensible. Un courant puissant tend actuellement à mettre en relief ce qu'il y a de plus original dans le pays. Le « bien de la nation », et l'« essence typiquement malgache » sont souvent évoqués, le patrimoine naturel y figure en bonne place, à côté des valeurs historiques et artistiques.

De plus, la volonté commune de s'entraider pour un développement durable lié à l'environnement vient d'être mise en exergue entre les pays francophones de la sous-région de l'Océan Indien, lors d'une rencontre organisée par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique, il y a deux semaines à Antananarivo. Puisse prospérer ce généreux courant renforcé à la Réunion lors de cette Université d'hiver, repris et développé cette fois-ci à Antananarivo par vous tous, hommes de sciences, qui êtes les plus qualifiés pour apprendre comment sauvegarder notre environnement et comment l'utiliser au mieux de sa vocation, et aussi pour rechercher un rapprochement permanent entre la Réunion et Madagascar à travers des échanges culturels, techniques et scientifiques.