

PROGRAMME ENVIRONNEMENT

LETTRES DES PROGRAMMES INTERDISCIPLINAIRES DE RECHERCHE DU CNRS

LETTRE DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT N° 10

MAI 1993

ACTES DES JOURNÉES
DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT DU CNRS

Corganisées avec l'ORSTOM
LYON, 13, 14 ET 15 JANVIER 1993

ÉCOSYSTÈMES INTERTROPICAUX FONCTIONNEMENT ET USAGES

- La Catalogne : une politique de développement de l'environnement
- Appels d'offres
- L'École des mines d'Alès, formation
- Colloques, séminaires, publications
- Les prochaines Journées du Programme Environnement



CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOMMAIRE

EDITORIAL , Alain Ruellan	3
ACTES DES JOURNÉES DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT	
Introduction aux débats, Rémy Pochat	7
La recherche tropicale au ministère de l'Environnement Programme SOFT, Michel Petit	8
Allocution de Gérard Winter, directeur de l'ORSTOM	11
Les régions intertropicales et les changements globaux, Jacques Fontan	15
La biodiversité dans les systèmes intertropicaux : problèmes et enjeux, Christian Lévêque	26
ASP "Sciences de l'Homme et de la Société", Olivier Herrens Schmidt	29
ECOFIT, Michel Servant	31
SALT, Christian Valentin	34
Compte rendu des ateliers	
Les écosystèmes forestiers, Pierre Charles-Dominique, Jean-Pierre Pascal	37
Les hydrosystèmes continentaux, Christian Lévêque, Jean-Charles Fontes	41
Les écosystèmes littoraux, François Blasco, Jacques Lemoalle, Bernard Salvat	43
Les savanes, zones sahéliennes et déserts, Jean-Claude Menaut, Alain Perrier	46
Activités agricoles, environnement et paysages, Jean Boutrais, Jean Pichot	50
Fonctionnement des sols tropicaux, Adrien Herbillon, Christian Feller	53
Les interfaces entre écosystèmes, Yves Gillon, Bernard de Mérona	56
Questions, perspectives et conclusions, Alain Pavé, Michel Rieu	60
INTERNATIONAL	
La Catalogne, Fabyène Mansencal	67
Nouvelles de l'ambassade de France à Moscou	69
APPELS D'OFFRES	
Environnement, société, entreprises : la nouvelle donne	70
Nouvelles technologies économes en électricité spécifique pour les applications domestiques et bureautiques	72
ECOLES – FORMATIONS	
L'Ecole des mines d'Alès et l'environnement industriel	74
Ecologie et sciences sociales	77
Observation spatiale des phénomènes de surface pour les recherches en environnement	77
Pôle universitaire et scientifique européen de Grenoble	78
COLLOQUES – SÉMINAIRES	
Pollution atmosphérique à l'échelle locale et régionale	79
KIOSQUE	
	83
LES JOURNÉES 1994 DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT DU CNRS	
Environnement, recherche et société : enseignement, communication, culture, expertise	91

PROGRAMME ENVIRONNEMENT DU CNRS

1919, route de Mende, BP 5051, 34033 Montpellier Cedex

Tél. : 67 61 33 02 – Fax : 67 04 50 11

"Lettre du Programme Environnement" n° 10 – Mai 1993

Directeur de la publication : Alain Ruellan, directeur du Programme Environnement

Secrétariat de rédaction : Nicole Jean

ISSN : 1161-6431

Maquette et mise en page : Alter ego (67 57 48 38)

Impression : ITO, 34680 Saint-Georges-d'Orques

Éditorial

Alain Ruellan,
directeur du Programme Environnement du CNRS

La Lettre n° 9 (mars 1993) fut entièrement consacrée au Rapport d'activité 1991-1992 du Programme Environnement.

Voici la Lettre n° 10. Elle concerne principalement les Journées du Programme Environnement, coorganisées avec l'ORSTOM sur le thème "Fonctionnement et usages des écosystèmes intertropicaux". Après les Journées de 1990 (Strasbourg) et de 1991 (Saint-Malo) qui furent celles de la programmation, les Journées de Lyon ont été celles des comptes rendus scientifiques, concernant cette fois des régions du monde particulièrement sensibles aux problèmes d'environnement. Elles furent aussi celles de la mise en lumière des excellentes collaborations qui se développent entre l'ORSTOM et le Programme Environnement du CNRS, mais aussi avec bien d'autres organismes (voir tableau p. 63).

Merci aux Lyonnais d'avoir si bien organisé ces Journées : merci, en particulier, à Marie-José et Alain Pavé.

Les prochaines Journées sont déjà en route : Montpellier, 29, 30 et 31 mars 1994 (voir p. 91). Il s'agira pour nous, chercheurs, de réfléchir et d'échanger avec d'autres sur nos relations avec la société, dans ce domaine de l'environnement rapidement devenu pour tous les citoyens, ces dernières années, une préoccupation teintée d'angoisse, une angoisse dont les fondements ne sont pas toujours de l'ordre du rationnel.

Quant aux activités scientifiques 1993 du Programme Environnement, elles ont été clairement affichées dans le dépliant que nous avons largement diffusé en mars 1993. Rappelons-en l'essentiel.



Alain Ruellan (photo P. Audenis)

Cinq grands thèmes de recherche

Phases atmosphériques des cycles biogéochimiques

L'objectif poursuivi est d'étudier l'évolution de la composition de la troposphère sous l'effet des activités humaines : rejets de polluants ou modification des échanges entre la biosphère et l'atmosphère.

Systèmes écologiques et action de l'homme

Ce programme rassemble les recherches qui concernent :

- l'étude de la réaction de grands écosystèmes terrestres aux changements climatiques ainsi que l'évaluation du rôle de ces écosystèmes dans ces changements ;
- l'étude du cycle de l'eau et des hydrosystèmes continentaux, dont quatre grands fleuves, le Rhin, le Rhône, la Seine et la Garonne ;
- les études ayant trait aux problèmes d'environnement posés par la gestion de l'espace rural et aux relations qu'entretiennent les systèmes sociaux avec leurs milieux.

Dynamique de la biodiversité et environnement

En réponse aux engagements pris à Rio, ce programme représente la contribution nationale au programme international Diversitas. Il a pour objectif d'affirmer l'unité de la biologie et son rôle mobilisateur à l'interface des sciences de l'univers et des sciences de l'homme et de la société. Les recherches sont structurées autour de trois grands axes : perception et usages de la biodiversité ; origine, histoire et géographie de la biodiversité ; dynamique des peuplements et effets sur l'environnement.

Environnement, société et développement à long terme

Ce programme a pour but de stimuler la recherche interdisciplinaire sur l'environnement, tant au sein des sciences humaines et sociales qu'entre ces mêmes disciplines et les sciences de la nature et de la vie, dans la perspective du développement à long terme, en mettant l'accent sur la dynamique de la perception sociale des questions d'environnement et la définition puis la conduite des actions de régulation.

Méthodes, modèles et théories pour la recherche sur l'environnement

Ce programme se focalise sur le développement méthodologique, en particulier pour la modélisation mathématique et informatique dans des perspectives de recherche qui concernent : la modélisation des interactions entre systèmes naturels et sociétés humaines ; la modélisation et la gestion de l'information spatialisée ; les systèmes dynamiques et le contrôle des ressources renouvelables ; la modélisation simultanée des flux et processus bio-physico-chimiques dans les systèmes écologiques ; les problèmes d'échelle et de niveaux d'organisation dans les recherches sur l'environnement.

Quatre groupements de recherche créés

- Ecosystème polaire et anthropisation.
- Analyse et modélisation des systèmes fluviaux anthropisés.
- Développement économique, mutations techniques et environnement global.

- Agriculture et environnement : caractérisation et fonctionnement des écosystèmes humides, sous influence agricole.

Plusieurs autres GDR en cours de construction

Dans les domaines des sols et de l'écotoxicologie :

- Exo-sol : risques liés à l'apport volontaire ou accidentel des substances exogènes dans l'environnement édaphique.
- Memotox : migrations, transformations, spéciations des polluants d'origine chimique.
- Ecotoxicologie : aspects toxicologiques, du niveau moléculaire et cellulaire au niveau organismique.
- Ecotoxicologie : aspects populationnels.
- Sols et environnement : formation et dégradations des couvertures pédologiques.

Enfin, l'effort de cohérence concernant la recherche environnement du CNRS se poursuit activement. Un Comité d'orientation de la recherche environnement, placé auprès du directeur général du CNRS, vient d'être créé. Sont membres de ce comité, les directeurs des Départements et des PIR concernés. Sous la présidence de Pierre Tambourin, ce comité s'est réuni pour la première fois le 14 mai 1993. Son premier objectif est la rédaction du schéma stratégique Environnement du CNRS : il s'agit de mieux clarifier, de mieux afficher ce que sont nos priorités scientifiques et comment nous comptons y répondre (qui fait quoi et comment on se coordonne).

ACTES DES JOURNÉES
DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT DU CNRS
LYON, 13, 14 ET 15 JANVIER 1993

ÉCOSYSTÈMES INTERTROPICAUX FONCTIONNEMENT ET USAGES

Coorganisées avec l'ORSTOM
avec le soutien du ministère de l'Environnement
et du ministère de la Recherche et de l'Espace



Les écosystèmes intertropicaux – Fonctionnement et usages

Programme

MERCREDI 13 JANVIER 1993

Accueil des participants

Séance d'ouverture

Présidence : M. Claude Lévi, président du Comité de coordination de la recherche publique sur l'environnement

Le Programme Environnement, bilan et perspectives

par M. Alain Ruellan, directeur du Programme Environnement

Introduction aux débats

M. Rémy Pochat, chef du département Recherche pour le Développement, ministère de la Recherche et de l'Espace

M. Michel Petit, directeur de la Recherche et des Relations internationales, ministère de l'Environnement

Conférences inaugurales

Présidence : M. Robert Barbault

Les écosystèmes intertropicaux et les changements globaux

par M. Jacques Fontan

La biodiversité dans les systèmes intertropicaux

par M. Christian Lévêque

Déjeuner

Présentation des programmes de recherche "Ecosystèmes intertropicaux" CNRS et ORSTOM

Présidence : M. Pierre Joliot, président du comité de programme du Programme Environnement

ASP "Sciences de l'Homme et de la Société" par M. Olivier Herrenschmidt

Eau-Sol-Plante par M. Georges Vachaud

SALT par M. Christian Valentin

ECOFIT par M. Michel Servant

HAPEX-Sahel par M. Thierry Lebel

Pause

Allocution de M. Alain Ruellan, au nom de M. François Kourilsky, directeur général du CNRS

Allocution de M. Gérard Winter, directeur général de l'ORSTOM

Cocktail

Projection du film "**La Forêt tropicale de Guyane : diversité et régénération**"

de Pierre Charles-Dominique, Henri Puig, Daniel Sabatier et Alain R. Devez

JEUDI 14 JANVIER 1993

Ateliers en parallèle

Atelier 1 - **Les écosystèmes forestiers**

Organisateurs : MM. Pierre Charles-Dominique et Jean-Pierre Pascal

Atelier 2 - **Les hydrosystèmes continentaux**

Organisateurs : MM. Christian Lévêque et Jean-Charles Fontes

Atelier 3 - **Les écosystèmes littoraux**

Organisateurs : MM. François Blasco, Jacques Lemoalle et Bernard Salvat

Atelier 4 - **Les savanes, zones sahéliennes et déserts**

Organisateurs : MM. Jean-Claude Menaut et Alain Perrier

Déjeuner

Ateliers en parallèle

Atelier 5 - **Activités agricoles, environnement et paysages**

Organisateurs : MM. Jean Boutrais et Jean Pichot

Atelier 6 - **Fonctionnement des sols tropicaux**

Organisateurs : MM. Adrien Herbillon et Christian Feller

Atelier 7 - **Les interfaces entre écosystèmes**

Organisateurs : MM. Bernard de Mérona et Yves Gillon

Projection du film "**Les Pionniers de l'Amazonie**"

de Denis Ruellan, Philippe Hamelin et Elizeu Ewald

VENDREDI 15 JANVIER 1993

Synthèse des ateliers

Présidence : M. Alain Pavé

Pause

Table ronde : **Des sites ateliers, des équipements lourds, une recherche en partenariat**

Coordonnateur : M. Jacques Fontan, au nom de M. Zaher Massoud

Participants : MM. Pierre Charles-Dominique, Jean-Claude Menaut, Jean-Claude Olivry,

Bernard Salvat et Georges Vachaud

Déjeuner

Développement de la recherche française : de nouveaux thèmes, de nouvelles méthodes, de nouveaux dispositifs, une politique de recrutement

Animateurs : MM. Alain Pavé et Michel Rieu

Conclusion générale par M. Alain Ruellan

Fin des travaux

Écosystèmes intertropicaux

Fonctionnement et usages

Introduction aux débats par Rémy Pochat

Chef de département, ministère de la Recherche et de l'Espace

Tout d'abord, je souhaite remercier les organisateurs de ces journées consacrées aux écosystèmes intertropicaux qui représentent, pour le ministère de la Recherche et plus particulièrement pour mon département, une priorité de recherche.

Ces écosystèmes sont des enjeux indéniables, ils sont riches mais fragiles, ils doivent contribuer de plus en plus au développement de pays très pauvres – les pays dits du Sud.

Une meilleure connaissance de ces milieux, de leur dynamique, est indispensable pour permettre leur valorisation à moyen et long

terme. Ceci a été parfaitement illustré lors de la conférence de la CNUED qui s'est tenue à Rio en 1992.

L'ensemble du ministère se mobilise et s'organise pour inscrire des actions dans ce cadre. Le défi est bien de comprendre, modéliser, valider et utiliser ces écosystèmes pour et avec nos amis du Sud.

Plus loin que cette déclaration d'intention, nous devons bâtir des programmes scientifiques. Ces programmes seront ambitieux, une ambition d'objectifs mais aussi une démarche scientifique renouvelée, originale. P.G. de Gennes déclarait dans un entretien : "et si nous donnions de l'eau au Sahara" ; exemple provocateur, mais c'est ce type d'ambition que nous devons avoir. Des méthodes de travail renouvelées, une mise en commun entre disciplines, des grands programmes, des collaborations internationales accrues, des sites expérimentaux communs ; l'enjeu est trop grand, trop fondamental, seuls des regroupements de la communauté scientifique peuvent faire face. La tradition scientifique française a une originalité, une spécificité, il faut affirmer cette compétence.

Bien sûr, tout ne pourra être abordé et des priorités sont à déterminer. Je n'aurai pas l'audace de vous donner les priorités alors que ces journées commencent ; de nombreux thèmes et projets vont être décrits, analysés dans les heures qui viennent. Cependant, je souhaite rappeler l'importance que nous attachons aux sciences humaines, à la croissance démographique – cause ou effet de la pauvreté et de la dégradation des milieux –, à l'économie mondiale ou nationale et locale. Il faut concilier économie et environnement. De même, parfois des solutions techniques existent mais l'homme ne se les approprie pas, ainsi l'évolution est bloquée.



Michel Petit et Rémy Pochat (photo P. Audenis)

L'impact des résultats de vos recherches doit être pris en compte lors de l'élaboration des priorités. Ces impacts doivent répondre à une demande de développement. Ecouter la demande est difficile, elle est mal formulée ; nous devons nous y contraindre et traduire en termes scientifiques l'attente de nos partenaires. Pour le Sud, il n'y a pas d'issue sans un véritable partenariat scientifique ; la construction de ces communautés, le dialogue, est un préalable nécessaire à une bonne valorisation des résultats de la recherche.

L'enjeu est de taille, ce sont les conditions de vie et de santé de millions d'hommes qui dépendent d'une bonne utilisation des ressources naturelles et de leur préservation.

J'ai été surpris – ou j'ai mal lu le programme – de ne pas trouver de thèmes liés aux problèmes urbains. Il faut certes affirmer la nécessité d'une production agricole puissante, durable, indispensable à tout Etat. Dans toute société, l'espace est structuré par l'activité agricole et forestière, mais il faut aussi faire vivre les villes. La ville est un écosystème particulier, cela doit être pris en compte dans la réflexion globale.

La formation est aussi une nécessité incontournable. Nous avons besoin de chercheurs, il faut des doctorants et nous avons le devoir de disséminer notre savoir. Les jeunes sont, à mon sens, une cible privilégiée, car ce sont eux qui feront les aménagements de demain.

Enfin, je voudrais vous livrer quelques interrogations. Nous vivons dans un monde d'entreprises, quelle place ont-elles, que peut-on faire avec elles, cela doit être approfondi et mis en lumière par rapport aux préoccupations de ces journées sur les écosystèmes tropicaux. Nous vivons aussi dans un monde de communication, "l'opinion" a une très grande importance, que faisons-nous ? Je suis très préoccupé par le souci que l'on constate moins grand envers les PED et la difficulté des scientifiques à communiquer sur les grands enjeux de l'environnement.

Je pense que les hommes attendent beaucoup de la recherche pour répondre aux grandes interrogations sur notre planète. Des outils fantastiques (télétection, etc.) sont à la disposition des chercheurs – utilisez-les, proposez des actions. Nous espérons beaucoup de vos travaux et nous avons confiance en vous. ■

La recherche tropicale au ministère de l'Environnement Programme SOFT (Sols et forêts tropicaux)

Michel Petit

Directeur de la DRAEI

Le programme SOFT a été lancé en 1989 par le professeur Patrick Lavelle, chargé de mission au ministère de l'Environnement, à la demande de Brice Lalonde et avec le soutien de Jean-Claude Oppeneau, alors chef du SRETIE, pour rechercher des solutions aux problèmes de la déforestation accélérée et de la dégradation des sols en région tropicale. Le comité scientifique comprend 21 membres qui représentent les diverses institutions et administrations intéressées par la recherche tropicale, ainsi que quelques ONG. Il est présidé par le professeur François Bourlière. Le secrétariat scientifique est assuré par Patrick Lavelle et Jean-Marc Thiollay. Des liens étroits existent avec le programme ECLAT, qui s'intéresse aux changements climatiques et à leurs conséquences.

L'objectif du programme est de réunir les éléments nécessaires à une meilleure gestion de la forêt tropicale humide et des milieux anthropisés qui en dérivent.

La problématique d'ensemble repose sur l'idée qu'une utilisation efficace des milieux dérivés de la forêt primaire diminuerait la pression sur les milieux non défrichés et améliorerait la qualité de vie des habitants, conciliant ainsi la conservation des forêts et de leurs espèces avec le développement.

Il s'agit donc d'une recherche finalisée qui tente de trouver des réponses aux questions posées par les utilisateurs traditionnels du milieu. Ce sont les exploitants forestiers et les agronomes, qui ont besoin de techniques rationnelles d'exploitation des ressources offertes par la forêt ; ce sont aussi les conservateurs de la nature, préoccupés par la disparition accélérée de la biodiversité. Ce sont enfin et surtout les petits paysans et planteurs.

Le champ des recherches

Les recherches concernent quatre thèmes complémentaires : le processus de régénération de la forêt, la dégradation des sols, la conservation de la biodiversité, les échanges gazeux entre la forêt et l'atmosphère.

• **Régénération de la forêt.** L'exploitation du bois s'est traditionnellement faite de façon très destructrice pour l'environnement. Il importe maintenant de mettre au point des techniques d'exploitation qui favorisent la régénération spontanée ou artificielle de la forêt.

Les recherches visent à expliquer les mécanismes de la régénération des forêts dans les conditions naturelles, pour améliorer la régénération spontanée ou mettre au point des techniques de sylviculture.

• **Dégradation des sols liée à l'agriculture.** Les pistes ouvertes par les exploitants forestiers servent souvent de voie de pénétration pour les agriculteurs. Les pratiques traditionnelles basées sur l'agriculture itinérante sur brûlis sont actuellement responsables de plus de 60 % de la déforestation car le sol doit être abandonné, souvent après deux à trois cycles de récolte, et de nouvelles parcelles de forêt seront brûlées. Ces méthodes sont très coûteuses en main-d'œuvre et destructrices de l'environnement. Elles ne permettent pas, en outre, un véritable développement car les rendements sont faibles. De plus, dans le contexte actuel de pression démographique croissante, les temps de jachère ont tendance à se raccourcir et la dégradation des sols peut atteindre des stades difficilement réversibles.

Les recherches visent à identifier des techniques d'utilisation des sols qui soient viables à long terme et productives par la manipulation des processus biologiques naturels.

• **Conservation de la biodiversité.** Aujourd'hui, plus de la moitié des forêts tropicales ont été défrichées et converties en milieux secondaires ou cultivés. La plupart des espèces ne peuvent pas s'adapter aux perturbations induites et disparaissent. Certaines, cependant, s'adaptent, différemment suivant le type d'utilisation du milieu, la proportion relative des divers types d'usage, les types de sol, etc.

L'objectif est d'identifier des modes d'utilisation des milieux qui conservent les espèces de la forêt primaire et de comprendre les liens entre diversité biologique et fonctionnement des écosystèmes.

• **Flux atmosphériques.** Les forêts tropicales produisent de grandes quantités de gaz à effet de serre (oxydes d'azote, méthane, CO₂, etc.). Il est important de connaître ces flux dans le cadre des cycles planétaires de ces éléments et d'évaluer l'effet des divers types d'utilisation sur ces flux.

On cherche ici à évaluer l'effet du défrichement de la forêt et de la mise en culture des sols sur le dégagement de gaz à effet de serre.

Les recherches

De 1989 à 1992, trois appels d'offres de recherches ont été lancés pour répondre aux questions posées. Vingt-huit projets ont été financés pour un total de 6,2 MF.

Sept projets se déroulent en Afrique, 8 en Guyane, 6 en Amérique, 3 aux Antilles et 2 en Asie. L'essentiel des projets se concentre ainsi dans le bassin amazonien (15 projets au total entre la Guyane, le Brésil et le Pérou) ; 11 projets se déroulent en territoire français (fig. 1)

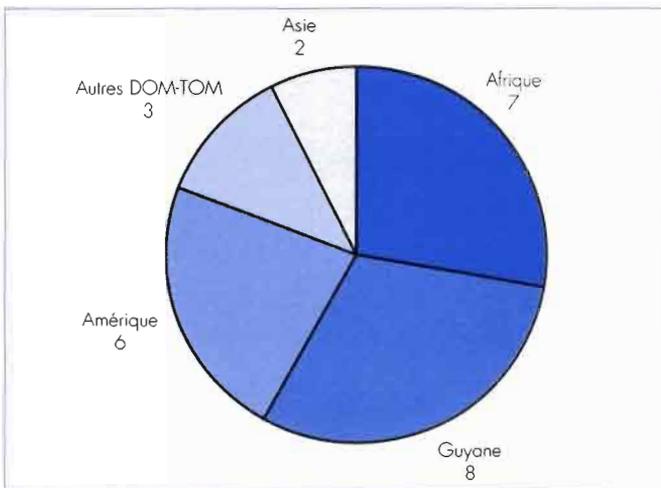


Figure 1. Implantation géographique des projets.

Un effort très grand a été fait pour associer et faire coopérer les institutions de diverse nature (recherche "appliquée" du CIRAD et de l'INRA et "fondamentale" du CNRS et des universités). De nombreux projets associent les deux volets.

Le CNRS et l'ORSTOM reçoivent chacun un tiers des financements, les universités 15 %, à égalité avec l'ensemble INRA-CIRAD (fig. 2).

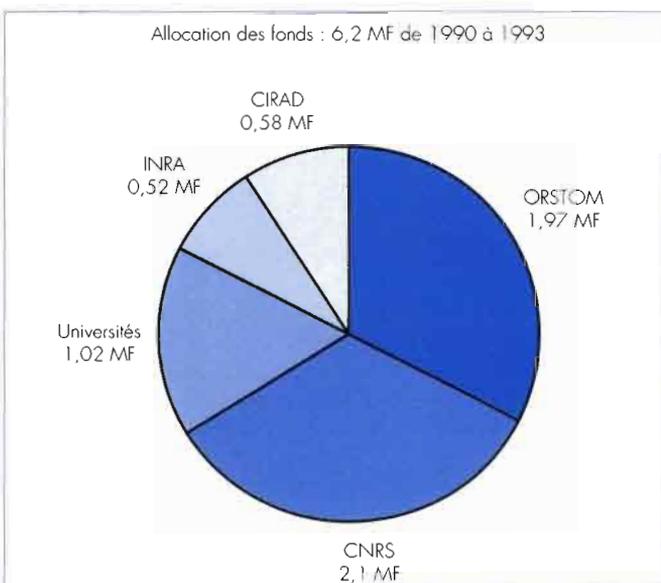


Figure 2. Répartition des fonds entre les institutions.

Premiers résultats

• **Sols** : correspondance entre la dégradation des sols et la chute de production des hévéas (Jean-Marie Eschbach, CIRAD Côte-d'Ivoire)

La chute de production des plantations d'hévéa au-delà de 20 ans s'accompagne d'un effondrement de l'activité biologique mesurée par l'abondance de la faune et l'activité microbienne. Durant 20 ans, l'énergie stockée dans le bois mort accumulé après le défrichage entretient une faune abondante de termites, puis de vers de terre qui maintiennent la fertilité des sols. Au-delà, l'activité de la faune n'est plus alimentée et la fertilité décline.

Lorsqu'on défriche la forêt tropicale, la macrofaune du sol qui participait à la conservation du sol est en grande partie détruite car elle ne s'adapte pas aux conditions microclimatiques et énergétiques difficiles d'un champ cultivé. Une grande part de la perte accélérée de fertilité des sols pourrait être due à l'absence de cette faune régulatrice.

L'introduction de vers de terre géophages sélectionnés dans des sols de cultures annuelles qui n'en ont habituellement pas entraîne une augmentation moyenne de 150 % de la production du maïs en Amazonie péruvienne (fig. 3).

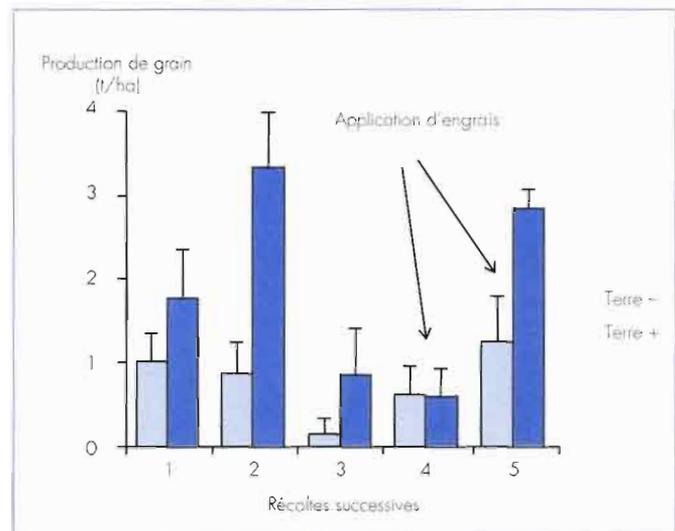


Figure 3. Effets de l'introduction de vers de terre sur la production du maïs au Pérou (Patrick Lavelle, ORSTOM Bondy).

• **Régénération de la forêt** : mortalité des arbres dans divers types d'exploitations en Guyane (F. Maître, CIRAD-Forêt, H. Puig, Université Paris VI).

On mesure ici l'effet sur la mortalité des arbres d'une technique d'exploitation intensive : coupe des arbres de valeur commerciale + coupe des autres arbres de grand diamètre pour divers usages secondaire. L'avantage de cette technique est de ne pas sélectionner les arbres sans valeur commerciale par la coupe sélective (fig 4).

La mortalité est multipliée par trois après deux ans et il faudra une dizaine d'années pour revenir au niveau témoin.

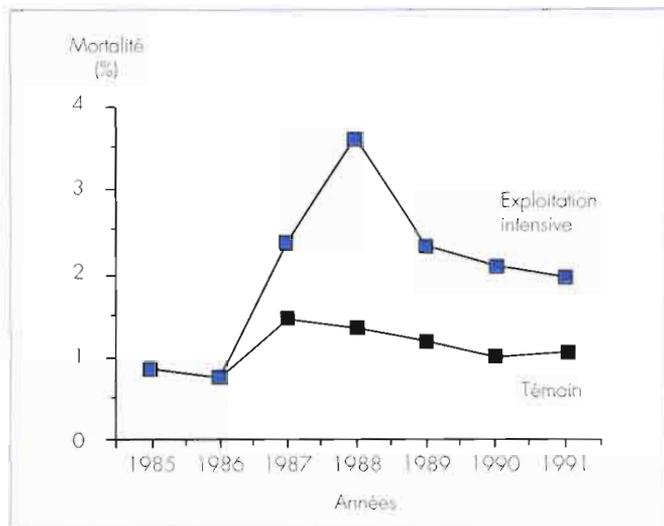


Figure 4. Effets de l'exploitation intensive sur la mortalité des arbres (F. Maître, CIRAD-Forêt, H. Puig, Université Paris VI).

- *Capacité des systèmes agroforestiers à conserver la biodiversité* (H. de Foresta, ORSTOM Indonésie, J.M. Thiollay, CNRS Paris).
Les divers systèmes d'utilisation de la forêt n'affectent pas de la même façon la biodiversité. Les systèmes agroforestiers qui tentent de reconstituer un système mimant l'architecture et le microclimat forestiers paraissent les mieux indiqués pour conserver les espèces forestières (fig. 5).

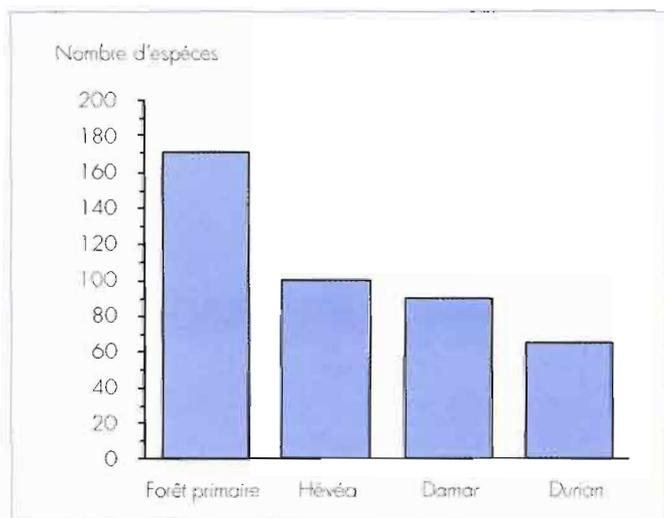


Figure 5. Conservation de la biodiversité des oiseaux dans les agroforêts d'Indonésie (H. de Foresta, ORSTOM Indonésie).

Une proportion significative des espèces de la forêt primaire (30 à 50 %) est effectivement conservée ; les plantations d'hévéa préservent mieux la biodiversité que les autres systèmes.

- *Flux atmosphériques : production de méthane par les termitières en Afrique* (Corinne Rouland, Université Paris XII).

Un article très controversé est paru dans *Science* en 1987, rendant les termites responsables d'une très large

proportion de la production du méthane atmosphérique (plus de 50 %). L'approche très superficielle demandait à être vérifiée (fig. 6).

Les termites produisent effectivement des quantités significatives de méthane qui sont libérées directement dans l'atmosphère (pas de mécanismes de piégeage dans la termitière). Les productions varient cependant fortement avec le régime alimentaire des termites. Il faut donc, en catégories trophiques, connaître la structure des peuplements pour faire des estimations valables de la production globale.

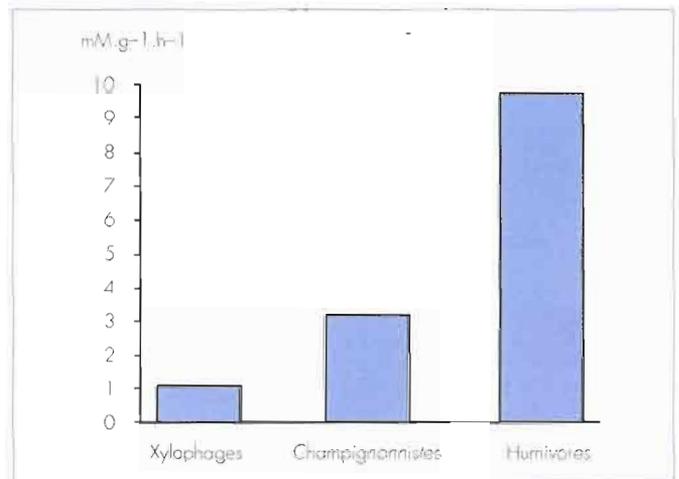


Figure 6. Production de méthane par les termites (C. Rouland, Université Paris XII, R. Delmas, Université Toulouse).

- *Extractivisme en Amazonie brésilienne* (J.P. Lescure, ORSTOM Manaus).

L'objectif est d'établir les bases scientifiques d'une exploitation rationnelle des ressources naturelles exploitables dans la forêt. Des données ont été collectées sur la démographie, la distribution et l'impact de l'exploitation de la noix du Brésil, du bois de rose, et de divers palmiers utilisés pour la fibre et les fruits.

Perspectives générales

Les résultats obtenus seront présentés lors d'un séminaire international de synthèse qui sera organisé fin 1993 ; il comprendra trois ateliers sur les thèmes sols, régénération, biodiversité, et un atelier de prospective pour définir de nouveaux axes de recherche.

Participation aux réseaux européens : le programme SOFT est représenté dans le réseau de l'European Science Foundation (ESF) sur la biodiversité dans les forêts tropicales et le réseau forestier tropical de la CEE.

Le comité SOFT concourt à la recherche d'informations sur les grands programmes en cours de lancement : Global Environment Facility (PNUD) et Alternatives to Slash-and-Burn Agriculture (Banque Mondiale) notamment. Ce sont des programmes richement dotés auxquels les institutions françaises, petites ou grandes, se doivent de participer. ■

Écosystèmes intertropicaux

Fonctionnement et usages

Allocution de Gérard Winter
Directeur de l'ORSTOM

Les écosystèmes tropicaux ont la réputation d'être de bons modèles pour les recherches écologiques. Ils sont généralement beaucoup plus riches en espèces que les systèmes tempérés, et certains milieux sont encore peu perturbés par les activités humaines. Mais c'est également en zone intertropicale que l'on peut observer actuellement une dégradation rapide du milieu naturel, liée le plus souvent à la croissance démographique et tantôt aux efforts du développement économique, tantôt aux besoins de survie immédiats.

Les scientifiques ont joué un rôle important pour faire prendre conscience que le développement et les activités humaines ont des conséquences parfois dramatiques sur l'évolution de l'environnement. Ils ont très tôt attiré l'attention sur les dangers potentiels que ces modifications font courir à nos sociétés. Mais pour que les conclusions des scientifiques soient suivies d'effet, il faut qu'à tous les niveaux de la société on en soit informé, et surtout que l'on soit convaincu du bien-fondé de préserver, pas forcément en l'état, cet environnement. Si la conférence de Rio a pu se tenir, c'est bien parce que des groupes de pression ont sensibilisé les responsables politiques et les ont amenés à modifier leur discours. Cette conférence a très bien mis en évidence que le débat sur l'environnement était fortement animé par des groupes de pression relevant des champs du moral, du politique et du religieux. Cette "demande sociale" est l'expression subjective, parfois irrationnelle, mais de moins en moins, de la longue histoire des rapports que l'homme entretient avec la nature. Les causes profondes de cette attitude sont diverses, et probablement associées à différentes formes de culture. Mais l'analyse de ces comportements, qui permettrait d'en mieux cerner les motivations, relève d'une démarche scientifique.

Les différentes civilisations et cultures ont chacune engendré des systèmes de perception et de représentation de l'environnement et du milieu vivant, et par conséquent des modes de gestion du milieu et des res-



Gérard Winter et Agnès Jacquesy (à droite, Agnès)

sources. Il a pu ainsi se créer dans certaines sociétés une idéologie ou une mystique de la nature, pouvant aller jusqu'à une reconstruction de l'environnement sous la forme de paysages qui traduisent l'adaptation de l'environnement aux besoins et aux valeurs de ces sociétés. Le paysage est ainsi une combinaison d'éléments naturels et anthropiques qui intègre à la fois l'empreinte d'une origine, les marques d'une histoire des peuplements humains, et les stigmates des mutations en cours.

L'usage des écosystèmes fait donc référence à tout un système

de valeurs sociales et morales. Si les écologistes ont une compétence évidente pour l'étude du monde vivant et de la dynamique de ces écosystèmes, c'est par contre auprès des sciences de l'homme et de la société qu'il faut rechercher les clés des modes de comportement vis-à-vis de la nature. Pour qu'une société respecte son environnement, il faut que celui-ci fasse partie de son système de références. C'est pourquoi l'environnement est réellement l'affaire de tous, et des solutions pour un meilleur équilibre entre environnement et développement doivent être nécessairement trouvées par une approche associant les sciences de la nature et les sciences de l'homme. Il ne s'agit en aucun cas de privilégier l'une ou l'autre approche, mais d'affirmer que des solutions ne pourront être trouvées que par une recherche conjointe.

La conférence de Rio et le défi environnement-développement

La conférence de Rio s'est appliquée à démontrer qu'environnement, d'une part, et développement et lutte contre la pauvreté, d'autre part, étaient en réalité les deux faces d'une même médaille. Le développement concerne le Nord car l'environnement le concerne. Il s'agit là d'un pas considérable par rapport à la conférence de Stockholm en 1972. La solution à beaucoup de problèmes d'environnement réside

essentiellement dans les choix économiques et politiques. La notion d'éco-développement (ou développement durable) n'est pas neutre politiquement. Elle exige implicitement un approfondissement des pratiques de démocratie participative, du niveau local, au Nord comme au Sud, jusqu'au niveau international.

La conférence de Rio a également été l'occasion de rappeler que certains problèmes écologiques ont une dimension planétaire, et que les pays du Nord ont une part non négligeable dans la détérioration de l'environnement. Ils contribuent d'ailleurs directement ou indirectement à la détérioration des milieux naturels et de la biodiversité dans les pays du Sud. L'exploitation du bois est l'exemple le plus médiatisé, mais pas le seul. Les pays du Nord doivent accepter d'en payer le prix ici et là-bas pour rompre le cercle vicieux pauvreté-dégradation de l'environnement là-bas, surconsommation-dégradation de l'environnement ici.

L'ORSTOM : une vocation de recherches en milieu tropical

La connaissance des milieux naturels de la zone intertropicale, et des relations que les sociétés entretiennent avec leur environnement, qu'il s'agisse de l'utilisation de l'espace ou de l'exploitation des ressources naturelles, a toujours été une des préoccupations majeures de l'ORSTOM. Les longues séries de données qui ont été recueillies, la connaissance approfondie du fonctionnement et de l'évolution de certains systèmes naturels sous l'effet des facteurs climatiques ou anthropiques, et surtout une longue expérience de recherche en coopération, expliquent que l'ORSTOM soit devenu au fil des années un partenaire scientifique privilégié de nombreux pays du Sud, tout en participant activement à la mise en place et à la réalisation de grands programmes internationaux en zone intertropicale.

Les missions de l'ORSTOM, son expérience du milieu tropical, son identité scientifique l'ont également préparé à adhérer très rapidement au concept d'éco-développement, ou développement durable, qui a été largement popularisé par la publication du rapport Bruntland en 1987. Ce concept mérite d'être précisé et réhabilité. Il est au centre des préoccupations dans les rapports environnement-développement. Il implique que le développement réponde aux besoins actuels, sans compromettre ceux des générations futures. Cette notion suscite une double interrogation : comment la mettre utilement en application ? Jusqu'à quel point et comment poursuivre le développement sans mettre en danger l'équilibre homme-nature ?

Des priorités thématiques

L'ORSTOM ne peut bien entendu prétendre aborder l'ensemble des problèmes posés par l'exigence désormais mieux reconnue d'un développement durable. En fonction de son expérience et des compétences qu'il a pu développer, ses activités se sont donc structurées autour de quelques grands thèmes fédérateurs qui

correspondent généralement à des préoccupations affichées au plan international, mais qui sont également largement issues des demandes exprimées par des partenaires du Sud. On peut les répertorier comme suit :

- le climat, dans ses dimensions planétaires et ses conséquences régionales ;
- la diversité biologique, qui constitue pour beaucoup de pays une richesse à valoriser et à protéger ;
- les écosystèmes aménagés, leurs interfaces et l'exploitation des ressources, dans une perspective de gestion intégrée à long terme, impliquant la réhabilitation du quadriptyque : eaux-sols-plantes-systèmes de reproduction ;
- les implications des mouvements de population sur la trilogie développement-environnement-santé ;
- les milieux urbains et périurbains.

Une volonté d'ouverture et de collaboration

La compréhension du fonctionnement des écosystèmes tropicaux et la délimitation de nouveaux modèles de développement nécessitent le rapprochement de nombreuses disciplines scientifiques. Or les compétences sont souvent éparses et peu nombreuses. Pour constituer des masses critiques, il faut transcender les clivages disciplinaires et institutionnels, et les habitudes de travail. Chacun le reconnaît désormais, sans toujours savoir comment s'y prendre concrètement.

Chaque institut a besoin d'organiser sa réflexion, et de dégager les grandes lignes de son action dans le cadre des missions qui lui ont été confiées. L'un des moyens pour cela est de mettre en place des actions incitatives pour recenser et sensibiliser des équipes à de nouvelles problématiques jugées porteuses. C'est ainsi qu'avec le concours de collègues d'autres instituts nous avons par exemple mis en place l'action incitative DURR (Dynamique et usage des ressources renouvelables).

Mais l'ORSTOM, depuis plusieurs années déjà, a encouragé une politique d'ouverture vers la communauté scientifique nationale et internationale. Dans le domaine de l'environnement, cette politique se concrétise actuellement par une participation active à des programmes interorganismes. Certains vous ont été présentés cet après-midi : ASP Sciences de l'Homme et de la Société, programme Eau-sol-plante, programmes SALT, ECOFIT, HAPEX-Sahel.

Il faut également mentionner le programme "Facteurs de l'environnement et structure des peuplements ichtyologiques", le Programme sur l'environnement de la géosphère intertropicale (PEGI)...

Une mention particulière sur une nouvelle forme de coopération interorganismes doit être faite : le GIP Hydrosystèmes, dont le champ de compétence s'étend également au milieu tropical, et qui a inscrit dans ses objectifs différentes préoccupations que nous avons évoquées aujourd'hui.

Beaucoup de ces programmes sont réalisés en collaboration, de manière privilégiée avec le CNRS, que ce soit dans le cadre du Programme Environnement ou de l'INSU.

L'ORSTOM souhaite poursuivre, voire intensifier cette collaboration, fructueuse à beaucoup de points de vue, mais sur des thématiques ou des programmes bien identifiés. J'en mentionnerai trois en particulier, que nous pourrions mettre en place dans un avenir proche, si les équipes concernées font des propositions concrètes.

- Une collaboration ancienne entre l'ORSTOM et le CEFE Louis Emberger (CNRS Montpellier) aboutit actuellement à une proposition de deux programmes qui touchent à l'environnement et à la réhabilitation de zones dégradées d'Afrique.

- Le premier programme concerne la réhabilitation des terres dégradées au nord du Sahara, avec l'utilisation de légumineuses pérennes et de micro-organismes associés pour l'établissement de formations pluristrates (Tunisie et Sénégal).

- Le second programme concerne les conséquences du raccourcissement du temps de jachère en Afrique tropicale. Ce programme "Jachère", qui est un programme fédérateur, dans une perspective de développement durable, concerne à la fois des zones de végétation naturelle et des zones cultivées. Il est actuellement soutenu par l'action incitative DURR de l'ORSTOM en attendant des financements internationaux.

Des discussions sont en cours afin de formaliser ces collaborations CNRS-ORSTOM dans le cadre d'un groupement de recherches qui pourrait s'intituler "Écologie et réhabilitation des écosystèmes en zones aride et semi-aride".

- La deuxième initiative stratégique de l'ORSTOM s'intitule provisoirement ORAGE (ORstom – Anthropisation et Gestion des Ecosystèmes)

Il s'agit du projet de création d'un laboratoire de l'ORSTOM à Orléans, pour la recherche sur "l'homme et l'environnement" en zone intertropicale. Autrement dit sur les interactions entre milieux et sociétés.

Le laboratoire ORAGE sera un lieu de recherche et de formation largement ouvert à l'ensemble de la communauté nationale et internationale, un laboratoire partagé avec le Sud. Les recherches qu'il se propose de poursuivre comportent trois caractéristiques essentielles :

- Des recherches sur les interactions entre sociétés humaines et écosystèmes, abordées aux échelles moyennes (ni globales, ni trop locales). Il s'agit de privilégier le couplage entre des diagnostics sur les ressources naturelles et des diagnostics sur les sociétés tenant compte des représentations culturelles de l'environnement, dans le but de répondre à une demande sociale en matière d'aménagement. "Ces aménagements sont vus sous un angle d'objectivité, c'est le paysage, et sous un angle de subjectivité, c'est la perception culturelle".

- Des recherches interdisciplinaires menées par des chercheurs en sciences sociales, en sciences naturelles et en sciences de la représentation des connaissances.

- Des recherches conduites en partenariat avec les institutions scientifiques du Nord et du Sud, et avec l'Université. Le laboratoire servira de laboratoire d'accueil à un DEA nouveau intitulé "Environnement et sociétés". Ce laboratoire sera largement ouvert vers

l'extérieur dans le cadre d'un GDR. Et j'appelle les différents organismes concernés, maintenant que les contours du projet sont bien définis, à étudier avec nous la faisabilité de ce GDR.

- Le troisième engagement de l'ORSTOM concerne la biodiversité.

Cette thématique intéresse tout particulièrement l'ORSTOM par ses perspectives scientifiques, économiques et sociales. Elle constitue un des enjeux importants des relations Nord-Sud.

Les recherches sur la biodiversité doivent nécessairement faire l'objet d'une coopération nationale, mais également européenne et internationale. L'ORSTOM est donc tout à fait favorable à la mise en place d'un Programme national biodiversité (PNB comme sigle symbolique ?) et entend y jouer un rôle très actif.

Je ferai dans ce domaine la suggestion que les organismes scientifiques français et si possible européens envisagent rapidement la mise en place de "zones ateliers" en milieu tropical, afin de mieux structurer et coordonner leurs actions sur le plan scientifique et logistique. Une de ces zones, comme cela a été souligné à diverses reprises, pourrait être la Guyane qui présente l'avantage d'être un territoire français où des recherches ont déjà été réalisées de longue date par plusieurs instituts, et dont les écosystèmes naturels, très proches des systèmes amazoniens, sont encore peu perturbés.

L'autre chantier pourrait être le bassin du Congo, sachant que l'ORSTOM étudie actuellement avec ses partenaires congolais la transformation du centre ORSTOM de Brazzaville en un polycentre à vocation régionale, pour l'étude de l'environnement en zone forestière humide. Un groupe de travail associant le CIRAD, l'INRA, l'ORSTOM a déjà engagé la réflexion sur les programmes qui pourraient être réalisés. Ce groupe est bien entendu ouvert à tous ceux qui souhaiteraient y participer.

Que ce soit en Guyane ou au Congo, il faudrait associer très étroitement les recherches sur les milieux forestiers à celles sur les milieux aquatiques. Ces écosystèmes sont en effet étroitement imbriqués et leur fonctionnement est également affecté par les activités anthropiques.

Ces propositions ne sont bien entendu pas limitatives. En particulier, d'autres zones ateliers sont envisageables dans d'autres types de milieu, en particulier le milieu marin côtier et littoral, mais également en zone de savane (delta central du Niger, par exemple) ou sur d'autres continents comme l'Asie ou l'Océanie.

- Deux propositions complémentaires.

Pour accompagner, je dirais pour encadrer en aval et en amont, les propositions de collaboration que je viens d'évoquer concernant l'écologie et la réhabilitation des écosystèmes en zone aride, le projet ORAGE, les zones ateliers d'un Programme national biodiversité, il me paraît utile de proposer deux initiatives supplémentaires :

- Première initiative (celle en aval) : la mise en place d'un groupe de réflexion sur la prise en compte de la dimension environnement dans les projets de développement.

Il s'agit, à partir du discours politique sur l'environnement, de rechercher dans l'action les moyens et les modes d'application des connaissances. Si le concept d'écodéveloppement est une préoccupation majeure des discussions internationales, sa mise en application pratique, condition de sa crédibilité scientifique, ne va pas sans difficultés. Quelles techniques mettre en œuvre ? Et par conséquent quelles méthodes adopter ? Et par conséquent quelles politiques promouvoir ? La communauté scientifique française ne peut rester absente de ce débat ni des actions à mener, qui nécessitent une étroite coopération avec les partenaires concernés, mais également avec les ONG, les agences internationales de développement, et les entreprises. ORAGE répond en partie, mais en partie seulement, à cette préoccupation.

Les opérateurs du développement font appel aux réflexions, aux méthodes, aux compétences et au savoir-faire des chercheurs. Leur expertise engagée est fortement sollicitée.

– Seconde initiative (celle en amont) : développer les outils de demain. J'entends par là anticiper sur les développements méthodologiques et techniques, et participer activement à la création et à la mise en place de nouveaux outils. Les recherches sur les écosystèmes et leur utilisation, voire leur gestion, doivent pouvoir s'appuyer sur la télédétection, les SIG, la modélisation. Les banques de connaissance, les systèmes d'aide à la détermination ou à la décision sont autant de domaines dans lesquels l'effort doit être poursuivi afin de mettre à disposition des outils opérationnels. Si l'on parle souvent de gestion intégrée des systèmes, les outils en sont encore rudimentaires. Ce développement méthodologique, rendu possible par les nouveaux outils techniques, doit bien entendu venir en appui à la réflexion conceptuelle, et il faut ici comme ailleurs éviter la fascination de l'outil.

Cette réflexion sur les outils et les stratégies est menée par diverses équipes et sera au centre du projet ORAGE, mais j'aimerais saluer ici la qualité des travaux réalisés au sein du groupe "Méthodes, modèles et théories" du Programme Environnement. C'est par la conceptualisation et la mise à disposition de méthodologies adaptées que la recherche en environnement pourra continuer à progresser. Il est important de rappeler cette évidence dans un contexte où les scientifiques sont plus souvent sollicités pour des expertises que pour des recherches théoriques.

Une recherche avec des partenaires du Sud

Cependant, et il faut insister finalement et très vigoureusement sur ce point, une recherche sur les écosystèmes tropicaux et leurs usages ne peut se concevoir sans une forte participation des partenaires du Sud aux programmes qui seront proposés.

L'ORSTOM a développé un partenariat avec les institutions scientifiques des pays de la zone intertropicale. Il a également passé des accords et engagé des collaborations avec des instituts français et

européens. Ce double partenariat, associé à une présence effective et durable de l'ORSTOM dans différents continents, constitue non seulement une situation particulièrement favorable à l'établissement de collaborations scientifiques entre le Nord et le Sud, mais facilite également un dialogue Sud-Sud. La formation à la recherche par la recherche est une des grandes préoccupations de l'ORSTOM, qui consacre beaucoup de moyens à l'accueil et à l'encadrement scientifique de chercheurs des pays tropicaux.

Dans nombre de pays, des partenaires motivés et compétents existent. Il est nécessaire de poursuivre la formation de nouveaux scientifiques. Il est également nécessaire, et là tout reste à faire ou presque, de mettre en place avec nos partenaires des observatoires de la biodiversité et de l'environnement pour assurer le suivi à long terme des écosystèmes.

Chacun connaît les difficultés auxquelles les scientifiques du Sud sont trop souvent confrontés pour mener à bien des recherches dans leurs pays : manque de moyens, difficulté d'accès à l'information et à la formation, etc. Chacun sait également que les recherches sur les écosystèmes et l'environnement n'ont pas été jusqu'ici une priorité dans de nombreux pays tropicaux.

Afin de tenter de remédier en partie à cette situation, le projet AIRE développement (Agence pour l'investissement dans la recherche à l'étranger), né historiquement du projet FIRA (Fondation internationale pour la recherche en Afrique) et adopté par le Comité national de coordination de la recherche pour le développement, vise à apporter un appui aux communautés scientifiques du tiers monde. Ce projet a un double objectif : aider à la structuration et à la consolidation des communautés scientifiques du tiers monde ; aider au transfert des résultats de la recherche vers le développement des pays du Sud.

Les organismes scientifiques français viennent d'être officiellement invités à s'associer dans un Groupement d'intérêt scientifique pour garantir la crédibilité scientifique de ce projet.

Conclusion

Ces journées du Programme Environnement sur les Écosystèmes intertropicaux, préparées conjointement par le CNRS et l'ORSTOM, me paraissent un excellent révélateur de toutes les dimensions scientifiques, sociales et politiques que je viens d'évoquer.

Elles ont aussi le grand mérite à mes yeux de délimiter des actions conjointes, les unes déjà en cours, d'autres prêtes à être lancées, donnant corps à ces ambitions.

Elles nous permettent à chacun, à chaque équipe ou laboratoire, à chaque organisme, de sortir de nous-mêmes pour partager ce que nous avons de meilleur.

Partage entre nous, partage avec les organisations responsables de l'aménagement de l'environnement, partage surtout avec nos partenaires du Sud sans qui rien ne pourra se faire de durable. ■

Les régions intertropicales continentales et les changements globaux

Jacques Fontan

Depuis plusieurs décennies, des scientifiques ont montré que les activités humaines affectaient les grands cycles énergétiques et chimiques de la terre. Le problème n'est pas fondamentalement nouveau, dans la mesure où l'on sait que l'apparition de la vie végétale a contribué, avec la photosynthèse, à la formation de notre atmosphère, que la vie animale et humaine a agi lentement au cours des temps en modifiant la couverture végétale. Ce qui prend aujourd'hui une autre dimension, c'est le changement d'échelles de temps et d'espace des perturbations, qui proviennent essentiellement d'une accélération dans l'utilisation des ressources naturelles dont la consommation a été multipliée par dix durant les deux cents dernières années et par deux depuis vingt-cinq ans. Ce sont principalement les rejets de gaz carbonique dus à la combustion du carbone fossile qui ont révélé ce changement d'échelles et qui ont fait l'objet de travaux depuis une trentaine d'années.

Au début des années 1980, sous l'impulsion de l'Académie des sciences des Etats-Unis et des scientifiques spécialistes des sciences de l'atmosphère et du climat, l'étude de la planète, abordée de façon interdisciplinaire et dans sa globalité, en prenant en compte l'influence de l'homme, est devenue une priorité pour la recherche. Les industriels ont aussi pris conscience, avec par exemple les problèmes de pollution de la stratosphère par les avions supersoniques (S.S.T. et Concorde) puis avec les chlorofluorocarbones, les pluies acides, que le développement technologique pouvait avoir des effets sur l'environnement, non seulement à l'échelle locale ou régionale, mais aussi globale. Les conséquences économiques d'un choix technologique, dont on s'aperçoit trop tard qu'il a des répercussions néfastes sur l'environnement, peuvent être considérables.

Les pays industrialisés, localisés principalement dans les moyennes latitudes de l'hémisphère Nord, sont responsables des plus importantes atteintes à l'environnement global. Ils consomment 75 % de l'énergie mondiale. Le rapport de la consommation par habitant dans les pays développés et dans les pays en développement est en moyenne de l'ordre de dix. Les pays en voie de développement, dont nombre d'entre eux sont situés dans les régions intertropicales, sont toutefois, eux aussi,



Jacques Fontan (photo P. Audenis)

aujourd'hui mis en cause avec le processus de déforestation, l'augmentation de la population mondiale, dont on prévoit le doublement pour l'ensemble du globe dans les cinquante prochaines années, 90 % de cette augmentation devant se faire dans les pays en développement.

La notion de changement global n'a pas toujours la même signification selon les disciplines. Nous dirons qu'il y a changement global lorsqu'une ou des pollutions ou encore des actions locales ou régionales, en général répétées sur une partie (ou l'ensemble) du globe, ont des répercussions sur

l'ensemble de la planète

Le développement "non durable" des pays intertropicaux risque d'entraîner des "pressions" sur les écosystèmes de ces régions et, à moyen ou long terme, des répercussions au niveau global : ainsi en est-il de la déforestation, comme nous venons de le dire, surtout localisée dans les régions intertropicales. Le cycle du carbone à l'échelle locale est modifié, avec rejet de gaz carbonique et répercussion sur le bilan radiatif de l'atmosphère ; le cycle hydrologique est aussi profondément perturbé.

Réciproquement, un changement affectant l'ensemble de la planète, par exemple le réchauffement climatique, va avoir des répercussions sur les écosystèmes et les sociétés humaines, à l'échelle locale et régionale. L'étude de ces perturbations est aussi classée dans les changements globaux.

Les régions intertropicales

Elles sont situées entre les tropiques du cancer et du capricorne. On y trouve les régions les plus chaudes, les plus arrosées, les plus sèches de la planète. Les principaux écosystèmes sont la forêt tropicale humide, les savanes arborées et forêts claires, les savanes et steppes arbustives (fig. 1). La forte croissance démographique dans cette partie du globe risque de se traduire par une pression sur les grands mais fragiles écosystèmes de ces régions, avec modification des cycles biogéochimiques, puis action sur l'atmosphère. Le problème posé est celui d'un développement durable avec amélioration du niveau de vie des populations en croissance démographique, sans sacrifier l'environnement local, régional et global.

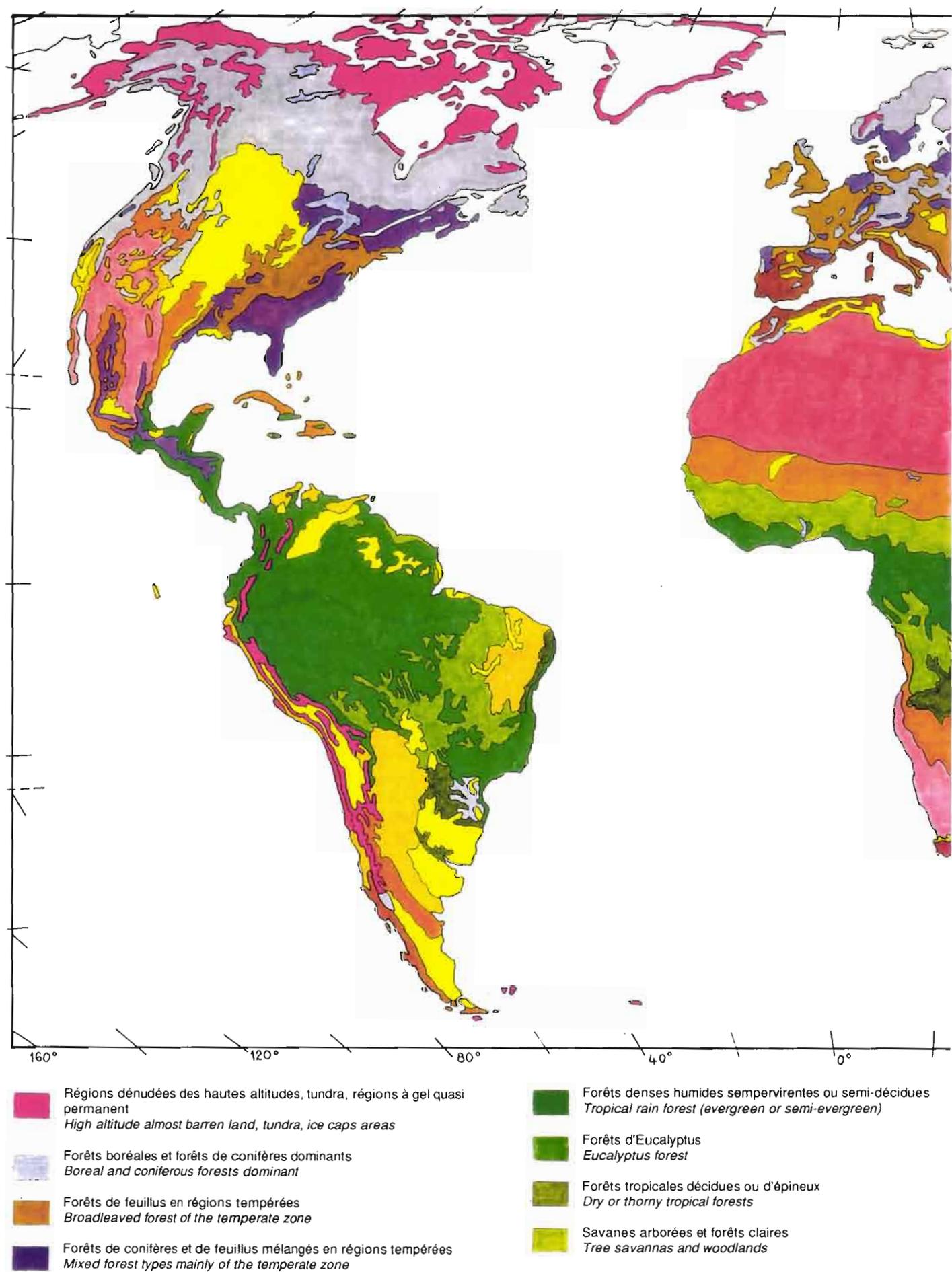
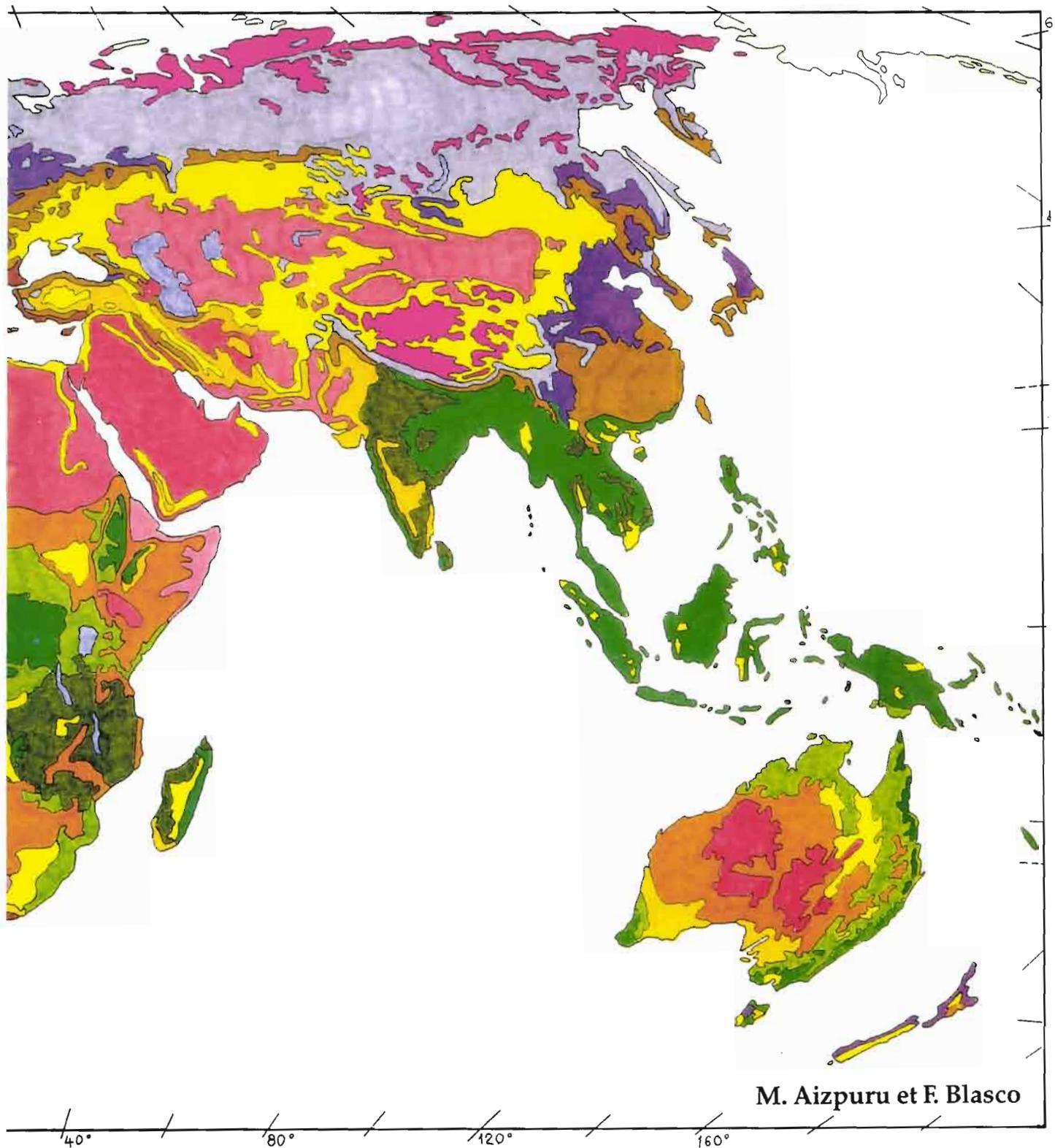


Figure 1. Les différentes végétations du globe (d'après M. Aizpuru et F. Blasco).



- | | | | |
|--|---|---|--|
|  | Types forestiers méditerranéens sempervirents
<i>Evergreen mediterranean forests types</i> |  | Savanes et steppes arbustives
<i>Scrub savannas and scrub steppes</i> |
|  | Fourrés secs, fourrés d'épineux et forêts claires
<i>Dry thickets, thorny thickets and dry woodlands</i> |  | Régions arides et désertiques
<i>Arid, desertic regions with local halophytes</i> |
|  | Formations essentiellement herbacées non différenciées (types steppiques, savanes, prairies, llanos, pampas, Patagonie etc...)
<i>Undifferentiated mainly grassy types (steppic types, grass savannas, prairies, llanos, pampas, Patagonia etc...)</i> |  | Lacs
<i>Lakes</i> |

La déforestation et les changements globaux

Les forêts tropicales humides occupent une surface de l'ordre de 10 à 15 millions de km². Ce chiffre correspond à environ la moitié de la superficie recouverte par les forêts à l'échelle du globe. Actuellement, 200 000 km² environ de ces forêts disparaissent chaque année avec, en superficie, d'après la FAO (1991), un taux annuel de disparition de 1,7 %, 0,9 % et 1,4 % respectivement pour l'Afrique, l'Amérique et l'Asie, ceci pour la période 1981-1990. Le Brésil conteste le taux pour l'Amérique et l'INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) donne pour la période 1978-1989 un taux de déforestation de 0,54 % après analyse de près de 500 images Landsat de l'Amazonie brésilienne.

Ces chiffres des surfaces déforestées sont ainsi variables en fonction des auteurs. Depuis la fin du XIX^e siècle, la superficie de la forêt aurait diminué de l'ordre de 60 %.

Les changements locaux qui résultent de la déforestation et qui peuvent avoir ou qui ont des répercussions sur l'ensemble de la planète sont principalement :

- des modifications du cycle du carbone et de l'azote ;
- des modifications du bilan énergétique et du cycle de l'eau.

● Déforestation et émission de gaz carbonique

La biomasse aérienne est en général brûlée et nous verrons plus loin les émissions de constituants qui en résultent. La partie non brûlée est décomposée. La mise en culture ou en pâturage des surfaces déforestées se traduit par un déstockage partiel du carbone contenu dans le sol. L'équilibre entre la décomposition de la matière organique par des micro-organismes et des bactéries et l'alimentation par le renouvellement de la végétation aérienne est rompu au détriment du stock de carbone des sols. Dans les régions dont le relief est accidenté, la déforestation se traduit aussi par une augmentation de l'érosion et le transport vers les fleuves et la mer du carbone des sols.

Le stock de carbone dans la partie aérienne et les sols des forêts est variable et difficile à estimer à l'échelle de la planète (fig. 2). La fraction rejetée dans l'atmosphère, sous forme de gaz carbonique, à la suite de la déforesta-

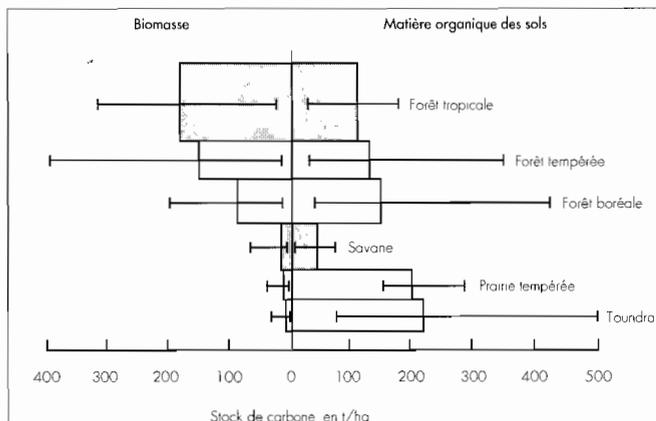


Figure 2. Comparaison des stocks de carbone dans l'air et les sols (incluant la litière) pour différents écosystèmes (d'après Anderson).

tion l'est aussi. Elle dépend de l'utilisation des sols après la suppression de la forêt. Pour la partie sol (nous verrons plus loin le cas de la biomasse aérienne), les estimations des pertes annuelles varient, suivant les auteurs, entre 0,8 (d'après Schlesinger, 1984) et 4,6 gigatonnes (selon Buringh, 1984), pour l'ensemble des sols de la planète, mais c'est dans les régions intertropicales que se produit essentiellement la déforestation. L'IPCC (International Panel on Climatic Change) a estimé que la déforestation dans les tropiques conduit à une émission totale de $1,6 \pm 1,0$ Gt par an de carbone dans l'atmosphère. On peut se rendre compte de la grande dispersion dans les différentes estimations et de l'incertitude autour de la valeur la plus probable donnée par l'IPCC, qui est liée à la difficulté d'obtenir les surfaces déforestées et la biomasse brûlée ou décomposée.

Il faut bien sûr comparer ces chiffres aux émissions de gaz carbonique provenant de la combustion des fiouls fossiles, qui est de 5,7 Gt par an, mais aussi au stock total de carbone de la biosphère continentale, qui est d'environ 2 000 Gt, dont les trois quarts se trouvent dans

Les mécanismes des changements globaux

La biosphère est un ensemble complexe et les changements globaux peuvent résulter de mécanismes différents et variés. Le mécanisme le plus courant est la modification des cycles biogéochimiques, entraînant une évolution de la composition de l'atmosphère, qui par effet de serre, mais aussi action agressive sur la biosphère, etc., a des répercussions à l'échelle globale. Les modifications climatiques agissent en retour sur la dynamique de la biosphère, le niveau des océans, etc.

L'atmosphère joue ainsi un rôle clé dans les changements globaux et on comprend qu'à l'origine du programme "Global Change" ou "PIGB" il y ait des "atmosphéristes".

Les cycles des éléments C, N, S ont une phase atmosphérique dont la perturbation peut entraîner un changement global. De nombreux éléments comme le phosphore, le potassium, le magnésium n'existent pas dans l'atmosphère sous forme gazeuse. Ils n'ont pas de composés volatils, tout au moins en concentration pouvant avoir une action. Ils sont toutefois véhiculés, sous forme de particules par suite de l'érosion, sur les continents, les océans, mais aussi par les combustions.

L'eau et la matière vivante sont les vecteurs les plus importants pour le cycle de ces éléments. Les perturbations locales ou régionales qui se traduisent, par exemple avec le phosphore, par l'eutrophisation des hydrosystèmes continentaux n'ont pas de répercussions aussi sensibles ou rapides à l'échelle globale. Toutefois, la modification de ces cycles, par exemple dans le cas d'une agriculture trop intensive, peut se traduire par un appauvrissement des sols, d'où une action sur la végétation, les autres cycles, en particulier du carbone, et une action globale.

les sols. On peut donc considérer, en prenant la valeur la plus probable de l'IPCC, qu'environ 20 % des rejets actuels de gaz carbonique dans l'atmosphère proviennent de la déforestation, ce qui correspond à 0,08 % du stock de carbone de la biosphère continentale, qui n'est donc encore que faiblement affectée par ce phénomène.

Cette estimation demande à être précisée, en particulier en affinant les mesures satellitaires des surfaces et de la biomasse brûlées, les valeurs du déstockage du carbone des sols.

● Emission de méthane

Les sols inondés sont une source de méthane, qui est produit par des bactéries méthanogènes anaérobies. C'est donc le cas des forêts inondées, comme l'ont montré en Afrique, dans le cadre du programme DECAFE, Tathy *et al.* (1992). Les sols non inondés, en conditions, d'aérobiose, sont par contre des "puits", le méthane étant absorbé par des bactéries appelées méthanotropes. Delmas *et al.* (1991) ont évalué une émission globale de l'ordre de 8 mégatonnes de méthane par an pour les zones inondées en Afrique intertropicale, qui sont essentiellement couvertes par des forêts. Cela correspond à environ 2 % de l'ensemble des sources mondiales de méthane (Lambert, 1992). Matthews et Fung (1987) évaluent pour les zones humides naturelles intertropicales une émission de 32 Mt par an, Aselman et Crutzen (1989) 45,6 Mt. Les estimations sont encore très imprécises, mais elles sont en accord avec celle de R. Delmas pour l'Afrique.

Quelle peut être dans ces régions l'action de l'homme sur les émissions ou les puits de méthane ? Cela dépendra de l'utilisation des sols. La plupart des bactéries méthanogènes sont dans des conditions optimales entre 30 et 40 °C. Une augmentation de la température des sols, s'ils restent dans des conditions d'anaérobiose, si la matière organique est suffisante, pourra se traduire par une augmentation des émissions. Le développement de la culture du riz, qui constitue déjà 20 % des émissions globales, l'augmentation du cheptel des ruminants, qui en Afrique est déjà une source comparable à celle des forêts inondées, pourraient augmenter les émissions de méthane.

Le puits de méthane est par contre augmenté par l'accroissement de la température des sols aérés. Il est diminué lorsque l'humidité des sols et la vitesse du cycle de l'azote s'accroissent.

Comme on le voit, dans l'état actuel des connaissances, il est très difficile de faire des prévisions sur l'évolution future des sources de méthane dans les régions intertropicales et en particulier dans celles occupées aujourd'hui par les forêts.

Les forêts inondées seront vraisemblablement les dernières à être affectées par les activités humaines et la source biogénique ne devrait donc pas être diminuée. De nouvelles sources pourraient apparaître en fonction de l'utilisation des sols qui sont aujourd'hui des puits pour le méthane.

● Le cycle de l'azote

Les phénomènes de transformation biologique des composés de l'azote (dénitrification, nitrification) ou chimique (chémodénitrification) dans les sols conduisent à

la formation d'oxydes d'azote qui se dégagent dans l'atmosphère. Les sols des forêts tropicales sont considérés comme la source biogénique majeure pour l'oxyde nitreux N_2O , qui est un gaz à effet de serre dont la concentration augmente de 0,25 % par an. Les flux mesurés par différents auteurs sont variables et dépendent de la nature des sols et de leur humidité. Luizao *et al.* (1989), Matson *et al.* (1988), en Amazonie, ont mis en évidence des flux de N_2O augmentés d'un facteur supérieur à 5 sur des zones où la forêt a été remplacée par des pâturages, ce qui, étendu à l'échelle de la planète, pourrait expliquer 25 % de l'augmentation de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère. Les flux sont ainsi augmentés après abattage de la forêt, par suite de la décomposition de la végétation déposée sur le sol. Cette décomposition est activée par l'élévation de la température des sols, qui ne sont plus protégés du rayonnement solaire par la végétation.

Les transformations des composés azotés des sols s'accompagnent aussi d'un dégagement de monoxyde d'azote NO , qui est l'un des principaux polluants dégagés par les combustions, en particulier par les automobiles. C'est un gaz très actif dans l'atmosphère. Il est responsable de la formation d'ozone, d'acides, en particulier l'acide nitrique HNO_3 . Les mesures publiées à ce jour en forêt tropicale humide ne sont pas encore très nombreuses. On peut citer les résultats obtenus par Delmas et Servant (1987) en Afrique, ceux de Kaplan *et al.* (1988) en Amazonie, qui donnent des flux en saison sèche de deux à trente fois supérieurs à ceux des sols des autres régions. Bakwin *et al.* (1990) montrent que l'introduction d'engrais azotés augmente le dégagement de 5 à 150 fois. Comme l'indiquent Kaplan *et al.* (1988), les flux d'oxydes d'azote, s'ils s'échappent de la forêt, doivent jouer un rôle dans la chimie de l'atmosphère de ces régions. Les conséquences de la destruction de la forêt sur les émissions de NO ne sont pas encore connues, mais, comme pour l'oxyde nitreux, l'augmentation de la décomposition de la matière organique doit augmenter les émissions de NO . Des études sont encore nécessaires pour comprendre les émissions des oxydes de l'azote dans le cycle de l'azote, qui dépend de nombreux facteurs comme les caractéristiques physiques du sol, la concentration d'oxygène, de carbone, de nitrates, la température, l'humidité du sol, l'utilisation d'engrais, etc.

● La déforestation et les effets directs sur le climat

La déforestation change un certain nombre de paramètres de la surface, qui affectent le bilan énergétique entre le sol et l'atmosphère : c'est le cas de l'albédo, de la longueur de rugosité, de l'indice de surface foliaire, de la porosité du sol, etc. Une des caractéristiques de la forêt tropicale humide est en particulier la forte valeur du flux de chaleur latente par rapport au flux de chaleur sensible, ce qui limite la turbulence d'origine thermique au-dessus de la forêt.

Plusieurs auteurs ont réalisé des expériences par modélisation sur des modèles globaux, en supprimant la forêt tropicale et en la remplaçant par des pâturages. Les effets les plus importants se produisent dans les régions déforestées. Les résultats sont toutefois variables en fonction des auteurs.

Polcher et Laval (1993) trouvent une faible diminution, non significative, de la température, une diminution de l'évapotranspiration et des précipitations. Le bilan précipitations-évaporation est aussi diminué. La diminution de l'évaporation dans le bilan d'énergie est compensée par l'augmentation de l'albédo (qui diminue le bilan radiatif) ; ce qui explique la faible variation de la température.

Nobre *et al.* (1991) trouvent pour l'ensemble de l'Amazonie une élévation de température de l'ordre de 2 °C, une diminution des précipitations de l'ordre de 2 mm par jour, une diminution de l'évapotranspiration. Le bilan précipitations-évapotranspiration est diminué (fig. 3). Les effets sont plus importants en ne considérant que la partie sud de l'Amazonie (fig. 4). Une des conséquences est que dans cette région la repousse de la forêt serait compromise.

L'érosion éolienne

L'augmentation de la quantité d'aérosol dans l'atmosphère tend à augmenter l'absorption du rayonnement solaire dans l'atmosphère et à la diminuer au sol. Elle accroît en général le rayonnement solaire rétrodiffusé vers l'espace, conduisant à un effet de refroidissement de la planète (cet effet s'inverse dans le cas d'un sol très réfléchissant). La présence de particules d'aérosols diminue par effet de serre le refroidissement. Les particules jouent aussi le rôle de noyaux de condensation nuageuse.

Les zones qui sont soumises à l'érosion éolienne sont les régions désertiques et semi-arides, dont une grande partie se trouve en région intertropicale, en particulier en Afrique. La présence d'une couverture végétale protège de

l'érosion. L'érodibilité du sol va ainsi dépendre des régimes de précipitations mais aussi de l'utilisation des sols.

La figure 5 montre l'effet d'une année sèche avec un pâturage modéré qui ne détruit pas les racines et les réserves de plantes en sous-sol. Au cours de l'année suivante, pluvieuse, la végétation reprend ; l'augmentation de l'érosion pendant l'année sèche est modérée.

Dans le cas d'un surpâturage, les racines sont endommagées ainsi que les réserves en nutriments du sol. L'agriculture va modifier les caractéristiques du sol, qui se trouve sans couverture végétale pendant la saison sèche. Dès la première année, avec un déficit pluviométrique, il y a augmentation de l'érosion et pression accrue sur la végétation. Une seconde année sèche complète les dégâts et il n'y a plus retour au système antérieur. Une partie des nutriments du sol et des micro-organismes est exportée, modifiant les cycles biogéochimiques et en particulier celui de l'azote. Une des questions posées est la réversibilité du phénomène.

Le problème de la désertification est principalement celui de la dégradation des sols liée aux activités humaines et aux variations climatiques, avec le risque d'irréversibilité. Les conséquences se manifestent d'abord au niveau local ou régional avant d'avoir des répercussions au niveau global. L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, avec le risque de modification climatique qu'elle entraînerait, risque d'amplifier le phénomène, si cela se traduisait par une diminution de l'humidité des sols.

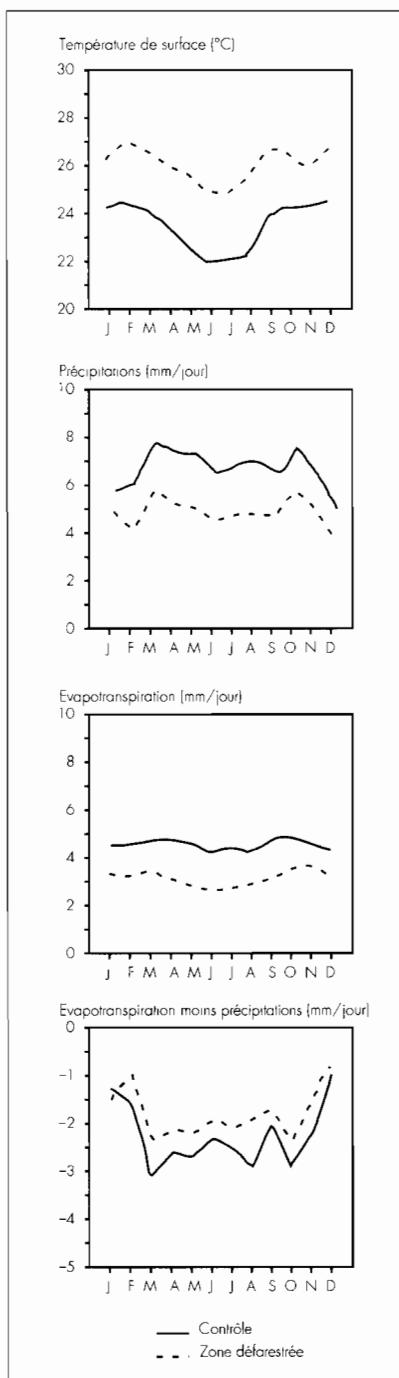


Figure 3. Variation des moyennes mensuelles des températures de surface, des précipitations, de l'évapotranspiration, de la différence évapotranspiration-précipitations pour l'Amazonie [d'après Nobre *et al.*, 1991]

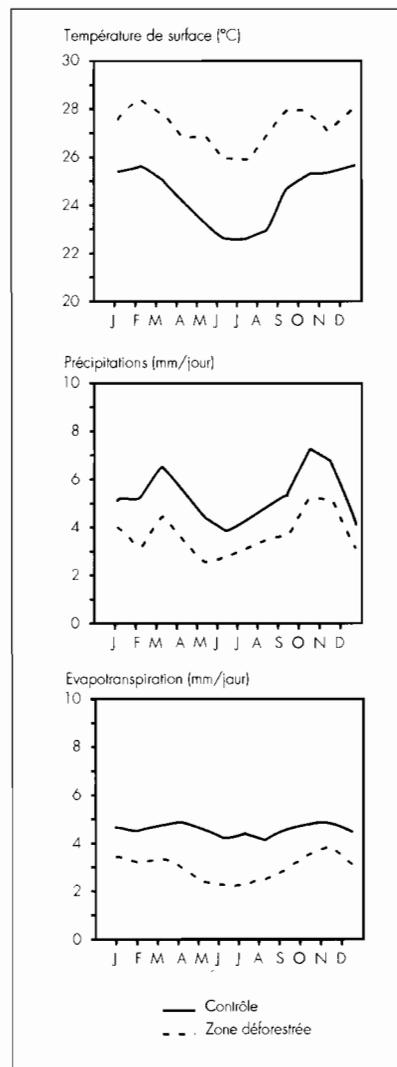


Figure 4. Mêmes données que la figure 3 mais pour le sud de l'Amazonie. Les variations sont beaucoup plus importantes et compromettent la repousse de la forêt [d'après Nobre *et al.*, 1991].

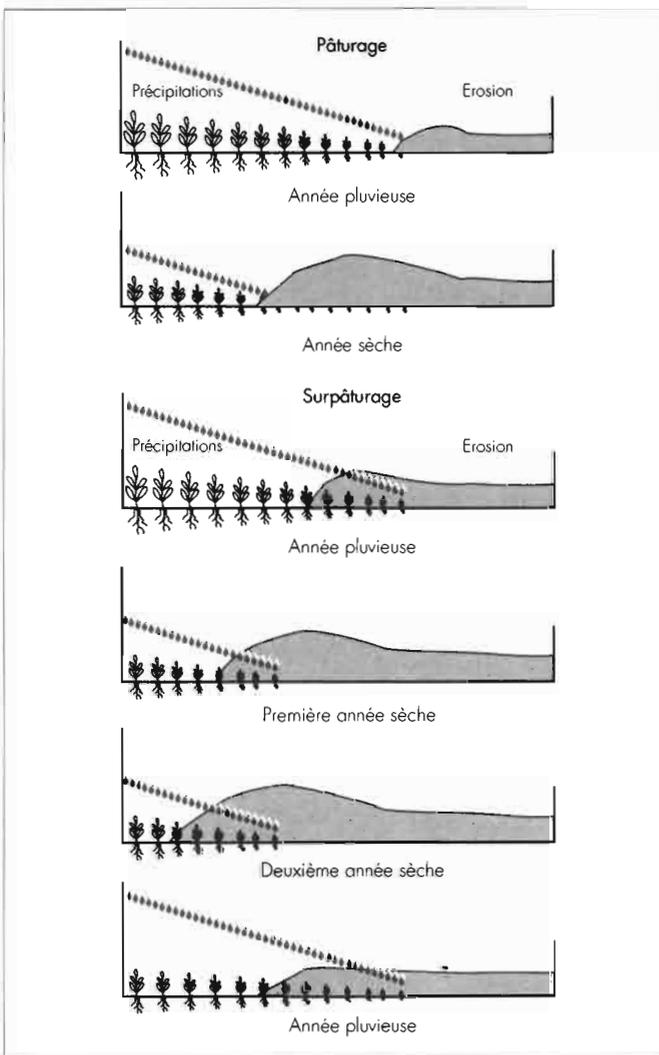


Figure 5. Schématisation de l'influence des précipitations et du surpâturage sur le phénomène d'érosion et de désertification. Dans le cas d'un pâturage normal, une année sèche se traduit par un accroissement de la zone qui subit l'érosion mais le phénomène est réversible. Dans le cas d'un surpâturage, la zone subissant l'érosion est plus large, même en période pluvieuse. La sécheresse se traduit par une progression importante de l'érosion, le phénomène n'est plus réversible lors du retour à des précipitations normales. D'après Lundholm, 1977.

Les savanes et la combustion de la biomasse

Les régions de savane sont soumises à une forte pression humaine. Ce sont des régions qui, comme les précédentes, seraient sensibles à un changement climatique. Ce sont enfin des régions où la pratique des feux de végétation est très répandue. C'est une source importante pour des constituants de l'atmosphère produisant un effet de serre ou agressifs pour la biosphère. On estime qu'environ 75 % de la superficie des savanes brûlent chaque année. Les feux sont déclenchés dès que les herbes sont sèches. Seules les herbes, les plantules sont détruites par le feu. Les arbres souffrent peu. En l'absence de feu, la végétation herbeuse tend à être envahie par les arbustes et les broussailles et une dimi-

nution de la fréquence des feux entraîne, lorsqu'elle se produit, des dégâts plus importants sur la végétation et les sols et en particulier sur les arbres.

Le tableau I donne, d'après Andreae (1991), une estimation pour l'ensemble de la planète de la quantité annuelle de biomasse brûlée et du dégagement de carbone qui en résulte. En région intertropicale, le bois est la source principale d'énergie pour les activités humaines. La consommation annuelle par habitant est de l'ordre de 475 kg. Les feux de résidus agricoles correspondent à la combustion de la paille, des souches provenant de la récolte de grains, de canne à sucre. L'incendie des champs de canne à sucre avant la récolte, pour faciliter le ramassage, correspond à une quantité de biomasse brûlée du même ordre de grandeur que celle du bois de chauffage. Les herbes des régions de savane sont toutefois le principal combustible. Le dégagement de carbone qui en résulte correspond à plus de 40 % du total relâché. Le tableau II donne, toujours d'après Andreae (1991), la répartition en fonction des continents : 75 % des feux de savane se produisent en Afrique alors que les feux de forêt surviennent majoritairement en Amazonie.

Ces feux de biomasse émettent dans l'atmosphère une quantité importante de constituants qui jouent un rôle dans le bilan radiatif, comme le gaz carbonique, le méthane, l'oxyde nitreux, ou dans la chimie de l'atmosphère avec formation d'acides, d'oxydants comme l'ozone (Crutzen *et al.*, 1985 ; Delany *et al.*, 1985). Le tableau III donne une estimation des émissions annuelles des feux de biomasse, qui sont comparées aux émissions de toutes les sources de combustion. Le pourcentage de la participation des feux de biomasse, à l'échelle de la planète, atteint 40 % pour le CO₂, 32 % pour le CO, 38 % pour la formation de l'ozone à partir des précurseurs émis. Ces gaz, mais aussi les particules rejetées, vont contribuer à l'effet de serre et à la chimie de l'atmosphère à l'échelle régionale bien sûr, mais aussi à l'échelle globale.

L'abandon de cette pratique des feux en région de savane entraînerait-elle une diminution des sources dans la proportion des émissions ? La réponse est bien évidemment non. Une partie de la biomasse qui est brûlée serait décomposée sur le cycle annuel, avec émission aussi de constituants en traces ; mais on connaît encore mal, pour la plupart des composés, ce qui résulterait de ces décompositions. Dans le cas du gaz carbonique, on doit faire la différence entre les feux qui correspondent à un déstockage du carbone et ceux qui correspondent à la combustion d'une végétation annuelle avec repousse l'année suivante.

Les chiffres donnés précédemment sont des estimations qu'il est nécessaire de préciser. Les feux concernant de très vastes régions, la télédétection satellitaire est le moyen d'observation adapté à l'échelle spatiale des phénomènes. Il y a deux méthodes, l'une est de déterminer avec un pas de temps convenable les surfaces brûlées, qui en raison de l'absence de végétation et de la couleur noire du sol ont un coefficient de réflexion du rayonnement solaire et une émission thermique différents de l'environnement non brûlé. Cette méthode est adaptée à la détermination de bilans sur l'année. La seconde consiste à détecter directement les feux actifs. Elle permet d'évaluer les émissions instantanées.

Tableau I. Estimation globale de la quantité annuelle de biomasse brûlée et du dégagement de carbone résultant dans l'atmosphère. D'après Andreae, 1991.

Sources	Biomasse brûlée (Tg ms/an)	Carbone relâché (Tg/an)		
		(1)	(2)	(3)
Forêts tropicales	2 420	1 260	1 260	570
Savanes	1 190	3 690	3 690	1 660
Forêts tempérées et boréales	280	-	280	130
Bois de chauffe	1 050	620	1 430	640
Charbons	-	-	21	30
Déchets agricoles	1 900	660	2 020	910
Total mondial	6 840	6 230	8 700	3 940

La masse de matière sèche (ms) est donnée en Tg (1 million de tonnes).

(1) Estimation faite par Seiler et Crutzen, 1980. (2) Estimation faite par Hao *et al.*, 1990. (3) Estimation faite par Andreae, 1991.

Tableau II. Biomasse brûlée annuellement dans les différentes régions intertropicales. D'après Andreae, 1991.

	Forêts (1)	Savanes (1)	Bois de chauffe (2)	Déchets agricoles (2)	Total
Amérique	590	770	170	200	1 730
Afrique	390	2430	240	160	3 210
Asie	280	70	850	990	2 190
Océanie	-	420	8	17	450
Total	1 260	3 690	1 268	1367	7 580

En Tg ms/an (millions de tonnes/an).

(1) Estimation de Hao *et al.*, 1990.

(2) Estimation de Andreae, 1991.

Tableau III. Estimation des émissions globales annuelles des feux de biomasse et de toutes les sources. D'après Andreae, 1991.

Constituant émis	Feux de brousse	Toutes les sources	Pourcentage feux de biomasse
CO ₂	3 500	8 700	40
CO	350	1 100	32
CH ₄	38	380	10
NMHC	24	100	24
NO _x	8,5	40	21
N ₂ O	0,8	13	6
NH ₃	5,3	44	12
CH ₃ Cl	0,51	2,3	22
H ₂	19	75	25
O ₃	420	1 100	38

En Tg/an (millions de tonnes/an).

NMHC correspond aux hydrocarbures autres que le méthane.

La résolution spatiale, les bandes spectrales du satellite permettent de différencier de l'environnement l'émission thermique des feux ou les caractéristiques des surfaces brûlées. Le capteur AVHRR des satellites d'observation

de la terre du type NOAA permet de travailler à l'échelle régionale et continentale. Sa résolution spatiale de 1,1 x 1,1 km ne permet pas, par contre, d'obtenir des informations précises sur un feu individuel.

Le satellite à haute résolution spatiale (30 x 30 m) Landsat Thematic Mapper, qui est doté de canaux dans le moyen infrarouge, permet de faire des études à des échelles qui se rapprochent de celles des feux. F. Lavenue, du Laboratoire d'étude et de recherche en télédétection spatiale, a utilisé le satellite Landsat pour évaluer les surfaces brûlées dans les savanes de Côte-d'Ivoire.

La figure 6 montre la distribution des feux obtenues sur une image NOAA du 6 décembre 1991. Les feux sont localisés sur une bande de 500 km de largeur environ. La disparition des feux au sud correspond à la zone de forêt, au nord aux régions sahéliennes. Le satellite NOAA permet d'obtenir la distribution spatiale des feux actifs à l'échelle du continent. Avec Landsat, on peut obtenir des informations sur la superficie des feux, leur forme, leur température radiative, l'étendue des surfaces brûlées.

Cette combustion de la biomasse contribue à la chimie de l'atmosphère au niveau global, comme nous venons de le voir. C'est aussi une cause importante de pollution de l'atmosphère à l'échelle locale et régionale. Les composés émis en savane africaine sont exportés vers les régions de forêt, où l'on observe des concentrations élevées d'ozone, d'acides, comme cela a été montré dans le cadre du programme DECAFE (Lacaux *et al.*, 1991 ; Fontan *et al.*, 1992 ; Cros *et al.*, 1987, 1988, 1992).

Vickos (1991) et Brustet *et al.* (1991) ont comparé l'intensité des émissions d'un feu de biomasse en région de savane en Afrique aux émissions produites par la pollution automobile. La dimension moyenne d'un feu a été déduite des observations satellitaires Landsat. La vitesse de déplacement est estimée à partir de données de la bibliographie.

Ainsi, pour le gaz carbonique, en se basant sur la consommation d'essence, la quantité moyenne émise de façon instantanée par un département comme la Haute-Garonne en 1984 correspond à l'émission d'un "feu moyen permanent" des régions de savane. En saison sèche, le nombre de feux pour une superficie équivalente à un département comme la Haute-Garonne étant de plusieurs unités, on se rend compte que la pollution moyenne peut atteindre, pour certains constituants, des niveaux supérieurs à ceux rencontrés dans une région comme le Sud de la France.

Conséquences d'un changement climatique

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, dont les responsables principaux sont les pays industrialisés, risque de se traduire par un réchauffement du climat mondial, dans les prochaines décennies. La répercussion sur la zone intertropicale et surtout sur les régions arides et semi-arides pourrait être importante, avec l'intensification des processus de désertification. Comme on l'a déjà signalé, ces régions sont déjà très sensibles aux fluctuations climatiques naturelles. De nombreux modèles tentent de prévoir l'effet d'un doublement

de la concentration du gaz carbonique. Celui-ci est pris comme référence mais le doublement de l'effet de serre additionnel pourrait se produire d'ici environ un demi-siècle, en considérant les autres gaz comme le méthane, la vapeur d'eau, l'ozone, les CFC, etc.

En France, Météo France, le Laboratoire de météorologie dynamique disposent de modèles pour étudier les conséquences climatiques de l'augmentation du gaz carbonique.

Les variations de température les plus importantes se produiront aux hautes latitudes. En région intertropicale, les températures de surface augmenteraient en moyenne de 2 à 4 °C. Les prévisions des variations des précipitations sont par contre très variables en fonction de la longitude, mais aussi des modèles. On observe des zones avec diminution, d'autres avec augmentation. Il en est de même en ce qui concerne l'humidité des sols. Il est donc encore prématuré de faire des prévisions sur les consé-

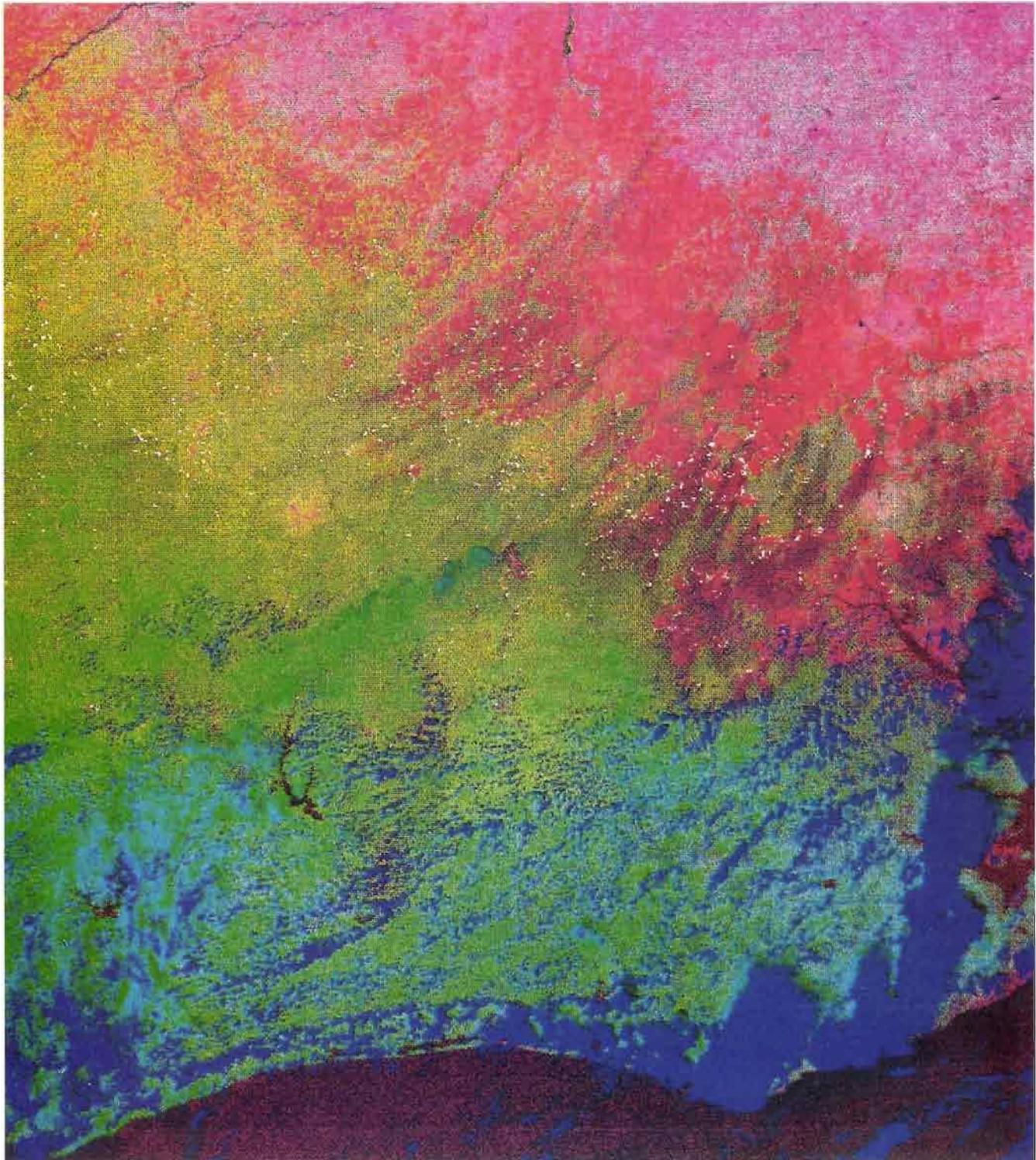


Figure 6. Image NOAA-AVHRR du 6 décembre 1991, après traitement. Les feux correspondent aux taches réparties sur une bande d'environ 500 km de large. La disparition des feux au sud correspond à la zone de forêt, au nord à l'approche des régions sahéliennes. D'après R. Franca (thèse en préparation, Université Paul Sabatier, Toulouse).

quences d'un réchauffement climatique dans les régions intertropicales.

La paléoclimatologie permet de reconstituer la réponse des écosystèmes aux variations de température. Le Sahara et le Sahel ont déjà connu une période plus verte, corrélativement à un réchauffement passé de l'atmosphère planétaire. La reconstitution dans ces régions des environnements passés doit être un complément indispensable pour la validation des modèles climatiques

Autres problèmes

L'augmentation de la température de l'atmosphère s'accompagnera d'une montée du niveau des océans et une inondation des régions côtières. Une montée marine moyenne de 0,65 m entraînerait en Afrique l'inondation d'une grande partie du delta du Nil, des côtes basses entre l'estuaire du Sénégal et la péninsule du Rio de Oro. La mangrove, un des écosystèmes les plus riches du monde tropical (Blasco, 1991), qui couvre plus de quinze millions d'hectares en Afrique, Asie et Amérique du Sud, et qui est déjà un écosystème menacé par les activités humaines, se verrait recouvert par les océans.

L'écosystème corallien, qui occupe 700 000 km² en zone intertropicale côtière, est aujourd'hui un puits de carbone : 111 Mt de carbone par an sont absorbées, soit 2 % du puits total. Une augmentation du niveau des mers entraînerait une augmentation de la surface occupée par cet écosystème, mais l'augmentation de la température des eaux compromettrait la vie de ces récifs (Salvat, 1992 ; Rougerie *et al.*, 1992). Au delà de 29 °C, on assisterait à la mort des coraux. L'augmentation des flux U.V. consécutifs à la destruction de l'ozone stratosphérique, l'accroissement de la sédimentation due à l'érosion, enfin les pollutions auraient aussi des effets néfastes sur l'écosystème, qui rappelons-le est un puits pour le gaz carbonique de l'atmosphère.

Conclusion

Bien d'autres dégradations dues aux actions locales de l'homme, mais pouvant avoir des conséquences à l'échelle de la planète, ou provoquées par un changement climatique n'ont pas été évoquées ici. On pourrait envisager les problèmes de santé, d'urbanisation, etc. Pour conclure, on peut dire que les écosystèmes des régions intertropicales, forêts humides, savanes, régions arides et semi-arides, contribuent à l'effet de serre, avec des émissions dans l'atmosphère de gaz carbonique, méthane, oxyde nitreux, particules d'aérosols, qui sont sensibles aux actions humaines. Les cycles de l'eau, du carbone, de l'azote mais aussi des autres éléments, soufre, phosphore, potassium, etc., sont perturbés mais les connaissances sont encore trop limitées pour que les contributions de ces régions aux changements globaux puissent être données avec précision. La connaissance de ces cycles et de leurs perturbations par les actions humaines est essentielle pour définir les conditions d'un développement durable, préservant en particulier l'environnement global.

Les efforts pour développer une recherche pluridisciplinaire sur les problèmes d'écosystèmes et changements

globaux" doivent être poursuivis. Il est en effet prévisible que plus les connaissances disciplinaires progresseront, plus il sera nécessaire de développer des recherches pluridisciplinaires, surtout si l'on veut proposer des solutions. Le développement durable de ces régions est une nécessité pour tous et chaque discipline doit y contribuer en n'oubliant pas cette finalité de la recherche.

La frontière que l'on met dans la programmation de la recherche entre changements globaux et locaux est, sur les problèmes relatifs aux interactions entre écosystèmes et changements globaux, souvent artificielle et elle risque de compromettre, ou pour le moins de rendre plus difficile ou retarder, les collaborations entre disciplines. Les conséquences locales, régionales et globales ne doivent pas, dans un certain nombre de cas, être envisagées séparément car elles sont imbriquées. Par exemple, l'étude des processus et des phénomènes fondamentaux qui gouvernent les cycles biogéochimiques est nécessaire pour toutes les échelles. La collaboration entre chercheurs travaillant à différentes échelles, sur les causes et les conséquences de la désertification, de la déforestation, est indispensable, l'objectif pour chacun étant en définitive de contribuer au développement durable.

Les responsables des pays des régions intertropicales, dont la préoccupation est le développement de leur pays, considèrent parfois les changements globaux comme un problème des pays développés, ces derniers étant en effet responsables en grande partie des dégradations actuelles de l'environnement dans les pays tempérés, mais aussi dans la zone intertropicale. Il est indispensable de les convaincre que la préservation de l'environnement global est aussi celle de l'environnement local et que le développement durable est indispensable pour préserver l'avenir de ces régions, comme celui de la planète. La séparation dans la présentation et l'organisation de la recherche entre changements globaux et locaux ne contribue pas toujours à leur montrer les liens qui existent entre ces problèmes.

Les régions intertropicales contribuent et contribueront dans l'avenir aux changements globaux. Elles risquent aussi de subir les conséquences d'un changement climatique. Les régions arides et semi-arides souffrent déjà des périodes de sécheresse dues à des fluctuations climatiques naturelles. Un accroissement du déficit pluviométrique aurait des conséquences catastrophiques... Les mangroves, les écosystèmes coralliens risquent d'être affectés par l'augmentation du niveau et de la température des océans. Les conséquences des changements globaux sur le développement dans les régions intertropicales seront importantes et doivent aussi figurer dans les priorités de la recherche.

La conférence de Rio a eu pour objectif de montrer qu'environnement et développement sont liés et ne peuvent maintenant être dissociés. Logiquement, on devrait assister dans le futur, dans le cas des régions intertropicales, à une convergence des programmes de recherche sur le développement et l'environnement. Il est probable que plusieurs années seront nécessaires pour faire évoluer la situation présente. La France, qui a une large communauté de chercheurs de qualité dans les deux domaines, devrait contribuer à infléchir les grands programmes internationaux dans cette direction. ■

Bibliographie

Andreae M.O. – Biomass burning : Its history, use, and distribution and its impact on environmental quality and global climate. In Global biomass burning, MIT Press, Cambridge, 3-21, 1991.

Aselman I, P.J. Crutzen – The global distribution of natural freshwater wetlands and rice paddies, their net primary productivity, seasonality and possible methane emission. *J. Atm. Chem.*, 8, 307-358, 1989.

Bakwin P.S., S.C. Wofsy, Song-Miao Fan – Measurements of reactive nitrogen oxides within and above a tropical forest canopy in the wet season. *J. Geophys. Res.*, 95, 16765, 1990.

Blasco F. – Les Mangroves. *La Recherche*, 444-453, 1991.

Brustet J.M., J.B. Vickos, J. Fontan, K. Manissadjan, A. Podaire, F. Lavenu – Remote sensing of biomass burning in West Africa with NOAA-AVHRR. In Global biomass burning, MIT Press, Cambridge, 47-52, 1991.

Brustet J.M., J.B. Vickos, J. Fontan, A. Podaire, F. Lavenu – Characterisation of active fires in West African savannas by analysis of satellite data : Landsat Thematic Mapper. In Global biomass burning, MIT Press, Cambridge, 53-60, 1991.

Buringh P. – Organic carbon in the soil of the world. In The role of terrestrial vegetation in the global cycle. Edited by G.M. Woodwell, 1984. Scope, John Wiley and Sons.

Cros B., R. Delmas, B. Clairac, D. Nganga, J. Fontan – A survey of ozone concentration in a equatorial region during the

rainy season. *J. Geophys. Res.*, 12, D8, 9772-9778, 1987.

Cros B., R. Delmas, D. Nganga, B. Clairac, J. Fontan – Seasonal trends of ozone in equatorial Africa. Experimental evidence of photochemical formation. *J. Geophys. Res.*, 93, D7, 8355-8366, 1988.

Cros B., Nganga D., Minga A., Fishman J., Brakett V. – Distribution of tropospheric ozone at Brazzaville, Congo, Determined from ozone sonde measurements. *J. Geophys. Res.*, 97, D12, 12869, 1992.

Crutzen P.J., A.C. Delany, J. Greenberg, P. Haagenson, L. Heidt, R. Lueb, H. Pollock, W. Seiler, A. Wartburg, P. Zimmerman – Photochemical produced ozone in the emission from large scale tropical vegetation fires. *J. Geophys. Res.*, 90, D1, 2425-2429, 1985.

Delany R., P.J. Crutzen, P. Haagenson, S. Walters, A.F. Warburg – Photochemical produced ozone in the emission from large scale tropical fires. *J. Geophys. Res.*, 90, 2425-2429, 1985

Delmas R., J. Servant – Echanges biosphère-atmosphère d'azote et de soufre en zone intertropicale : transfert entre les écosystèmes forêt et savane. *Atmos. Res.*, 21, 53-74, 1987

Delmas R., P. Loudjani, A. Podaire, J.C. Menaut – Biomass Burning in West African savannas. In Global biomass burning, MIT Press, Cambridge, 125-132, 1991.

Fontan J., A. Druilhet, B. Benech, R. Lya, B. Cros – The DECAFE experiment : Overview and meteorology. *J. Geophys. Res.*, 97, D6, 6123-6136, 1992.

Fontan J. – La pollution atmosphérique dans les régions intertropicales. *La Recherche*, 253, 400-408, 1993.

Hao W.M., M.H. Liu, P.J. Crutzen – In fires in the Tropical Biota. ecosystem processes and global challenges. Edited by J.G. Goldammer. Springer-Verlag, 1990.

Kaplan W.A., S.C. Wofsy, M. Keller, J.M. da Costa – Emission of NO and deposition of O₃ in a tropical forest system. *J. Geophys. Res.*, 93, D2, 1417-1421, 1988.

Lacaux J.P., R. Delmas, B. Cros, B. Lefeuvre, M.O. Andreae – Influence of biomass burning emissions on precipitation chemistry in the equatorial forest of Africa. In Global biomass burning, MIT Press, Cambridge, 167-173, 1991.

Lundholm B. – Ecology and dust transport in saharan desert. Scope 14, edited by C. Morales, John Wiley and Sons, 61-91, 1977.

Luizao F., P. Matson, G. Livingston, R. Luizao, P. Vitousek – Nitrous oxide flux following tropical land clearing. *Global Biochem. Cycles*, 3, 3, 281-285, 1989.

Matson P.A., P.M. Vitousek, G.P. Livingston, N.A. Swanberg – Nitrous oxide flux from Amazon Ecosystems : Fertility and disturbance effects. *EOS*, 69, 320, 1988

Mattews E., I. Fung – Methane emission from natural Wetlands. Global distribution area and environment of characteristics of sources. *Global Biogeochem. Cycles*, 1, 61-86, 1987.

Nobre C., P.J. Sellers, J. Shukla – Amazonian deforestation and Regional Climate Change. *J. Clim.*, 4, 957-988, 1991.

Polcher J., K. Laval – The impact of African and Amazonian deforestation on tropical climate. *J. Hydrol.*, 1993 (sous presse).

Polcher J., K. Laval – A statistical study of the impact of deforestation on climate of the L.M.D. G.C.M. Communication personnelle, 1993.

Rougerie F., B. Salvat, M. Tatarata-Couraud – La mort blanche des coraux. *La Recherche*, 23, 826-834, 1992.

Salvat B. – Coral reefs. A challenging ecosystem for human societies. *Global Environmental Change*, 2, 1, 12-18, 1992.

Schlesinger W.H. – Soil organic matter. A source of atmospheric CO₂. In The role of terrestrial vegetation in the global carbon cycle. Edited by G.M. Woodwell, 1984. Scope, John Wiley and Sons.

Seiler W., P.J. Crutzen – Estimate of gross and net flux of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Clim. Change*, 2, 207-247, 1980

Tathy J.P., B. Cros, R. Delmas, A. Marengo, J. Servant, M. Labat – Methane emissions from flooded forest in Central Africa. *J. Geophys. Res.*, 97, D6, 6159-6168, 1992.

Vickos B. – Télédétection des feux de végétation en Afrique intertropicale et estimation des émissions de constituants ayant un intérêt atmosphérique. Thèse, Université Paul Sabatier, 1991

La biodiversité dans les systèmes intertropicaux : problèmes et enjeux

Christian Lévêque

Le terme "biodiversité" (raccourci de diversité biologique) est devenu à la mode ces dernières années. Il a reçu une large consécration lors de la conférence de Rio, dans la mesure où la convention sur la biodiversité a été l'occasion d'affrontements idéologiques et politiques qui ont été largement relayés par les médias. Certains penseront qu'il n'y a rien de très nouveau derrière ce concept, et que suivre la mode n'est pas nécessairement la bonne voie. D'autres estimeront que le concept de biodiversité offre de nouvelles perspectives de recherche non seulement en écologie, mais également dans les sciences de l'homme et de la société.

Pourquoi un tel intérêt pour la biodiversité ?

La diversité biologique est souvent présentée comme la diversité du vivant mais le concept peut susciter des réactions diverses quant à son interprétation et ses objectifs. Certains voient dans la disparition de nombreuses espèces végétales ou animales la destruction irrémédiable d'un patrimoine naturel, résultat de l'évolution, qui s'est constitué au cours de millions d'années et qu'il est nécessaire de préserver afin de pouvoir le transmettre en héritage aux générations futures. Mais d'autres y voient également la perte de ressources potentielles et jusqu'ici inexploitées ou tout simplement inconnues. D'autres encore se posent la question des conséquences éventuelles d'une réduction de la diversité biologique sur le fonctionnement des écosystèmes, et plus généralement sur les phénomènes à l'échelle globale. Enfin, le thème de la diversité biologique, qui commence à susciter un intérêt considérable auprès des biologistes du monde entier, peut être considéré également comme leur apport et leur réponse aux recherches sur les changements globaux initiées par les physiciens.

Toutes ces perceptions, quelle que soit leur origine ou leur motivation, convergent vers un même objectif : ralentir et si possible arrêter les destructions en cours.

Rio et la convention sur la biodiversité

La convention sur la diversité biologique qui fut présentée à Rio met l'accent sur la valeur de la diversité biologique et de ses éléments constitutifs sur les plans environnemental, génétique, social, économique, scientifique, éducatif, culturel, récréatif et esthétique. Cette convention affirme également que la conservation de la diversité biologique est une préoccupation commune à l'humanité. Il est rappelé que les Etats ont des droits

souverains sur leurs ressources biologiques, mais qu'ils sont responsables de la conservation de leur diversité biologique et de l'utilisation durable de ces ressources.

La conservation de la diversité biologique exige avant tout la conservation *in situ* des écosystèmes et le maintien de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel. Autrement dit, si le développement économique reste très nettement prioritaire, il doit se poursuivre, dans toute la mesure du possible, dans un contexte de développement durable.

La convention sur la biodiversité ne fait que poser un certain nombre de principes, et proposer des orientations. Il reste à mettre réellement en place des activités de recherche et de conservation. Face à une situation d'urgence résultant d'une dégradation rapide des milieux naturels, et compte tenu d'une faible expertise générale dans le domaine de la biodiversité, il est indispensable de développer rapidement des capacités scientifiques et techniques nationales permettant d'établir les bases de la conservation et de l'utilisation durable de cette diversité biologique. Mais, compte tenu de l'ampleur des problèmes et de l'importance des enjeux liés à la biodiversité, le développement de l'expertise et des connaissances ne peut se faire que dans le cadre d'une coopération internationale, et dans le strict respect du principe d'un partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources biologiques. Il faut constituer les masses critiques permettant d'aborder la diversité des questions posées. Il faut assurer conjointement la mise en place d'activités de recherche pour développer les connaissances, d'activités de conservation (*in situ* ou autres), d'activités de sensibilisation et d'éducation en vue d'une participation des populations concernées.

Les différentes dimensions du concept de biodiversité

Mais la biodiversité ne se limite pas à un inventaire plus ou moins sophistiqué de la diversité génétique et de la richesse spécifique. On se pose la question de l'impact de facteurs d'origine naturelle et/ou anthropique sur la biodiversité, et des moyens à mettre en œuvre afin de la préserver. On se demande si l'on peut évaluer le coût de tous ces impacts et qui va payer la protection et la conservation des milieux concernés. On aborde donc directement les problèmes liés au développement durable, ainsi que les principes de la gestion intégrée des écosystèmes, qui furent au centre de la conférence de Rio.

Pour la clarté du discours, il est possible de distinguer trois dimensions principales dans le concept de diversité

biologique : les dimensions éthique, écologique, économique. En réalité, ces trois aspects sont intimement liés, et ne sont que les facettes d'un même problème. Sans manichéisme excessif, on peut penser que ce sont également des points d'entrée différents selon les interlocuteurs : pour les scientifiques, la dimension écologique est prioritaire, alors que les politiques sont plus concernés par la dimension économique et les ONG par la dimension éthique.

● La dimension éthique

Le débat environnement-développement dans lequel se situe la biodiversité n'est pas d'ordre purement technique ou économique. Il poursuit le débat philosophique, encore largement d'actualité (cf. appel d'Heidelberg), d'une nature au service de l'homme ou d'une nature qui doit être respectée en tant que telle. Pour certains, la nature n'est plus considérée comme un milieu hostile qu'il faut forcer pour en extraire des ressources, mais comme un élément essentiel de survie de l'espèce humaine, élément dont il faut à tout prix préserver l'équilibre. Ces conceptions, avec des sensibilités diverses, animent beaucoup d'ONG ou tout simplement des groupes de pression, qui ont joué un grand rôle dans leur diffusion auprès des médias et du public. Rio en est une illustration.

La conférence de Rio a bien mis en évidence que le débat sur l'environnement était fortement animé, voire dominé, par des groupes de pression relevant des champs du moral, du politique et du religieux. La notion d'écodéveloppement n'est pas neutre politiquement. Elle exige implicitement un approfondissement des pratiques de démocratie participative, du niveau local jusqu'au niveau international. Cette notion suscite une double interrogation : comment mettre en application sur le terrain le concept d'écodéveloppement ? Jusqu'à quel point peut-on poursuivre le développement sans mettre en danger l'équilibre homme-nature.

● La dimension écologique

La diversité biologique concerne, dans un système hiérarchique, les différents niveaux de l'organisation biologique : du gène, de l'espèce, des peuplements, des écosystèmes. La biodiversité s'inscrit également dans un système d'échelles spatiales (stations, écosystèmes, région, biosphère) et temporelles (de l'actuel aux centaines de millions d'années). La question centrale qui s'est donc posée rapidement en ce qui concerne la diversité biologique est la suivante : les activités humaines ont une incidence à l'échelle globale (climat) ou régionale (habitats) ; quelles sont les conséquences prévisibles de ces impacts sur le monde vivant et quelles seront alors les capacités des espèces et des systèmes à s'adapter aux changements de leur environnement ?

La diversité biologique est fortement dépendante des conditions écologiques qui prévalent dans les systèmes qu'elles colonisent. Le climat, la géomorphologie jouent un rôle prépondérant dans la répartition des espèces et leur survie. En d'autres termes, le pool d'espèces observées dans un écosystème dépend étroitement des facteurs climatiques et édaphiques actuels.

Mais la diversité biologique est également l'héritage d'une longue histoire évolutive des espèces et des peuplements, dans un contexte climatique et géomorphologique qui a évolué lui aussi. Les études menées sur les paléoenvironnements, ainsi que les études paléontologiques, permettent de reconstituer la dynamique de la répartition des espèces et d'interpréter en termes qualitatifs la composition actuelle des faunes locales et régionales.

Les aspects écologiques de la diversité biologique ont suscité de nombreuses réflexions au cours de ces dernières années, et le programme international Biodiversitas, proposé par IUBS-SCOPE-UNESCO, reconnaît trois grands thèmes : inventaire et suivi (monitoring) de la biodiversité ; rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes ; origine, maintien et érosion de la biodiversité. Pour chacun de ces thèmes, différents champs de recherche ont été identifiés et différentes questions ont été posées.

● L'enjeu économique

Un aspect fort important, qui fut au centre des discussions de Rio, concerne les retombées économiques que l'on peut en attendre, que ce soit sous forme de ressources naturelles, de molécules à usage pharmaceutique et/ou industriel, ou de gènes. La nature est en effet une grande "bibliothèque génétique", et l'industrie des biotechnologies développe actuellement des techniques qui permettent de transférer des gènes entre espèces différentes. Les espèces sauvages pourraient alors acquérir une valeur économique par le simple fait des gènes qu'elles contiennent et qui seraient potentiellement valorisables.

Dans ces conditions, les industriels et les firmes agrochimiques ont vu dans la biodiversité une mine potentielle qui permettrait de renouveler ou de faire évoluer le patrimoine génétique des plantes cultivées et des animaux domestiques, et ont réclamé un libre accès à ces ressources biologiques, c'est-à-dire aux "matières premières" génétiques. Ils ont vu dans la protection possible par les brevets un moyen de protéger et de faire reconnaître comme leur propriété des variétés ou des produits mis au point le plus souvent après de longues et coûteuses recherches. Il n'est pas inutile de rappeler, à ce stade de la discussion, que parmi les plantes cultivées beaucoup proviennent de pays du tiers monde. Dans les aires géographiques d'origine où elles ont prospéré et se sont croisées avant d'être domestiquées par l'homme, on rencontre encore de nombreuses espèces sauvages cousines des espèces cultivées.

Dans les pays du Sud, la biodiversité a pu apparaître comme un grand réservoir de gènes ou de molécules que les industriels allaient breveter et revendre avec grand profit. Il n'est donc pas question d'accepter le libre accès aux ressources biologiques, mais de monnayer cet accès en revendiquant un droit de propriété sur les ressources naturelles, tout en demandant un libre accès au matériel génétique amélioré et des transferts de biotechnologies. Cette attitude a été confortée par l'évolution récente du droit des brevets dans les pays développés, qui a rendu possible de breveter des gènes et des organismes vivants.

Protection et conservation de la diversité biologique

La préservation de la biodiversité concerne la diversité génétique, la diversité des espèces, la diversité des écosystèmes. Ces différents niveaux sont étroitement corrélés mais ne sont pas synonymes. La préservation des écosystèmes suppose celle des espèces qui y sont associées (conservation *in situ*), mais il est possible d'envisager de préserver des espèces indépendamment de leur milieu d'origine (conservation *ex situ*). Les questions posées par les politiques de conservation de la nature et les problèmes soulevés par la création d'espaces protégés doivent tenir compte de la diversité des perceptions culturelles de l'environnement. Ainsi, les réserves de la biosphère mises en place sous l'égide de l'UNESCO essaient de tenir compte de l'intérêt culturel et économique des populations locales pour les projets de conservation.

La création de réserves pour assurer la conservation *in situ* est une solution souvent préconisée. Elle n'est cependant en réalité qu'un palliatif à court terme. Si des changements climatiques importants surviennent dans les prochaines décennies, les espèces disparaîtront ou seront remplacées par d'autres dans les aires protégées. Ce qui est important, finalement, c'est de conserver des espaces de liberté dans lesquels la dynamique de l'évolution pourra continuer à s'exprimer.

"La nécessaire protection de la biodiversité nous pose, à nous pays riches, deux questions. D'abord celle de notre propre forme de développement qu'il serait urgent de rendre beaucoup plus compatible avec le respect des ressources naturelles. Ensuite celle de la pauvreté dans les pays en développement pour qui le respect de la diversité du vivant ne peut être, dans les conditions actuelles, un problème de premier plan. Ces pays ne pourront protéger leurs ressources vivantes que si nous les aidons à faire eux-mêmes un effort en ayant toujours à l'esprit que l'inaction condamnerait à terme notre espèce." (rapport Chevallier, 1992).

Des propositions d'action ?

Les institutions politiques ne restent pas étrangères à cette question de la diversité biologique. Le rapport établi par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (rapport Chevallier, 1992) aboutit à des conclusions et recommandations fort pertinentes du point de vue du scientifique. Sur le plan national, il faudrait par exemple :

- lancer, sous l'égide du Bureau des ressources génétiques, un grand inventaire national de la biodiversité, incluant notamment la biodiversité aquatique et marine ;
- augmenter les moyens financiers et humains du Muséum national d'Histoire naturelle afin de sauvegarder et valoriser ses collections et d'en faire la structure scientifique performante de gestion de la biodiversité ;
- faire de la Guyane une vitrine de l'effort de la France en faveur de la préservation de la biodiversité en y associant les populations locales ; réaliser si possible un parc naturel pouvant impliquer tous les états voisins concernés.

De même, sur le plan international, la France doit selon le rapport ci-dessus :

- proposer de lancer des inventaires mondiaux de la biodiversité parmi lesquels devra être prévue l'étude de la biodiversité marine ;
- prendre une initiative pour que soit créé à l'échelon des Nations Unies un mécanisme d'assistance juridique aux pays en développement passant des contrats ayant pour finalité l'inventaire de leur biodiversité par des entreprises ; l'état de la biodiversité doit être intégré dans le système de comptabilité nationale des Nations Unies ;
- proposer la création à l'échelon communautaire d'un programme "Ressources génétiques" ;
- engager une action visant à généraliser au plan mondial une législation permettant le contrôle de la dissémination des organismes génétiquement modifiés.

Quelles compétences mobiliser, quelles actions proposer ?

L'étude de la biodiversité fait appel à de nombreuses disciplines traditionnelles. Mais quel est en France l'état des forces disponibles ? Quelle politique scientifique favoriser pour répondre aux questions posées ?

Dans les domaines de la génétique et, de manière plus générale, de la biologie des populations, de bonnes compétences existent, mais nécessiteraient d'être confortées pour les zones tropicales. Il en est de même pour les biotechnologies et pour l'écologie fonctionnelle, sachant que, dans ce dernier secteur, la diversité biologique ouvre de nouvelles perspectives de recherche.

Par contre, des domaines entiers sont pour l'instant peu ou pas développés alors qu'ils ont une importance capitale pour la diversité biologique. Il s'agit en particulier de la biologie de la conservation, et du vaste domaine de l'économie, du droit et de la réglementation.

L'une des difficultés majeures pour aborder les recherches sur la biodiversité est le peu d'intérêt qu'a manifesté la communauté scientifique pour la systématique depuis de nombreuses années. L'expertise, encore non négligeable, existant en France est appelée à disparaître à court terme faute d'avoir assuré en temps voulu son renouvellement. Dans les pays tropicaux, là où l'on est supposé trouver la plus grande richesse spécifique, on doit faire le constat suivant : faible niveau d'expertise ; connaissances taxinomiques souvent médiocres au-delà de certains groupes ; mauvais accès à l'information ; conditions de travail précaires dans les laboratoires. C'est pourtant dans ces régions que la diversité biologique est actuellement la plus menacée. En réalité, malgré de réels efforts en vue d'assurer la formation de chercheurs des pays du Sud, les résultats sont assez décevants. Les conditions de carrière et de travail qui leur sont offertes sont le plus souvent décourageantes.

Le concept de biodiversité résume à lui seul l'état actuel de la réflexion et de la maturation des idées dans les domaines de la biologie de l'évolution, de l'écologie fonctionnelle, de la biologie de la conservation. C'est un élément des rapports homme-nature par ses dimensions éthiques, philosophiques et économiques. Le devenir de la biodiversité est étroitement dépendant des choix de

société : écodéveloppement, perception de la nature. En réalité, si la diversité biologique concerne particulièrement les sciences biologiques, elle trouve sa légitimité dans une interpellation et une attente de la société.

La biodiversité peut être un formidable challenge pour les biologistes mais également pour les sciences de l'homme et de la société. En effet : elle pose de vraies questions scientifiques et donne un cadre conceptuel aux recherches sur le vivant ; elle trouve des champs d'application dans le domaine de la biologie de la conservation, et celui des biotechnologies ; mais c'est également un problème de société : elle s'inscrit dans un contexte philosophique et répond à une préoccupation sociale. L'étude du vivant, de son rôle dans le fonctionnement de la bio-

sphère, de sa préservation dans le contexte du développement, et des rapports que l'homme entretient avec la nature, est de toute évidence une des toutes premières priorités des recherches de cette fin de siècle. Les scientifiques le souhaitent, la société le réclame.

Mais les recherches sur la biodiversité nécessitent une nouvelle organisation, une restructuration du paysage scientifique et de la gestion de la recherche, autour d'équipes, de sites ateliers et d'observatoires, de moyens lourds. C'est à ce prix que l'écologie et la systématique sortiront de leur ghetto. C'est un but que pourrait se fixer le programme national "Dynamique de la biodiversité et environnement". L'enjeu est de taille, car l'avenir des sciences de la nature est en cause.

ASP "Sciences de l'Homme et de la Société"

Intervention d'Olivier Herrenschmidt¹

L'ASP ORSTOM-CNRS est une action incitative qui s'inscrit dans une histoire qu'il faut brièvement rappeler, car elle témoigne à la fois des volontés des deux organismes de collaborer, des limites de cette volonté et de la difficulté de la collaboration. En même temps, l'ASP actuelle présente plusieurs aspects positifs.

L'ORSTOM et le CNRS ont signé le 15 juin 1983 un accord cadre de collaboration scientifique. Une convention d'application a suivi, signée en avril 1984, entraînant la création d'une ASP pour quatre ans (1984-1988) dans le domaine des sciences sociales. Un comité scientifique paritaire en était responsable et le MRT (PM 4) s'y était associé. Deux premiers financements de projets ont eu lieu en septembre 1985 et avril 1986. Mais, à la fin de cette année-là, l'ASP a été brutalement interrompue : restrictions de crédits pour le CNRS et retrait financier du PM 4, crise du comité national du CNRS, "délégitimant" ses chercheurs nommés au comité scientifique ; surtout, changement de politique de la nouvelle direction de l'ORSTOM, refusant l'esprit et les orientations scientifiques de cette ASP

C'est à l'initiative du directeur scientifique du département Sciences de l'homme et de la société du CNRS que les liens sont renoués avec la nouvelle direction de l'ORSTOM, aboutissant à la reprise de cette ASP en mai 1988. Un nouveau comité paritaire est désigné, le MRT, département "Recherche en coopération", s'y associe pour finan-

cer régulièrement certains des projets retenus, et trois appels d'offres sont publiés, en 1989, 1990 et 1991.

La (deuxième) ASP

● Principes

L'objectif est d'encourager la collaboration entre chercheurs des deux organismes par le financement de projets nouveaux, sur une moyenne de trois ans, à caractère pluridisciplinaire. Il est demandé aux responsables de leurs unités et centres de recherche de donner leur avis et de soutenir matériellement et financièrement ces actions, l'ASP n'en finançant qu'une partie (de fait, rarement plus de 50 %). Chaque projet retenu sera suivi régulièrement par un membre du comité, et fera un rapport annuel sur son état d'avancement et son bilan financier (ces exigences ont été largement respectées).

La collaboration institutionnelle étant la priorité, le comité s'est réuni plusieurs fois pour réfléchir et faire des propositions aux deux directions sur un au-delà possible de cette action incitative, débouchant sur des relations pérennes et plus formelles entre les deux organismes. Le comité a tenu cependant à souligner que, dans le domaine des sciences sociales en particulier, les actions incitatives sont un élément important d'une recherche scientifique à caractère pluridisciplinaire.

Pour satisfaire à l'esprit de cette ASP, les appels d'offres n'ont jamais été thématiques, la qualité des projets et la bonne coordination des chercheurs des deux organismes déterminant le choix du comité. En conséquence, les

¹ Professeur d'ethnologie, Université de Paris X, Nanterre. Membre du comité scientifique paritaire de l'ASP ORSTOM-CNRS, secrétaire (CNRS) de cette ASP, en tant que chargé de mission auprès du directeur scientifique du département SHS du CNRS, jusqu'en septembre 1992 (Jean-Paul Duchemin en étant le secrétaire scientifique pour l'ORSTOM).

trois appels d'offres permettent de se faire une assez bonne idée des aires géographiques et des thèmes susceptibles, actuellement, de mobiliser ensemble les forces de l'ORSTOM et du CNRS.

● Evaluation, provisoire, de cette action

- Sur les trois ans, 44 actions ont été proposées, dont 25 ont été retenues (56,81 %). Un nombre élevé de formations CNRS est impliqué, qui souvent n'avaient jamais auparavant collaboré avec l'ORSTOM. Pour cet organisme, comme Jean-Paul Duchemin en a fait le bilan, si les frontières des départements ont été souvent franchies, deux d'entre eux ont particulièrement répondu, SUD et MAA ; en revanche, les réponses provenant de TOA sont quasi nulles, de même que pour le département Santé, ce qui est plus étonnant : la pluridisciplinarité souhaitée a ainsi vite trouvé ses limites.

- Géographiquement, il est intéressant de constater que l'Afrique et les DOM-TOM, domaines traditionnellement privilégiés par l'ORSTOM, représentent 44 % seulement des actions ; en revanche, l'Amérique latine est très présente et, surtout, un intérêt soutenu est visible pour le monde arabe et l'Asie.

- Thématiquement, il y a bien entendu une grande diversité : quelques thèmes "classiques", comme les politiques alimentaires, un grand intérêt pour les villes, les politiques urbaines, les métropoles. Le "développement" est souvent (nécessairement) présent mais ce n'est pas son étude qui, a priori, définit les thèmes proposés. Quelques projets, particulièrement remarquables en ce qu'ils combinent les forces des deux organismes, et par là définissent des recherches comparatives nouvelles, peuvent être cités (mais il est trop tôt pour en faire une évaluation définitive) :

- Dynamiques entrepreneuriales en Asie du Sud-Est et orientale, comparaison : Thaïlande (ORSTOM), Corée (CNRS) ;

- Les bourgeoisies industrielles dans les petites villes de l'Inde du Nord ;

- Etat et sociétés nomades ;

- L'évolution du marché du travail et l'émergence des fondamentalismes dans le contexte du développement et du sous-développement en Asie du Sud : Inde (CNRS), Bangladesh (ORSTOM) ;

- Pour une anthropologie des guerres contemporaines : approche de terrains violents (Amazonie, Corne de l'Afrique) ;

- Professions scientifiques et politiques de développement : le cas des ingénieurs et médecins dans quelques pays arabes.

Deux projets, au maximum, répondent aux interrogations de ces journées :

- un projet sur "l'évolution des milieux naturels et de la dynamique des populations en Tunisie" (de M. Picouet et G. Bonin), couplé d'ailleurs avec un projet de Boutrais et Botte sur les sociétés peules ;

- surtout, le projet de A.M. Hocquenghem (CNRS) et J.M. Gastellu (ORSTOM) sur l'histoire régionale de l'extrême nord du Pérou" (qui a d'ailleurs été repris comme PICS par le CNRS, avec une collaboration importante de l'Institut français d'études andines de Lima, MAE) : l'intention est explicite de lier histoire et écologie (les publications sur le phénomène El Nino en donnent une première idée).

Au-delà du constat négatif, quelles remarques positives et, si besoin, quelles critiques peut-on faire, quels enseignements peut-on tirer ?

Un certain nombre d'ethnologues ou de sociologues de la "ruralité", travaillant en Amérique latine, Amazonie ou Mexique, ou en Asie du Sud-Est, par exemple, auraient certainement eu ici des choses intéressantes à dire (mais c'est un autre signe à remarquer qu'il ne leur ait pas été demandé de faire une communication) : leur intérêt pour ces problèmes n'a sans doute jamais pris la forme d'une réflexion conjointe avec des spécialistes des sciences "dures".

On ne s'en étonnera pas lorsqu'un géologue constate déjà la difficulté de travailler aux "interfaces" des sciences exactes ! Constatant également, et ceci vaut pour tous, qu'aucun programme, en particulier pluridisciplinaire, ne peut aboutir s'il n'est soutenu de manière continue par les organismes qui le mettent en place et financent.

Plus profondément, il ne faut pas se leurrer sur la possibilité de collaboration entre sciences sociales et sciences exactes, y compris sur la question des écosystèmes et de la biodiversité. Le chercheur en sciences sociales, s'il est appelé, questionnera les scientifiques sur leurs concepts, et ne les acceptera pas nécessairement : sensible au symbolique et aux représentations, il croit à leur pertinence et à leur efficacité ; il ne pense pas que l'homme soit passif dans l'écosystème, ni qu'il y soit une espèce comme les autres. Surtout, peut-être, il ne demande pas qu'on le consulte comme spécialiste de l'"éthique" ou spécialiste responsable de la conservation du patrimoine de l'humanité. S'il n'est pas toujours considéré comme un "scientifique", il a une discipline, laquelle possède des règles, des méthodes et des concepts.

Ces remarques, bien entendu, ont une portée très générale : dans tous les cas, le chercheur en sciences sociales sait qu'il doit d'abord construire son objet, que les chercheurs des sciences exactes construisent le leur (en principe) et que l'interdisciplinarité commence ici, avec cette difficulté dont il faut d'abord prendre conscience : deux disciplines ne construisent pas le même objet et, avant qu'elles travaillent ensemble efficacement, il faut que chacune comprenne, et accepte totalement, le point de vue (sur l'objet) et les règles du travail de l'autre. Il me semble que nous en sommes souvent encore fort loin et qu'il ne suffit pas de décider, avec un fort volontarisme, qu'il faut faire de la pluridisciplinarité si les préalables épistémologiques ne sont pas clairement compris. ■

L'ASP et le Programme Environnement

J'avais prévenu les organisateurs de ces journées que je ne pourrais faire, du point de vue qui les intéressait, qu'un bilan "négatif", ce que la présentation ci-dessus laisse apparaître. La constatation peut, cependant, avoir son intérêt.

ECOFIT

(ECOsystemes et Paleoecosystemes des Forêts InterTropicales)

Michel Servant¹, Pierre Charles-Dominique², Jean-Louis Guillaumet³

Intervention de Michel Servant

Le programme ECOFIT a pour objectif d'évaluer l'impact des changements du climat sur les forêts intertropicales. Rattaché au volet Ecosystèmes terrestres du PIGB, il a débuté en 1992 avec l'appui du Programme Environnement du CNRS et de trois départements de l'ORSTOM (Terre - Océan - Atmosphère, Milieux et activités agricoles, Eaux continentales). Il se développe simultanément en Afrique et en Amérique du Sud, avec une forte participation d'équipes de recherche du Brésil, du Cameroun et du Congo. Son originalité réside dans le fait qu'il associe étroitement les disciplines de l'étude des écosystèmes forestiers actuels et celles qui reconstituent l'histoire des forêts.



Michel Servant (photo P. Audebert)

considérés comme l'état initial et stationnaire à partir duquel on pourrait déterminer leur évolution future.

Approches méthodologiques : comment aborder la complexité des forêts intertropicales en y intégrant une dimension historique ?

Hypothèse de travail : "la mémoire" des écosystèmes forestiers tropicaux

La distribution et la diversité des espèces au sein des massifs forestiers tropicaux, de même que la juxtaposition dans des conditions climatiques similaires de différentes formations végétales, se révèlent souvent difficiles à expliquer par les seuls paramètres de l'environnement actuel. D'où l'hypothèse, formulée de longue date par les biogéographes, que certains caractères des forêts tropicales sont hérités des modifications qu'elles ont subies dans le passé. Les travaux récents apportent de nouveaux arguments en faveur de cette hypothèse. En effet, il est maintenant démontré que les paysages végétaux ont été l'objet de profondes modifications, non seulement aux longues échelles de temps des périodes géologiques, mais aussi aux échelles relativement courtes de la période interglaciaire actuelle (les 10 000 dernières années).

Plus près de nous, les dernières décennies ont révélé que les écosystèmes forestiers tropicaux sont très sensibles aux anomalies climatiques, pourtant brèves, qui affectent épisodiquement certaines régions équatoriales. En 1982-1983, par exemple, une forte sécheresse a eu lieu en Amazonie et dans le Sud-Est asiatique. Elle a favorisé la propagation de grands incendies, y compris dans les forêts humides.

Il ne fait donc aucun doute que les changements du climat ont laissé des traces durables dans les écosystèmes forestiers actuels et que ceux-ci ne peuvent pas être

Les observations faites sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers tropicaux portent sur des intervalles de temps trop courts – quelques années dans le meilleur des cas – pour qu'on puisse appréhender les perturbations qu'entraînent les changements du climat. Cela est d'autant plus évident que la réponse de l'écosystème et de ses différentes composantes n'est pas forcément immédiate.

Néanmoins, les écologistes ont tenté d'introduire une plus large dimension temporelle dans l'étude des forêts tropicales. En comparant des forêts présumées d'âges différents, ils ont montré que les multiples interactions internes à l'écosystème s'expriment globalement, en un lieu donné, par une évolution au cours du temps de différents stades forestiers, depuis les stades de la régénération jusqu'aux stades de la "maturité".

Chacun de ces stades est caractérisé par des indicateurs biologiques ou géochimiques dont certains laissent des traces durables dans les sols ou les sédiments. Il est donc possible de reconstituer les états successifs passés d'un écosystème par l'analyse de ces indicateurs, lorsque ceux-ci sont fossilisés dans la couverture pédologique et/ou les dépôts des lacs ou des marécages.

L'utilisation de ces indicateurs a été faite jusqu'à présent selon des approches essentiellement qualitatives. Il est maintenant nécessaire de quantifier la relation indicateurs-écosystèmes sur une gamme aussi large que possible de paysages actuels. Cela constitue l'un des objectifs du programme ECOFIT.

¹ ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay, 93143 Bondy.

² LIRA CNRS 1183 Ecologie générale, 4 avenue du Petit Châteleu, 91800 Brunoy.

³ ORSTOM, Laboratoire de phanérogamie, 213 rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10.

Pour réaliser cet objectif, les recherches abordent l'écosystème forestier à deux échelles spatiales : à l'échelle locale, il s'agit de définir précisément comment un lac, un marécage ou une couverture pédologique enregistrent, de nos jours, les caractéristiques majeures de l'écosystème ; à l'échelle de grands transects géographiques, il s'agit de calibrer les indicateurs d'écosystèmes sur différentes formations végétales actuelles.

Parallèlement, l'analyse des séries climatiques disponibles le long des transects permettra de mieux cerner la variabilité du climat au cours des dernières décennies. Les données ainsi obtenues permettront à terme d'intégrer la relation indicateurs-écosystèmes dans la dynamique actuelle du climat.

Implantations géographiques : une recherche comparative entre l'Afrique et l'Amérique du Sud

Les implantations du programme ont été choisies en tenant compte des connaissances disponibles sur le climat tropical. Trois critères principaux ont été retenus : la variabilité plurijournalière de la température (fréquentes advections d'air polaire froid aux latitudes tropicales sud du Brésil) ; la distribution saisonnière des précipitations (déplacement de la zone de convergence intertropicale vers l'hémisphère d'été) ; la variabilité pluriannuelle des précipitations, en partie corrélée à des anomalies de la température de surface des océans (phénomène El Nino le long des côtes du Pérou).

Six sites pilotes et deux sites complémentaires font l'objet d'études pluridisciplinaires. Dans chaque site pilote, les recherches portent simultanément sur un lac ou un marécage et son bassin versant.

Thèmes de recherche

Afin de relier de manière cohérente les travaux pluridisciplinaires effectués à des échelles locales, le programme est organisé en cinq ateliers thématiques, chacun étant centré sur une question scientifique.

• Atelier 1. Quelle est la variabilité actuelle du climat ? Est-ce qu'il en existe un enregistrement dans la végétation ?

L'objectif est ici de décrire les principales anomalies climatiques des dernières décennies. On en recherchera ensuite d'éventuels enregistrements dans la végétation actuelle, au moins dans quelques sites considérés comme très significatifs (distribution des classes des diamètres des arbres, composition isotopique de la cellulose dans les essences à cernes de croissance...).

• Atelier 2. Quelles sont les relations entre les indicateurs biologiques et géochimiques et les écosystèmes actuels ?

Les recherches portent ici en priorité sur trois indicateurs : les pollens parce qu'ils permettent d'appréhender les états successifs passés de la végétation, les algues siliceuses (diatomées) parce qu'elles enregistrent les changements des bilans lacustres, la composition isotopique de la matière organique parce qu'elle permet de

discriminer savanes et forêts. Parallèlement, d'autres indicateurs biologiques, géochimiques ou sédimentologiques seront au moins localement pris en considération.

• Atelier 3. Quel a été dans le passé le rôle du feu dans la dynamique des forêts tropicales et quels en sont les héritages dans les écosystèmes actuels ?

La présence de charbons de bois fossiles a été fréquemment signalée dans les sols des régions tropicales humides, principalement au Brésil. Elle suggère que les forêts ont été localement et épisodiquement détruites par des incendies. Ceux-ci pourraient avoir été favorisés, comme de nos jours (1982-1983), par des anomalies climatiques sèches. L'étude des charbons (conditions de gisement, âges radiocarbone, déterminations spécifiques) apportera des indications sur la fréquence et l'extension des incendies de même que sur la composition floristique des écosystèmes où ils se sont développés.

• Atelier 4. Est-ce que la forêt transgresse sur la savane ? Depuis quand ? A quelle vitesse ? Et en quoi le phénomène est-il lié aux variations de climat ?

Les recherches, simultanément développées dans un site camerounais et un site brésilien, ont pour objectif d'évaluer la dynamique à moyen/long terme de la limite forêt-savane par des relevés botaniques, géomorphologiques, pédologiques et par l'analyse des enregistrements isotopiques et sédimentaires. Localement, il est possible d'évaluer le déplacement de cette limite au cours des dernières décennies en comparant les photographies aériennes anciennes et les images satellites récentes. L'hypothèse de travail, appuyée par des observations antérieures, notamment en Côte-d'Ivoire, est que la forêt transgresse actuellement sur la savane.

• Atelier 5. Quels sont les changements majeurs des environnements durant le dernier siècle, le dernier millénaire et les dix mille dernières années ?

Les recherches portent principalement sur les enregistrements sédimentaires (carottes lacustres) des modifications de l'environnement. Les indicateurs utilisés dans cette étude (pollens, diatomées, isotopes stables, etc.) seront quantitativement interprétés en fonction des résultats obtenus par l'atelier 2.

Les cinq ateliers sont respectivement animés pour la partie française du programme par J.L. Melice (ORS-TOM), M. Roux (Université de Marseille), J.L. Vernet (CNRS), A. Chauvel et M. Servant (ORSTOM). L'ensemble des recherches réalisées par les équipes africaines, sud-américaines et françaises est coordonné par un comité de programme qui comprendra, en 1993, H. Elenga (Congo), G. Achoundong (Cameroun), trois chercheurs brésiliens et trois chercheurs français.

Utilisation des résultats attendus

Au plan méthodologique, la calibration des indicateurs permettra des progrès significatifs dans deux domaines : l'évaluation quantitative des changements passés des écosystèmes, l'analyse des relations écosystèmes-climat actuel.

D'une manière plus générale, l'évaluation quantitative des modifications passées des écosystèmes forestiers

intertropicaux à différentes échelles de temps permettra de développer des modèles d'évolution de ces écosystèmes et fournira des éléments de vérification des modèles climatiques.

Le programme contribuera à mieux comprendre la biodiversité du milieu tropical humide. En effet, les épisodes passés de régression des forêts font que certaines espèces dont la capacité de dispersion dans les paysages est faible peuvent ne pas avoir encore totalement colonisé l'espace où elles pourraient se développer. Cela expliquerait en partie la complexité de la distribution géographique des espèces à l'échelle d'un massif forestier, mais aussi peut-être à des échelles locales si les écosystèmes ont été perturbés par des incendies au cours des derniers siècles. Enfin, il est possible que les caractéristiques propres des forêts d'Afrique et d'Amérique du Sud soient le résultat d'évolutions passées différentes.

Etat d'avancement

La première année du programme a été consacrée à des observations pluridisciplinaires sur le terrain dans cinq des six sites pilotes. Parallèlement, il a été procédé à la mise en place des ateliers : réunions de travail au Brésil et en France ayant pour but d'harmoniser les méthodes aux interfaces des disciplines, regroupement de moyens humains (notamment au sein des équipes brésiliennes, camerounaises et congolaises), premières campagnes de prélèvements pour calibration des indicateurs d'écosystèmes, inventaire des données disponibles (banque de données climatiques), tests analytiques en vue de préciser l'application de certaines méthodes (carbone 13 de la cellulose des arbres, par exemple).

Les travaux réalisés en 1992 confirment les hypothèses initiales du programme :

- Les grandes tendances de l'évolution des forêts révèlent les composantes zonales et méridiennes de la dynamique à long terme du climat : dans la zone équatoriale, elles ont été opposées de part et d'autre de l'Atlantique durant les huit mille dernières années ; aux latitudes tropicales sud du Brésil, la forêt d'Araucaria s'est déplacée d'environ 400 km vers le sud entre 8000 et 3000 ans BP.
 - Ces grandes tendances sont accidentées par des phases climatiques relativement brèves (quelques siècles) comparables aux sécheresses qui sont actuellement associées aux anomalies de température de surface de l'océan tropical (phénomène El Nino).
 - La transgression actuelle de la forêt sur la savane est confirmée en Afrique et en Amérique du Sud. Elle a débuté après la dernière des plus fortes anomalies sèches, que l'on commence à discerner vers 2500 ans BP en Afrique et Amérique du Sud. Elle pourrait donc s'expliquer par une réponse étalée dans le temps de l'écosystème à une ancienne modification du climat.
 - Les charbons de bois découverts dans les sols (notamment en Guyane et au Cameroun) renforcent l'idée selon laquelle des occurrences climatiques sèches, favorables aux incendies, ont eu lieu au cours des derniers millénaires dans des régions aujourd'hui très humides.
- Ces premiers résultats montrent que la variabilité climatique de la zone tropicale actuellement humide a été plus intense en Amérique du Sud qu'en Afrique au cours des derniers millénaires. Cela suggère que les deux continents pourraient répondre de manière différente aux changements globaux des prochaines décennies. ■

Contact : Simone Servant, Secrétariat scientifique du programme ECOFIT, Laboratoire de géologie, MNHN, 43, rue Buffon, 75005 Paris. Tél. : (33) 1 40 79 34 70 - Fax : (33) 1 40 79 37 39.

SALT

“Les Savanes à Long Terme”

Analyse de la dynamique des savanes d’Afrique de l’Ouest : mécanismes sous-jacents et spatialisation des processus

J.C. Menaut¹, G. Saint² et C. Valentin³

Intervention de Christian Valentin

Objectifs

- Prédire la nature et l’intensité des modifications du fonctionnement et de la dynamique des savanes sous l’effet des pressions climatiques et humaines, présentes et à venir. Ce qui implique :
 - d’identifier et d’analyser la réponse des écosystèmes aux pressions naturelles et anthropiques ;
 - d’étudier les échanges savanes-atmosphère (et leurs effets rétro-actifs sur le climat).
- Fournir des outils opérationnels de l’aide à la décision, ce qui requiert :
 - d’identifier les processus clés pour le développement d’une agriculture à faibles intrants (“potentialités naturelles”) ;
 - d’analyser les conséquences de divers scénarios de modes d’utilisation des terres.
- Promouvoir l’interdisciplinarité et la coopération entre équipes africaines et françaises en favorisant les échanges scientifiques – méthodologies, modèles, résultats – et la formation d’étudiants et de jeunes chercheurs associés aux travaux.



Christian Valentin (photo P. Audarou)

mation cartographique quantifiée des paramètres et variables majeurs aux échelles locale, régionale et continentale. Il s’agit de comprendre les mécanismes écologiques des changements de propriétés des systèmes, appréhendés à des échelles spatiales croissantes, de la parcelle à la région.

De telles études nécessitent qu’elles soient poursuivies sur le long terme afin de prendre en compte la variabilité des processus et des contraintes qu’ils subissent : événements épisodiques de forte intensité, tendances masquées par les “bruits

de fond”, processus cumulatifs, à effets-retard ou complexes régis par des interactions multiples.

Etude des processus écologiques

- Production primaire ; cycle de la matière organique et des nutriments (incluant l’activité biologique des sols).
- Echanges sol-végétation-atmosphère.
 - Stocks et flux de carbone.
 - Bilans radiatif, d’eau et d’énergie, en collaboration avec le programme Hapex-Sahel.
 - Emissions biogéniques et induites par les feux (CO_2 , NO_x , C_xH_y ...), en collaboration avec le programme DECAFE.
 - Flux de matières particulaires (programme spécifique “Photons”).
- Structure et dynamique de la végétation
 - Echelle locale : relations herbes-arbres, annuelles-pérennes... ; dynamique de régénération des populations végétales.
 - Echelle du paysage : modalité de structuration et d’évolution de la mosaïque végétale.
- Réponse des écosystèmes aux pressions externes (climat, feu, pâturage, culture) ; mécanismes de reconstitution des sols et de la végétation dans les jachères.
- Modification des écoulements des petits bassins versants comme élément intégrateur et diagnostic de l’évo-

Thèmes de recherche

SALT se fonde sur une approche intégrée des processus liant les mécanismes de flux de matière et d’énergie à ceux de la dynamique des espèces et de la structure de la végétation. Effectués dans une vision systémique, les travaux doivent directement s’intégrer à ce qui constitue le cœur du programme : fonctionnement et évolution de l’écosystème savane dans ses relations avec le climat et les activités humaines.

Le programme vise également à analyser l’expression des processus fonctionnels et dynamiques à diverses échelles d’espace et de temps, en fournissant une esti-

¹ Laboratoire d’écologie, URA CNRS, ENS, 46 rue d’Ulm, 75005 Paris.

² LERTS URM CNES-CNRS, 18 av. E. Belin, 31055 Toulouse Cedex.

³ ORSTOM, BP 11416, Niamey (Niger).

lution des milieux (états de surface, érosion hydrique et éolienne).

Etablissement d'un modèle générique de fonctionnement et de dynamique des savanes : intégration des processus et de leurs réponses aux pressions climatiques et humaines, à diverses échelles d'espace et de temps, dans un modèle (ou une série de modèles) liant structure, fonctionnement et dynamique.

La figure 1 schématise ces processus écologiques.

Spatialisation des processus

- Transferts d'échelles dans les modèles de processus.
 - Utilisation de systèmes d'information géographique.
 - Etablissement de relations entre perception satellitaire et mesures de terrain.
- Identification et hiérarchisation des modes d'occupation des terres (végétation "naturelle", cultures, pâturages) ; approche satellitaire de la définition d'unités agro-écosystémiques fonctionnelles (programme spécifique "Land Cover Change").
 - Biomasse, phénologie et production primaire : signatures spectrales des états de surface du sol (indices de fonctionnement des couverts végétaux, croûtes superficielles...), modèle "satellitaire" de production végétale (bilans d'eau et de carbone).
 - Régionalisation des bilans radiatifs et énergétiques.
 - Bilan hydrique régional et modélisation hydrologique.
 - Détection des feux et estimation des biomasses brûlées : suivi spatio-temporel.
 - Spatialisation des modèles satellitaires à diverses échelles.

Estimation des paramètres et variables majeurs aux échelles locale, régionale et continentale : cartographie des états de surface, structure de la végétation (rugosité de surface), production primaire (stocks et flux de carbone), bilan hydrique, albédo et bilan d'énergie...

Réseau de sites de recherche

Les sites doivent être représentatifs des conditions écologiques des savanes d'Afrique de l'Ouest, qui forment des mosaïques végétales plus ou moins organisées en bandes latitudinales. Ils se distribuent prioritairement selon deux gradients d'aridité – du golfe de Guinée au Sahel – et de continentalité – du Sénégal au Niger – croissantes et en fonction des différents modes d'utilisation des terres. D'autres sites sont répartis sur l'ensemble de la zone afin de prendre en compte certaines spécificités régionales et de permettre l'interpolation puis la spatialisation des résultats acquis.

Un certain nombre de sites majeurs ont été identifiés (fig. 2). Les sites "lourds" bénéficient d'une certaine infrastructure ; les sites diffus présentent une forte concentration de travaux sur l'ensemble d'une région. Ces sites majeurs constituent la base du programme : les études y sont pluridisciplinaires et doivent assurer un minimum commun de mesures des paramètres clés. Des sites plus légers, parfois disposés sur de mini-transects, couvriront des aspects plus spécifiques et serviront à généraliser ou à valider les résultats acquis sur les sites principaux.

Les sites sont organisés en un réseau régional afin de favoriser les échanges scientifiques (méthodologies, modèles opératoires, résultats) et de soutenir des missions d'appui afin que les compétences puissent être partagées et servir à l'ensemble du programme. A l'heure actuelle, le réseau couvre le Sénégal, le Mali, la Côte-d'Ivoire, le Burkina Faso et le Niger. D'autres équipes de la région – Bénin, Ghana, Tchad, Togo – ont demandé à être associées au programme.

Les résultats acquis dans le cadre de SALT, tant sur le terrain qu'au laboratoire, seront intégrés à une banque de données SALT, en collaboration avec MEDIAS et IGBP-DIS.

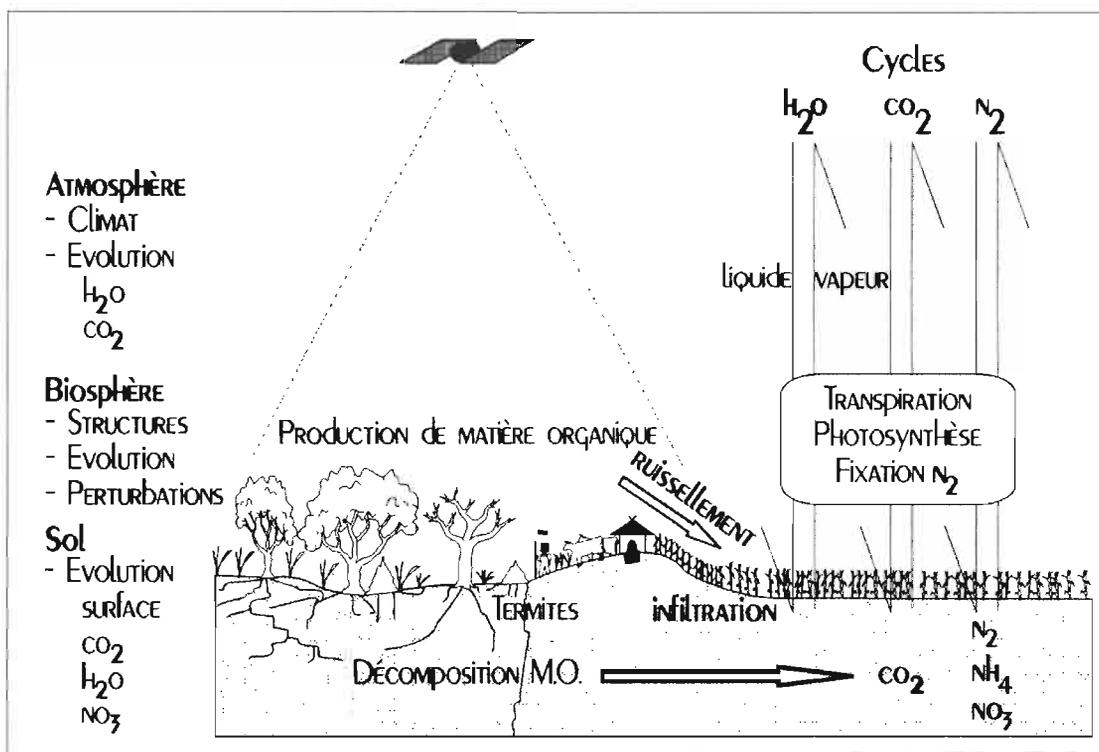


Figure 1.
Les processus
écologiques.

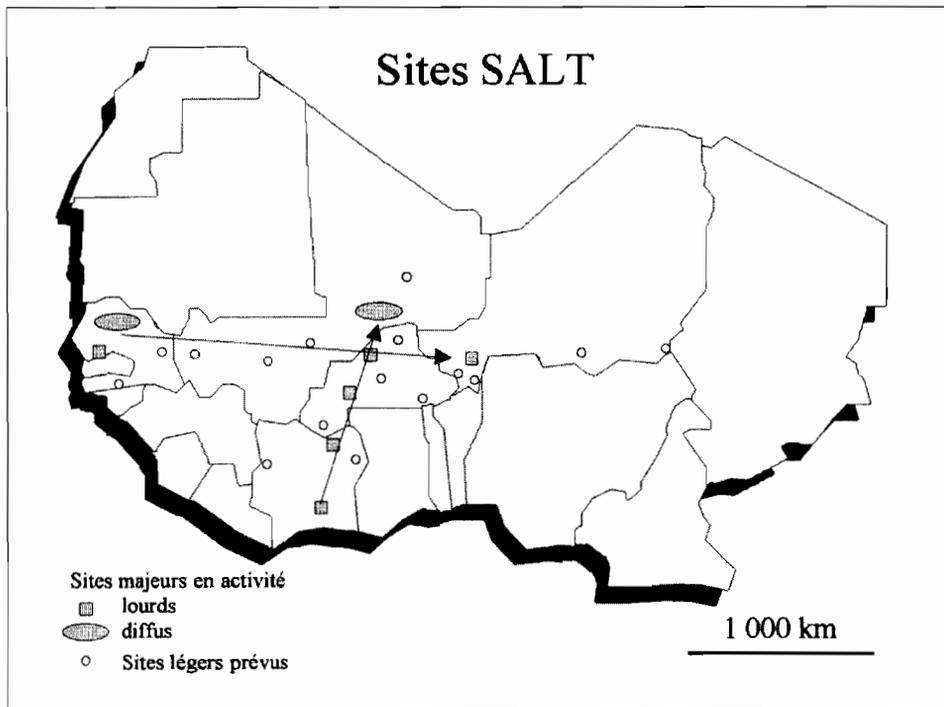


Figure 2.
Les sites majeurs de recherche.

Le cadre des travaux

Cadre national

SALT associe des laboratoires d'institutions variées ; d'autres équipes doivent participer également à ce programme, sur des volets particuliers :

- ENS, Laboratoire d'écologie, Paris ;
- CNES/CNRS, LERTS, Toulouse ;
- ORSTOM : en France, Bondy, Lannion, Montpellier ; à l'étranger, Dakar (Sénégal), Bobo-Dioulasso et Ouagadougou (Burkina Faso), Niamey (Niger) ;
- CNRS : CEFE, Montpellier ; CESR, Toulouse ; Géosystèmes, Brest ;
- CEA : LMCE, Gif-sur-Yvette ; CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort ;
- CNES : DGA, Toulouse ; CNRM : GMIE, Toulouse ; ENGREF, Montpellier ; IARE, Montpellier ; CIMEL électronique, Paris.

SALT collabore avec d'autres programmes français : Géosphère-biosphère, Dynamique et chimie de l'atmosphère en forêt équatoriale (DECAFE), Erosion et aérosols désertiques, Hapex-Sahel, Modèles de circulation générale ("zoom" Afrique de l'Ouest).

Cadre international

SALT associe de nombreux laboratoires africains impliqués sur le terrain et dans des opérations de formation :

- Burkina Faso : CNRST (INERA, IRBET), Université (FAST, IDR) ;
- Côte-d'Ivoire : IET, Université (IGT, LP, LZ, Station de Lamto) ;
- Mali : Université, CIPEA ;
- Niger : AGRHYMET, INRAN, Météo Nation., ONERSOL, Université (FA, LPA) ;
- Sénégal : ISRA (DRPF, LNERV).

Des collaborations sont établies en :

- Allemagne : Max Planck Institut für Chemie, Mainz ;
- Royaume-Uni : Dept. Biospheric Sciences, King's College, Univ. London ;
- Suisse : Conservatoire et jardin botaniques de Genève ;
- Australie : CSIRP-WE, Canberra et Darwin ; RSBS, Austr. Nat. Univ., Canberra ;
- Etats-Unis : NASA/GSFC, Greenbelt ; DG/Univ. Maryland, College Park ; DES/Univ. Virginia, Charlottesville ; NRL/Univ. Colorado, Fort Collins ; ECED/Univ. Arizona, Tucson.

SALT participe au Programme international géosphère-biosphère ("Core Research Project" d'IGBP-GCTE et d'IGBP-DIS pour sa partie "Mode d'occupation des terres"). SALT entre également dans le cadre du programme "Responses of savannas to stress and disturbance" (IUBS/UNESCO) et sert d'appui aux programmes du SCOPE "Effects of climate change on production and decomposition in grasslands" et "Tree-grass dynamics : effects on organic matter cycling". Il participe à la constitution du réseau de stations de suivi écologique à long terme mis en place par l'Observatoire Sahara Sahel. SALT s'insère enfin dans le cadre des grandes orientations définies par la CNUED (Rio 92 : Développement durable et biodiversité). Un partenariat avec des organisations internationales comme la FAO, l'OMM et le PNUE se met progressivement en place.

Responsables scientifiques

Un comité provisoire de coordination régionale a été constitué et se compose de MM. Ben Mohamed (Niger), Diarra (Mali), Dieye (Sénégal), Koli (Côte-d'Ivoire), Ouadba (Burkina Faso) et, pour la partie française, de MM. Menaut, Saint et Valentin. ■

Atelier 1

Les écosystèmes forestiers

Pierre Charles-Dominique et Jean-Pierre Pascal

Les forêts tropicales comme champ de recherches en écologie : évolution des recherches et perspectives

L'exubérance et la richesse des forêts tropicales ont très vite été remarquées par les premiers voyageurs naturalistes, mais ils ont été le plus souvent précédés par des aventuriers qui, autant pour dissuader la concurrence que pour augmenter leur prestige, en avaient fait des descriptions et colporté les récits les plus extravagants. Cette tendance à l'exagération a persisté chez de nombreux "explorateurs" des XVI^e, XVII^e et XVIII^e siècles, chargés le plus souvent par les gouvernements ou des compagnies privées d'inventorier les richesses potentielles et de reconnaître les voies de pénétration et de communication, principales préoccupations de ces époques.

Progressivement, les études, surtout géographiques, faunistiques, floristiques et anthropologiques, se sont rationalisées pour parvenir à une approche objective. Jusqu'à la première moitié du XX^e siècle, les forêts tropicales n'ont été considérées que comme de simples objets d'études "exotiques" n'intéressant que les forestiers et un petit nombre de chercheurs fondamentalistes travaillant principalement dans les domaines de la systématique et de la biogéographie.

A partir des années 60, des recherches plus fonctionnelles y sont menées, mais le plus souvent dans le cadre de disciplines encore très cloisonnées (botanique, écologie de certains groupes zoologiques, pédologie, climatologie, sciences humaines). Ce n'est que récemment que le fonctionnement global des écosystèmes forestiers tropicaux (ou des sous-ensembles qui les composent) est abordé. Dans le même temps, des hypothèses et théories, servant de supports conceptuels à ces recherches, sont élaborées : spéciation, biogéographie et théorie des refuges ; paléoclimatologie et paléoenvironnements ; régénération forestière et cycles sylvigénétiques ; cycles biogéochimiques ; co-évolution plantes-animaux ; évolution des structures sociales, stratégies d'exploitation des ressources et théorie de l'"optimal foraging", etc.).

Depuis une dizaine d'années, les forêts tropicales prennent une importance de plus en plus grande, autant pour l'ensemble de la communauté scientifique qui y découvre un champ d'étude prodigieux, mais s'alarme aussi devant les déforestations massives et la perte de

biodiversité, que pour les instances gouvernementales locales qui doivent gérer les massifs forestiers en faisant face à d'énormes problèmes économiques et démographiques. En outre, l'opinion publique occidentale s'émeut des bouleversements s'opérant sous les tropiques et des conséquences à moyen terme sur la disparition irrémédiable d'espèces, mais surtout sur l'évolution du climat à l'échelle planétaire. De grandes confusions règnent dans l'esprit du public, alimentées par les médias et un certain nombre de scientifiques s'avançant un peu trop, ou dont les résultats sont trop rapidement extrapolés.

Il est hautement probable que les modifications à très grandes échelles infligées aux écosystèmes forestiers tropicaux, mais aussi à d'autres milieux, auront des conséquences majeures. Les chercheurs travaillant dans le domaine de l'écologie (écologues, pour les différencier des "écologistes" ou "verts") seront donc de plus en plus sollicités comme experts et conseillers et auront à se prononcer et à prendre des responsabilités bien plus importantes dans nos sociétés. Actuellement, préciser où, quand et comment ces changements apparaîtront est tout à fait prématuré, ce qui n'empêche pas d'inciter à la prudence. L'écologie tropicale sort de son cadre purement scientifique et théorique et les chercheurs qui y travaillent doivent se préparer à répondre à ces interrogations nouvelles. Une réflexion s'impose, autant sur les axes de recherche à privilégier que sur les dispositifs nécessaires à leur réalisation.

Lors de la réunion tenue à Lyon du 13 au 15 janvier 1993, 140 personnes s'étaient inscrites à l'atelier "Les écosystèmes forestiers", et 33 d'entre elles avaient proposé une communication. Pour des raisons de temps, nous n'avons retenu que 11 de ces communications, dont 3 qui ont été regroupées en une seule, de façon à amorcer discussions et réflexions autour des problèmes suivants :

– Les transformations profondes que subiront et que subiront prochainement les écosystèmes forestiers tropicaux (destruction, remplacement par des systèmes agraires simplifiés, perte de diversité, etc.) vont avoir un impact planétaire. Il faut donc que les études puissent aboutir à des conclusions conduisant à appréhender les mécanismes, depuis l'échelle de l'individu jusqu'à celle du global, en passant par celles des populations, des peuplements, des guildes, des écotopes, des régions, ce qui pose donc le difficile problème méthodologique des changements d'échelle.

– C'est le "vivant" qui détermine la complexité de tous ces systèmes échangeant des éléments chimiques simples avec la géosphère. Les mécanismes doivent être appréhendés dans leur globalité, ce qui nécessite davantage de collaborations entre la communauté scientifique des biologistes et celle des "atmosphéristes".

Les conférences ont été réparties dans cinq chapitres, chacun permettant d'aborder un domaine particulier de l'écologie forestière, mais tous pouvant être reliés aux deux problèmes fondamentaux évoqués plus haut. Les cinq chapitres choisis sont loin de couvrir tous les domaines de l'écologie forestière, mais des champs assez spécialisés étaient discutés parallèlement dans d'autres ateliers (sols ; hydrosystèmes continentaux ; interfaces entre écosystèmes et contacts forêt-savane ; activités agricoles, environnement et paysages).

Régénération, dynamique et structuration des forêts

La majeure partie des processus du fonctionnement des écosystèmes forestiers proviennent d'interactions biologiques. La connaissance de ces mécanismes est indispensable, autant pour faire progresser la recherche fondamentale (modèles plus diversifiés et plus complets) que pour la mise en place d'une gestion rationnelle. Cependant, la complexité biologique des forêts tropicales et surtout le grand nombre des espèces qui les composent nécessiteraient un effort de recherche dépassant de très loin les moyens actuels. Une hiérarchisation des problématiques doit donc être établie en partant des interrogations majeures, de façon à définir et renforcer des domaines prioritaires.

L'exemple présenté par Annie Gautier-Hion (et Fiona Maisels) a révélé la plasticité des primates, capables de changer radicalement leurs stratégies alimentaires d'une région à une autre, passant du même coup du statut de disséminateur de graines (Gabon) à celui de destructeur de graines mais aussi pollinisateur de certaines espèces (Zaïre). De telles variations pourraient être corrélées aux différences de "richesse" des sols, les plus pauvres étant surtout occupés par des légumineuses, plus aptes à fixer l'azote atmosphérique, mais produisant moins de fruits à pulpe que la majorité des autres familles tropicales.

La deuxième conférence réunissait trois volets d'un vaste programme mené en Guyane sur la structuration de la forêt. Au cours de cette présentation, les intervenants ont tout d'abord posé le problème d'une modélisation mathématique des écosystèmes forestiers tropicaux. Cette modélisation doit prendre en considération l'hétérogénéité des écosystèmes, la diversité des espèces, les processus comme la régénération (fructification + dissémination + germination), la croissance et la mortalité, et aussi les différences de statut des individus selon leur position relative dans la maille forestière (François Houllier). Le deuxième volet a consisté à présenter une étude dynamique d'un peuplement de 0,8 ha (400 x 20 m) suivi pendant 10 ans (Bernard Riera et Raphaël Pelissier). Etude de terrain et traitement mathématique permettent ici de déduire statistiquement que dans cette forêt

mature, 54,8 % des groupes (inclus dans une maille de base de 5 m x 5 m) ont moins de 72 ans et seulement 1,1 % plus de 176 ans. Cette appréhension devrait permettre, à terme, en sélectionnant un petit nombre de paramètres bien choisis (diamètre et répartition des individus les uns par rapport aux autres) d'avoir une vision de l'évolution dynamique des massifs forestiers, à la condition que les échantillonnages soient suffisamment nombreux et représentatifs. Dans sa composante plus technique (Monique Dechambre), cette même équipe a exposé les premiers résultats obtenus grâce à un dispositif d'acquisition automatique de certains paramètres structuraux de la forêt par radar aéroporté (hélicoptère, avion et satellite).

Ces conditions paraissent idéales pour parvenir à sélectionner des critères biologiques commodes à mesurer et significatifs sur le plan fonctionnel, tout en évaluant leur variabilité spatiale depuis l'échelle de la parcelle jusqu'à celle de la région. Seules des équipes largement pluridisciplinaires et regroupées au sein de grands programmes peuvent espérer atteindre des buts aussi ambitieux, problème qui sera repris dans la conclusion générale.

Fonctionnement hydrique

L'eau, depuis les transferts au sein des organismes jusqu'aux échanges entre la forêt, l'atmosphère et les systèmes de drainage, représente un élément capital. Les plantes, par leurs caractéristiques anatomo-physiologiques, sont toutes adaptées à des régimes pluviométriques particuliers ; les types forestiers (forêts sempervirentes, semi-décidues, décidues...) sont d'ailleurs définis à partir de ces critères adaptatifs. L'eau représente 70 à 80 % de la matière vivante, et les échanges avec l'atmosphère participent de façon prépondérante à la régulation du climat local en régions forestières. Le passage depuis l'échelle de l'individu jusqu'à celle de la région devrait permettre de mieux comprendre les mécanismes globaux et d'estimer les tendances évolutives des massifs forestiers. Trois communications ont été retenues, chacune d'elle illustrant un niveau d'échelle.

Roland Huc, André Granier et T.S. Barigah ont donné les résultats d'études portant sur les mesures de flux de sève dans les troncs en comparant journées ensoleillées ou non, périodes sèches et périodes humides, espèces héliophiles et espèces de forêt nature. Des différences importantes apparaissent, en particulier entre les jeunes plantations et la grande forêt, qui présente un bilan d'évapotranspiration nettement plus élevé. Au cours de la discussion, le problème des systèmes racinaires et leur accès aux couches profondes a été soulevé.

Bien qu'existant uniquement dans des situations rares (collines de basses montagnes à pluviométrie réduite compensée par des brouillards), le phénomène des "arbres fontaines", présenté par Alain Gioda, Jacques Blot (ainsi que Roberto Espejo et Jean Maley), indique comment les adaptations anatomiques de certaines plantes permettent de recueillir la vapeur d'eau, de la condenser et de transformer le microclimat local. Au sein de cette équipe, c'est la contribution de la physique

(J. Blot) qui apporte l'explication du rôle des structures de la cuticule et des poils dans les mécanismes de condensation de l'eau atmosphérique.

Dans sa contribution, Luc Sigha Nkamjou a abordé le problème des échanges hydriques à l'échelle régionale (bassin de Ngoko, affluent de la Sangha) en établissant le bilan hydrique et le bilan des matières transportées. Sur une pluviométrie annuelle moyenne de 1 470 mm, seulement l'équivalent de 360 mm est écoulé alors que 1 100 mm sont évapotranspirés. Les années sèches, normales et humides ne sont pas toujours en phase d'une station à l'autre et, en règle générale, la sécheresse des deux dernières décennies semble moins accentuée dans cette zone forestière que sur les bassins côtiers voisins. L'augmentation de plus de 50 % du taux de particules transportées pourrait être lié à la multiplication des sociétés d'exploitation forestière dans la région.

Les échanges avec l'atmosphère

Les interactions forêt-atmosphère sont révélatrices de l'évolution des écosystèmes en relation avec leurs usages et avec les climats. Les études récentes s'attachent surtout à l'étude des gaz à effet de serre (sources et stockage). Beaucoup de ces études considèrent les forêts tropicales en tant que "puits" ou "source" d'éléments, souvent avec comme seules références biologiques des études de la physiologie de plantes isolées. Indépendamment, les écologistes mettent en évidence l'extrême hétérogénéité de la mosaïque forestière, dont les unités représentent des étapes de la maturation, mais sans se préoccuper des interactions avec l'atmosphère, considérant ce problème comme celui des physiologistes. Des collaborations s'imposent ici plus qu'ailleurs pour essayer de dégager les règles élémentaires du fonctionnement des sous-unités des grandes formations végétales. La communication précédente de Roland Huc, André Granier et T.S. Barogah a d'ailleurs montré à quel point l'âge d'une parcelle forestière pouvait influencer sur l'évapotranspiration, donc sur les échanges hydriques avec l'atmosphère.

Robert Delmas et Louis Labroue ont présenté les résultats de plusieurs campagnes menées en forêt du Mayombe (Congo), destinées à mesurer les flux d'émission des composés d'azote (NO , N_2O) et à en déterminer les sources. Par traitement des sols et comparaison de parcelles témoins, il a été démontré que la production de NO était due à l'autodécomposition de HNO_2 dans les sols acides, les précipitations jouant un rôle important par un apport de NH_4 dans les pluviollessivats. L'ozone oxyde rapidement le NO en NO_2 , si bien qu'en dépit d'émissions significatives la concentration de NO reste faible sous le couvert forestier. En s'appuyant sur la modélisation, il est montré que l'émission biogénique de NO par les sols a une faible influence sur la formation photochimique d'ozone dans la couche limite atmosphérique au-dessus de la forêt.

Ba Cuong Nguyen ainsi que Jean-Philippe Putaud, Nicolaos Mihalopoulos et Bernard Bonsang ont abordé les émissions de gaz vers l'atmosphère en relation avec les

feux. A partir de deux campagnes menées en Afrique (région de Lamto en Côte-d'Ivoire) et en Asie (région de Da Lat au Viêt-nam), ces chercheurs ont mesuré les émissions de gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4 , etc.) mais aussi les composés soufrés tels que le SO_2 qui a un effet sur l'acidité des précipitations. La modalité des pratiques de mise à feu jouerait un rôle essentiel pour l'émission du SO_2 , le maximum étant principalement produit après la phase de passage du feu sur les pailles de riz, au moment de l'émission des fumées.

Paléoclimat et modification des écosystèmes

L'histoire récente des écosystèmes intertropicaux (quelques dizaines de milliers d'années) indique que, corrélativement aux fluctuations climatiques, les massifs forestiers ont subi d'importantes modifications dans leur composition floristique et dans leur répartition géographique. L'étude détaillée de ces processus offre un double intérêt : d'une part une interprétation plus exacte des modalités de distribution des organismes au sein des grandes formations (problèmes des refuges, des espèces rares, des invasions, etc.), d'autre part la mise en évidence d'exemples d'évolution de la végétation en fonction des fluctuations passées du climat. Par analogie, cela peut aboutir à la constitution de modèles à valeur "prédictive" pour le moyen et long terme, tenant compte à la fois des modifications prévisibles des écosystèmes (réduction, fragmentation...) et d'une modification possible du climat global (effet de serre ? modifications de la circulation atmosphérique ?).

Ce champ de recherche, nécessairement pluridisciplinaire, avait été abordé en session plénière par Michel Servant dans sa présentation du programme ECOFIT (10 000 dernières années sur le Brésil, la Guyane et l'Ouest africain).

Dans cet atelier, Raymonde Bonnefille, A.M. Aucour, D. Jolly, M. Icole, G. Riolet et G. Buchet ont présenté une synthèse réalisée à partir d'études menées dans un site complémentaire, les forêts ombrophiles de montagne du Burundi depuis 40 000 ans. Après la reprise forestière située entre - 12 000 et - 9 000 ans, un changement de composition floristique apparaît, surtout vers - 6 000, et ce n'est que vers - 1 000 que la forêt régresse, vraisemblablement en liaison avec l'anthropisation.

Usages et gestion des forêts, conséquences au niveau global

Les usages des écosystèmes forestiers tropicaux, leur gestion, leur protection sont déjà ou seront dans un proche avenir au cœur des problèmes. Il est inéluctable, malgré les diverses volontés de limiter les destructions des forêts, que la tendance actuelle va se poursuivre ou même s'accélérer dans les prochaines années. Les

recherches appliquées à ce domaine sont encore très orientées vers la mise au point de techniques rentables d'exploitation des forêts, ou bien de leur transformation en systèmes simplifiés. Les remaniements à grande échelle en cours de réalisation se maintiendront-ils à long terme ? Quel sera leur impact climatique ? Comment réhabiliter les espaces déjà dégradés par un usage inconsidéré ou non approprié, et pour quels autres types d'usages ? Sur quelles bases scientifiques organiser la conservation de la biodiversité ? Quelle part des écosystèmes lui réserver ?

Comme on peut le constater, les problèmes sont multiples et complexes, et il paraissait difficile de les aborder tous dans cet atelier. C'est donc essentiellement l'impact des usages au niveau global et leur recensement à l'échelle géographique qui ont été discutés, bien que cet aspect ait été déjà partiellement évoqué lors d'exposés précédents (fonctionnement hydrique, échanges avec l'atmosphère). Marcos Aurelio Vasconcelos de Freitas (et Jean-Charles Hourcade) a présenté pour l'Amazonie brésilienne une cartographie évolutive des zones d'occupations humaines, depuis le XV^e siècle jusqu'à nos jours, montrant l'amplification du processus depuis les 30 dernières années. Même si les critères retenus par les autorités nationales peuvent être discutés, une décroissance du taux de déforestation apparaît depuis peu. Elle serait due à la crise économique actuelle et aux difficultés d'investissement qui engendrent des retards dans la mise en place des plans de développement.

Conclusion

L'écologie est une science moderne, qui intègre les approches de nombreuses disciplines pour parvenir à une compréhension globale des interactions biologiques, depuis l'individu jusqu'à l'écosystème et la biosphère tout entière. Cette approche s'appuie sur de nombreuses collaborations interdisciplinaires et sur l'utilisation de techniques propres à chacune des disciplines intégrées par l'écologie. Cependant, la spécificité de certaines problématiques et de champs de recherche propres à l'écologie demande, de plus en plus, que des outils adaptés lui soient consacrés. Cette nécessité est une raison supplémentaire pour inciter le regroupement de plusieurs équipes au sein de grands programmes quand il s'agit de gros investissements : développement de modèles mathématiques particuliers ; constitution de banques de données ; mise au point de matériel technique spécifiquement adapté à une recherche écologique ; implantation et/ou maintenance de stations de terrain.

Ce dernier point mérite une attention toute particulière puisque la collecte des données, les facilités matérielles d'accès et de travail sur le terrain, et surtout la garantie de pouvoir suivre des phénomènes à moyen et long terme, représentent la partie primordiale des recherches. Encore faut-il que les terrains choisis soient représentatifs des milieux à échantillonner et que l'on dispose de suffisamment d'éléments pour évaluer avec certitude les limites d'extrapolation des résultats acquis en un point du globe. Les problèmes d'aide à la reconnaissance,

d'échantillonnage, d'acquisition d'automatisation de la collecte de certaines données, d'extrapolation d'une échelle à une autre échelle ont autant d'importance que les concepts scientifiques sous-tendant les recherches. En effet, l'écologie ne doit pas se limiter à des études trop ponctuelles dont on serait incapable de mesurer l'importance à de plus grandes échelles ; elle doit permettre d'apporter des réponses à des niveaux régionaux, continentaux et globaux.

Dans cette perspective, de grands programmes de recherche doivent être mis en place, accordant l'importance qui convient à chacune des composantes. Physico-chimie de l'atmosphère, biologie des écosystèmes et sciences humaines forment les trois principales disciplines impliquées ; à chacune d'elles de justifier la part qu'elle peut apporter dans ces programmes, mais aussi d'aller rechercher une complémentarité dans les autres disciplines. Cela implique un nouvel état d'esprit et l'abandon des pratiques "protectionnistes" de certains scientifiques qui considèrent les autres disciplines comme concurrentes. Cela implique également la mise en place, au plus haut niveau, de comités de programmation et de financement représentatifs de ces différentes composantes.

Remarque : le sens des mots

Lorsque le terme "environnement" est utilisé, il l'est de plus en plus souvent en association avec le mot "problème", problèmes humains, bien évidemment. Il y a 10 ans encore, le terme environnement avait une signification beaucoup plus large qui incluait l'ensemble des conditions biotiques ou abiotiques, et concernait toutes les espèces vivantes, y compris l'homme. Un glissement s'est progressivement opéré, sans doute lié à l'augmentation des problèmes de l'homme face à son environnement, si bien que l'environnement est désormais réservé à l'homme, essentiellement lorsqu'il s'agit de son habitat au sens large ou de sa santé. Pour le reste de la biosphère, "milieu naturel" ou bien "environnement propre à l'espèce" sont maintenant souvent utilisés. De la même façon le terme écologue a dû être récemment adopté par la communauté scientifique qui a abandonné celui d'écologiste aux mouvements politiques qui s'intéressent à l'environnement.

Où s'arrête l'environnement humain, surtout quand les problèmes liés aux activités humaines prennent une importance planétaire ? Le jour où l'homme aura décidé d'occuper et de transformer la planète tout entière, le mot environnement retrouvera peut-être sa signification primitive. Ces problèmes sémantiques ne sont pas très importants, et leur résolution ne réglera pas les questions scientifiques qui les ont fait émerger. Ils ont cependant le mérite de nous faire comprendre que le sens des mots peut échapper au contrôle des scientifiques qui les avaient inventés ou adoptés. Ils nous montrent également à quel point les préoccupations des sociétés pèsent sur la vie scientifique, raison supplémentaire pour y être attentif et pour y répondre. ■

Atelier 2

Les hydrosystèmes continentaux

Christian Lévêque et Jean-Charles Fontes

Les exposés et les discussions de l'atelier 2 se sont organisés autour de trois thèmes principaux.

Les paléoenvironnements aquatiques

Les fluctuations des quantités d'énergie que doit dissiper le globe terrestre se traduisent par des variations des cycles de l'eau. La paléohydrologie est donc l'approche naturelle de la paléoclimatologie continentale.

Pendant trois décennies, les reconstructions paléoclimatiques ont été obtenues par l'étude – essentiellement isotopique – du matériel livré par les carottes de sédiments marins ou de glaces polaires. Toutefois, le développement des connaissances est limité par plusieurs facteurs : taux de sédimentation faible (de l'ordre de quelques $10^{-2} \text{ m} \cdot \text{ka}^{-1}$) et bioturbation par les organismes benthiques dans le cas des sédiments marins, chronologie indirecte fondée sur des modèles d'accumulation/fluage et compression de la stratigraphie à la base des profils dans le cas des carottes de glace. La paléohydrologie/paléoclimatologie continentale propose une approche complémentaire des phénomènes paléoclimatiques avec des taux de sédimentation de l'ordre du mètre par ka, la possibilité de dater par radiochronométrie, dans des colonnes sédimentaires peu perturbées par l'activité des organismes. Un intérêt théorique essentiel des études continentales découle de la possibilité qu'elles offrent de reconstituer les variations du couplage océan-atmosphère dans le passé. La compréhension de ces mécanismes est en effet nécessaire à l'établissement de modèles de circulation atmosphérique à l'échelle du globe. En cela, seules les archives paléohydrologiques peuvent permettre de contraindre les modèles pour ce qui concerne les parties continentales du mouvement des masses d'air et de vapeur d'eau. De plus, les fluctuations des climats continentaux sont responsables de la formation d'énormes ressources en eaux souterraines qui constituent les seules réserves hydriques de vastes régions aujourd'hui arides ou semi-arides. Par ses rapports avec les eaux souterraines, la paléohydrologie des systèmes lacustres et fluviaux présente un important volet d'intérêt économique.

Enfin, la demande toujours croissante de sites hydrologiquement sûrs d'entreposage de déchets (radioactifs et/ou toxiques) impose d'en prévoir le comportement à différentes échelles de temps, ce qui ne peut s'essayer qu'en reconstituant les fluctuations hydrologiques du passé.



Christian Lévêque

Malgré ces critères d'intérêt, les études paléohydrologiques sont restées peu développées par suite de difficultés inhérentes au milieu continental. Les premières reconstitutions convaincantes ont été conduites sous les hautes et moyennes latitudes (grands lacs américano-canadiens, lacs suisses). Aux latitudes intertropicales, en revanche, les fluctuations climatiques extrêmes, avec des périodes arides très ventées, ont entraîné d'intenses actions érosives éoliennes. De plus, l'implantation des études doit répondre à des critères hydrologiques qui condition-

nent la qualité des enregistrements hydroclimatiques ; bassin versant limité permettant d'éviter les effets d'intégration des conditions hydrologiques par le réseau de surface ; faible gradient topographique n'autorisant pas le transport massif d'éléments détritiques sans grand intérêt pour les reconstructions ; drainage du bassin par la nappe afin d'éviter les sursalures préjudiciables au développement des organismes indicateurs de milieu ; présence de minéraux calciques dans le bassin versant permettant la précipitation de carbonates (inorganique et organique) qui contiennent de nombreuses informations géochimiques et isotopiques.

Les exemples présentés ont montré le caractère rapide et synchrone, aux échelles régionales et parfois hémisphériques, des fluctuations climatiques sur les continents depuis le dernier maximum glaciaire. Les recherches sur les paléoenvironnements, outre leur apport à la connaissance des climats, sont particulièrement utiles dans la connaissance des facteurs responsables de la mise en place des faunes aquatiques actuelles.

Les ressources en eau et les changements climatiques

Les exposés nous ont retracé brièvement l'évolution des recherches hydrologiques en zone intertropicale, et la sensibilisation progressive de cette discipline aux problèmes d'environnement. C'est dans une perspective d'approche intégrée des systèmes aquatiques qu'a été constitué par exemple le département Eaux continentales de l'ORS-TOM. C'est en effet sur la base de conflits d'enjeux et d'usages de l'eau qu'il faut concevoir la gestion de ces systèmes. Il faut noter que les chroniques de données hydrologiques et climatologiques, accumulées parfois depuis plusieurs décennies, constituent une contribution tout à fait significative dans le cadre des observations sur les changements climatiques à long terme.

L'hydrologie est le moteur du fonctionnement des écosystèmes aquatiques ainsi que l'a bien montré un exposé sur les régimes hydrologiques des grands fleuves sahéliens, dont l'hydraulicité a baissé dans des proportions importantes et dont les régimes de tarissement ont parfois radicalement varié depuis le début de la sécheresse sahélienne, au début des années 70. L'amenuisement des réserves souterraines a pour conséquence un appauvrissement durable des ressources hydriques de surface, malgré une amélioration récente des conditions climatiques. En d'autres termes, les étiages sont plus sévères et plus longs.

Les conséquences de ce déficit hydrologique qui sévit depuis plus de 20 ans ont pu être suivies, grâce à la télédétection, dans le delta central du Niger où l'étendue et la durée de submersion des plaines du lit majeur se sont fortement réduites, avec pour conséquences la mise en culture de secteurs probablement occupés par les formations végétales aquatiques, et une réduction de l'espace pastoral.

La qualité des eaux des fleuves intertropicaux est variable en fonction de la proximité de la mer et de la disponibilité en minéraux hydrolysables dans le bassin sous l'effet d'une température moyenne élevée. Les autres variables présentent des variations marquées, liées aux conditions locales. C'est néanmoins en zone intertropicale, moins affectée globalement par les impacts des activités humaines, que l'étude des processus naturels apparaît la plus prometteuse.

Les systèmes biologiques

Sur le thème de la biodiversité en milieu aquatique, il existe une grande expérience française dans le domaine de l'ichtyologie tropicale. Le poisson est à la fois une ressource économique et un groupe présentant une grande diversité de modèles biologiques, mais qui est très menacé par les activités humaines et dont la valeur patrimoniale est souvent reconnue. Pour toutes ces raisons, le poisson peut être une excellente "bannière" sous laquelle aborder l'étude et la gestion des systèmes aquatiques. Il est possible d'envisager une approche coordonnée des recherches portant à la fois sur l'état actuel des systèmes aquatiques et de leur faune, sur l'origine et le maintien de la biodiversité, sur son rôle écologique, sur les menaces potentielles y compris les pollutions, les introductions d'espèces, les aménagements. Il s'agit également de surveiller l'évolution de la biodiversité, d'identifier les espèces et les zones à protéger, et de valoriser les ressources biologiques des espèces sauvages. Des programmes sont actuellement en cours en Afrique (Côte-d'Ivoire, Guinée, Mali, Sénégal) et en Amérique du Sud (Guyane, Amazonie). Ils concernent en particulier la diversité génétique, les inventaires spécifiques, les relations entre l'habitat et la structure des peuplements piscicoles. Un exposé a souligné tout l'intérêt des recherches sur les stratégies vitales et notamment sur les stratégies de reproduction des poissons. Un autre a rappelé l'intérêt des parasites de poissons comme marqueurs spécifiques et comme modèle de coévolution.

De nouveaux types de milieux et de paysages aquatiques sont apparus au cours des dernières décennies. Il s'agit en particulier des nombreux petits barrages à usage multiple (agriculture, élevage, production piscicole, alimentation des villages) qui ont été construits un peu partout dans le monde. La gestion intégrée de ces systèmes,

dans une optique de valorisation de leurs potentialités, nécessite l'implication de nombreux spécialistes de disciplines différentes.

De nouveaux outils sont également en cours de développement. Des recherches sur la simulation du fonctionnement du système pêche dans le delta central du Niger sont en cours, qui prennent en compte différentes connaissances et différents objets d'étude (poissons, pêcheurs, engins, marché).

L'eau est également un vecteur de maladies et des programmes eau et santé sont actuellement réalisés en Afrique de l'Ouest. Les modifications anthropiques résultant des aménagements entraînent des changements dans l'accès aux eaux ménagères et dans l'épidémiologie des maladies associées à l'eau. Le programme vise à mesurer l'impact des actions de développement sur l'état sanitaire des populations en relation avec l'utilisation de l'eau.

Conclusion

L'atelier a permis de souligner l'interdépendance des domaines d'étude pourtant fort divers qui ont été abordés et qui reflètent les différentes réponses qu'apporte le milieu aquatique aux fluctuations naturelles, induites ou provoquées, de l'environnement. Plus spécifiquement, l'atelier a permis de dégager certains principes au bénéfice des futures recherches.

– Le matériel destiné aux études paléohydrologiques devra être préférentiellement prélevé par carottage continu, manuel ou mécanique, dans des lacs ou des paléolacs. Les cibles possibles sont les lacs du rift d'Afrique orientale et de l'Afar, les paléolacs interduinaires du Nord-Niger et du Tchad, ainsi que les anciens réseaux de surface du Nord-Mali, de Mauritanie et du Sahara algérien. Les études devront être interdisciplinaires, avec intervention coordonnée de spécialistes d'hydrologie, géochimie, sédimentologie, paléobiologie, météorologie, modèles.

– Les milieux aquatiques tropicaux sont l'objet de sollicitations nombreuses en termes d'utilisation. Une approche intégrée est nécessaire pour jeter les bases d'une gestion de ces hydrosystèmes. En particulier, une bonne connaissance de l'hydrologie est indispensable, notamment en zone sahélienne, compte tenu des modifications des débits liées aux évolutions climatiques.

– Des zones ateliers sont à identifier pour assurer un suivi à long terme de l'évolution des milieux aquatiques et de la biodiversité. Le delta central du Niger au Mali est un bon candidat compte tenu des observations déjà accumulées. Le bassin du Congo et les fleuves de Guyane sont également des sites potentiels.

– Les poissons des eaux continentales sont une bonne "bannière" dans les pays tropicaux pour étudier l'évolution des systèmes aquatiques et l'impact des activités humaines sur la biodiversité. Compte tenu des compétences françaises dans ce domaine, un programme international pourrait être mis en place.

– La production de la communauté scientifique française en matière d'hydrosystèmes tropicaux est bonne mais pourrait être mieux valorisée. Il serait en particulier nécessaire de mettre l'accent, d'une part, sur des synthèses régionales, d'autre part sur des manuels et ouvrages destinés à l'enseignement et à la vulgarisation. ■

Atelier 3

Les écosystèmes littoraux

François Blasco, Jacques Lemoalle, Bernard Salvat

L'atelier 3 "Les écosystèmes littoraux" était animé par François Blasco, Jacques Lemoalle et Bernard Salvat. Il regroupait une trentaine de spécialistes, ce qui n'autorise probablement pas la production d'une synthèse parfaitement représentative de la compétence nationale dans le domaine. Les questions étudiées ont porté surtout sur les problèmes liés aux récifs coralliens (700 000 km² dans le monde, 60 à 100 chercheurs français), aux mangroves (100 000 km² dans le monde, 30 chercheurs français) et à la gestion des ressources halieutiques.

Les grandes tendances

Les équipes concernées par les problèmes d'environnement littoral tropical appartiennent surtout à l'ORSTOM, à l'IFREMER, à l'EPHE et au CNRS (et laboratoires universitaires associés).

Les sites sur lesquels les recherches littorales sont conduites par des équipes françaises sont disséminés sur toutes les façades des continents ou presque, avec cependant, outre les DOM-TOM, une région particulièrement étudiée de longue date : l'Afrique de l'Ouest.

Les thèmes semblent faire apparaître les points d'orgue suivants :

- le fonctionnement des écosystèmes côtiers : récifs et mangroves essentiellement, y compris les problèmes des flux géniques ;
- saisie des paramètres d'entrée dans des modèles d'évolution du littoral et de ses écosystèmes (constitution de bases de données) ;
- ressources littorales : essai de modélisation des relations entre production biologique, paramètres de l'environnement, usages ;
- bases biologiques de l'aquaculture intertropicale.

Concernant l'exploitation des ressources halieutiques, il s'agit essentiellement de la pêche artisanale. Les programmes actuels s'orientent vers l'étude de la variabilité de la ressource et de l'adaptabilité des communautés de pêcheurs

en fonction, d'une part, de cette variabilité et, d'autre part, de l'évolution des conditions socio-économiques à terre, qui conditionnent leurs débouchés.

Il semble, par contre, que l'étude des relations entre environnement et sociétés vivant sur les littoraux, en espace urbanisé ou rural, ait été assez délaissée dans la période récente.

Les recherches d'écologie ou sur le fonctionnement des écosystèmes sont le plus souvent ciblées sur un ou deux compartiments fonctionnels, voire sur un seul. A notre connaissance, une étude synthétique comme celle des milieux côtiers et lagunaire de Côte-d'Ivoire (deux ouvrages multi-auteurs à paraître en 1993) reste une exception peu susceptible de renouvellement.

L'aquaculture littorale, marine, lagunaire ou en mangrove, est particulièrement développée dans le Sud-Est asiatique. Dans les DOM-TOM et, dans une moindre mesure, en Afrique de l'Ouest, des programmes sont en cours sur l'optimisation de l'élevage de la crevette, et sur les bases biologiques préalables à l'élevage de poissons marins ou estuariens tropicaux. Comme pour la zone tempérée, les interactions entre aquaculture et environ-

nement, ou la capacité biotique du milieu, seront sans doute l'objet des programmes futurs.

La dynamique du littoral, passée ou actuelle, fait l'objet de programmes français dans un ensemble international replaçant les évolutions actuelles dans un contexte à long terme (PIGB, ECOFIT...). L'élévation du niveau moyen de la mer (estimée à 15 cm par siècle actuellement, mais dont il est prévu qu'elle atteigne 30 cm pour le siècle à venir), l'élévation de la température moyenne et de la teneur atmosphérique ou marine en CO₂ sont des facteurs de l'environnement particulièrement sensibles en zone littorale. Si l'on prend également en compte l'impact des pollutions transportées par les fleuves, ou directement rejetées par les agglomérations urbaines, il est urgent d'analyser les processus de transport et de sédimenta-



Les lois qui régissent la survie des mangroves font intervenir la nécessaire régularité du régime hydrique : apports d'eau douce, rythme des marées, etc. Dès que le régime hydrique est modifié, naturellement (relèvement du niveau moyen des mers) ou par l'homme (barrages, travaux côtiers, etc.), la mangrove meurt et des terrains salés sans vie la remplacent (photo F. Blasco : mangroves d'Amérique ; Venezuela)

tion côtière, notamment en ce qui concerne l'hydrodynamique littorale et la géochimie des métaux et pesticides.

Concernant plus particulièrement les recherches sur les mangroves, rappelons qu'il s'agit d'écosystèmes presque exclusivement tropicaux et subtropicaux et qu'il en existe environ 350 km² dans nos Territoires ou Départements d'outre-mer, répartis comme suit : Guadeloupe, 70 km² ; Martinique, 19 km² ; Guyane, 55 km² ; Nouvelle-Calédonie, 200 km².

Une trentaine de chercheurs français ont suffisamment travaillé sur ces écosystèmes pour être considérés comme des spécialistes.

On doit noter l'extrême dispersion des actions de recherche (flore, fonctionnement, malacologie, ornithologie, pollution, palynologie, géomorphologie, etc.) et l'absence totale de concertation inter-organismes pour conduire en commun des opérations de recherche.

La dispersion géographique est aussi très grande, avec cependant un semblant de convergence spontanée sur les mangroves de Guyane et des Antilles d'une part, de l'Afrique de l'Ouest et du Pacifique d'autre part. A notre connaissance, il n'existe pas actuellement un site français, instrumenté, sur lequel les chercheurs français peuvent effectuer les mesures stationnelles et conduire des expériences pluridisciplinaires originales.

Il faut noter que le siège de l'International Society for Mangrove Ecology se situe au Japon (c/o College of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-01 – Japon), ce qui ne surprend pas, compte tenu de l'importance de la mangrove asiatique (près de 40 000 km²) et des interactions fortes entre ces écosystèmes et les pêcheries côtières.

Les équipes françaises se sont maintenues ces derniers temps à un bon niveau international dans quelques domaines dont voici probablement les principaux : la pédologie, la paléoécologie et l'évolution des littoraux, la télédétection et les lois déterminant les grands équilibres dynamiques de ces écosystèmes. Ce sont le CNRS, l'ORSTOM, l'IFREMER, Elf Aquitaine et quelques universités qui, dans ces domaines de la science, ont apporté le plus de résultats significatifs.

Dans l'optique de la conférence de Rio, c'est-à-dire dans la prise en compte simultanée des impératifs économiques (aménagement et utilisation des mangroves) et de protection des écosystèmes côtiers, il semble que les équipes françaises se soient encore peu impliquées, laissant ce champ d'action aux équipes essentiellement américaines de Floride (John R. Clark : Coastal Ecosystem Management : Conservation of Coastal Zone Resources) et de Hawaii (East West Center, Honolulu, Prof. L. Hamilton).

En dépit de la dispersion notable des moyens et des thèmes traités, les équipes françaises travaillant sur les mangroves sont parvenues ces dernières années à quelques percées scientifiques intéressantes. Pour confirmer ou nuancer les commentaires qui précèdent, il serait bon que l'IFREMER, l'EPHE, le CNRS, l'ORSTOM et les universités produisent un bilan des actions françaises pour l'étude des mangroves au cours des 10 dernières années.

Si un effort concerté doit être fait, les actions prioritaires devraient porter sur une meilleure compréhension des

mécanismes de transfert entre productivité primaire de la mangrove et animaux commercialisables. On rejoint là des problèmes d'usage de la mangrove et de conversion partielle à des fins d'aquaculture.

Toujours dans l'optique de la conférence de Rio, le moment est sans doute venu d'étudier les problèmes des barrières géniques et la diversité génétique dans des groupes tels que *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* et *Laguncularia racemosa*, qui constituent l'essentiel de la mangrove, de part et d'autre de l'Atlantique. Ces populations séparées depuis quelque 50 millions d'années semblent avoir conservé leurs caractères ancestraux pratiquement depuis qu'elles sont apparues à l'état fossile (paléogène).

Les récifs coralliens s'étendent sur 700 000 km² en zone intertropicale côtière baignée par les eaux chaudes. Ils sont présents dans les parties occidentales et centrales des trois océans et moins développés, rares ou absents dans les parties orientales en raison de conditions océaniques thermiques moins favorables. L'écosystème corallien est le plus riche en espèces du domaine marin et un des plus riches de la planète ; il repose sur la symbiose entre coraux et algues unicellulaires (zooxanthelles) et se caractérise par un fonctionnement complexe avec une multitude de relations interspécifiques durables.

Géographiquement, si les hauts lieux de la diversité et de l'exubérance des récifs se situent dans l'Ouest-Pacifique pour la province Indo-Pacifique (Japon, Philippines, Grande barrière de corail en Australie) et dans les Grandes Antilles pour la province Caraïbes, la France est présente sur le front des trois océans par les Départements et Territoires d'outre-mer et les collectivités territoriales. On peut classer comme suit ces zones coralliennes par importance décroissante, en considérant leur intérêt naturel, culturel et socio-économique : Polynésie française, Wallis et Futuna, Nouvelle-Calédonie, Mayotte, Guadeloupe et Martinique, La Réunion.

Le nombre de chercheurs à activité principale "récifale" dans le monde peut être estimé à un millier, communauté qui s'est développée depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale et qui se réunit régulièrement tous les 4 ans. Après le symposium organisé à Tahiti en 1985 – 600 participants – et celui de 1988 à Townsville (Australie), le dernier congrès a eu lieu à Guam (USA) en juin 1992 – 700 participants – et le prochain se déroulera à Panama en 1996. Si l'on considère les domaines des sciences de la terre et de la vie et des sciences humaines et si l'on intègre non seulement les chercheurs, mais aussi les ingénieurs et les aménageurs, la suprématie fut d'abord américaine et anglaise, les premiers étant plus nombreux que les seconds. Les Australiens ont pris le relais compte tenu de l'enjeu économique de la Grande barrière de corail. Les chercheurs français récemment recensés sont au nombre d'une centaine. La majorité d'entre eux relève du ministère de l'Education nationale (universités et grands établissements de recherche – EPHE et Muséum), puis de l'ORSTOM, du CNRS, du CEA, de l'IFREMER et de services départementaux ou territoriaux des DOM-TOM.

Les secteurs géographiques privilégiés des recherches en milieu corallien se situent dans les zones intertropicales des pays développés (Australie : côte orientale ; USA : Floride, Caraïbes, Hawaii, Centre-Pacifique ; France :

DOM-TOM ; Japon : Ryukyus) et, secondairement, dans les pays en voie de développement, tout particulièrement dans le Sud-Est asiatique. La très grande majorité des programmes et des chercheurs français se concentre sur les TOM du Pacifique, en Polynésie française, surtout, et en Nouvelle-Calédonie. Dans le cadre d'accords de collaboration ou de missions, des études sont également réalisées dans des Etats du Pacifique, dans le Sud-Est asiatique, en Australie, dans l'océan Indien et à Madagascar, en mer Rouge et dans le golfe Persique ainsi que dans les Caraïbes.

Les thèmes de recherche actuellement en cours, à en juger par les sessions du dernier symposium de Guam et par les plus récentes publications dans les périodiques en vue, portent sur une quinzaine de thèmes allant de la biologie de la symbiose sclérentiniales-zooxanthelles à la gestion du milieu et de ses ressources, en passant par le métabolisme coraux et récifs, le cycle du carbone et du CO₂, le blanchissement des coraux, la télédétection, etc.

Les recherches françaises apportent une contribution plus ou moins importante à chacun de ces thèmes. Les domaines de la biologie et de l'écologie occupent plus de la moitié des chercheurs français alors qu'un tiers se consacre aux sciences géologiques, physiques et chimiques ; deux seulement étudient les aspects économiques des récifs. Quelques équipes développent des programmes de recherche, au rang desquelles des unités universitaires associées au CNRS relevant de l'INSU (URA 41, Marseille-Endoume ; URA 1208, Marseille-Provence ; URA 132, Aix-Marseille ; URA 724, Orléans) ou des Sciences de la vie (URA 1453, EPHE Perpignan ; URA 699, Muséum), ainsi que des équipes de l'ORSTOM (Tahiti et Nouméa) et du CEA (CFR Gif-sur-Yvette ; LDG). Un comité "Récifs coralliens" a été constitué en 1990 à l'initiative de l'INSU et de l'ORSTOM. Son but est de stimuler, coordonner et évaluer non pas la totalité des recherches françaises sur les récifs coralliens, mais une partie selon quelques axes sélectionnés. Les axes de recherche retenus par ce comité concernent les flux de matière, les mécanismes d'endo-upwelling et les paléoenvironnements.

Les centres "terrain" de recherche des équipes françaises sur les récifs coralliens se situent dans les DOM-TOM. Un centre dépendant de l'EPHE à Moorea, en Polynésie française, existant depuis 22 ans, fait de l'écosystème corallien de cette île l'un des plus étudiés et des plus connus du monde. Toujours en Polynésie française, l'ORSTOM possède depuis 10 ans une base sur l'atoll de Tikehau alors que les services du Territoire ont des bases sur les atolls de Rangiroa et de Takapoto et que le CEA et des services de la Direction des centres d'expérimentations nucléaires travaillent sur les atolls de Mururoa et de Fangataufa. En Nouvelle-Calédonie, le centre ORSTOM a développé un programme lagunaire depuis une douzaine d'années. Les stations à Moorea et sur les atolls des Tuamotu présentent la spécificité de récifs d'îles océaniques en milieu oligotrophique, à l'extrémité orientale de la province Indo-Pacifique, où la diversité en espèces et en habitats est minimale et où l'écosystème corallien est très étroit. Cette dernière caractéristique permet de passer, en quelques centaines de mètres, des milieux de haute énergie à ceux de basse énergie. En Nouvelle-Calédonie, les caractéristiques sont inverses des précédentes.

Dans le cadre de l'après-conférence "Environnement et développement" (Rio) et des changements globaux, on peut signaler les points suivants : des actions de recherche sont en cours sur la biodiversité dans les récifs coralliens et seront prochainement insérées et développées dans le programme national "Dynamique de la biodiversité et environnement" et le programme "Diversitas" de l'IUBS-SCOPE-UNESCO. Au plan international, des chercheurs français participent à la mise en place de réseaux d'observatoires coralliens. Les conséquences d'une éventuelle élévation du niveau de la mer sont étudiées (milieu naturel, humain et économique) sous l'égide du ministère de l'Environnement.

Au-delà de l'intérêt scientifique pour l'avancement des connaissances que représente le modèle corallien et récifal, dont les maîtres mots caractéristiques sont symbiose, autotrophie et biodiversité, il est clair que le problème immédiat de cet écosystème à l'échelle planétaire est la gestion de son espace et de ses ressources face à la poussée démographique (pollution et nécessité d'accroître les ressources alimentaires). On peut regretter, à l'échelle mondiale et aussi à l'échelle française, la faiblesse numérique de ceux qui œuvrent sur l'usage et la gestion de l'écosystème corallien.

Echanges pluridisciplinaires

Les participants à l'atelier 3 ont fortement mis l'accent sur la nécessité de nouveaux efforts de recherche sur les thèmes suivants :

- Changements globaux : simulation des conséquences biologiques, économiques et sociales prévisibles sur quelques sites.
- Production de modèles locaux d'évolution d'écosystèmes côtiers tropicaux, sur des sites à déterminer après concertation nationale.
- Problèmes de biodiversité littorale et barrières génétiques, notamment en milieux insulaires.

Bien qu'il soit toujours difficile d'épuiser un sujet important en une matinée de réflexion et d'échanges pluridisciplinaires, il faut retenir les points suivants, parmi les interrogations fortes des participants de l'atelier "Ecosystèmes littoraux" :

- Dans les sciences de l'environnement, peut-on encore faire de la science pour la science ?
- Comment résoudre les problèmes chroniques de communication entre décideurs et scientifiques ; alors que les premiers demandent des recettes, les seconds proposent trop souvent des connaissances.
- N'est-il pas prioritaire de maîtriser les problèmes de transfert d'échelle avant de multiplier les sites d'observations et de mesures. Sinon comment insérer les résultats locaux dans une approche globale ?
- Les sciences de l'environnement comme les sciences biologiques ne sont pas, en général, des sciences exactes. Il faut accepter une marge d'imprécision qui reste à déterminer.

"*Tout usage finit par se changer en abus*" (Jean Dutourd). C'est précisément ce que les efforts des scientifiques devraient permettre d'éviter. ■

Atelier 4

Les savanes, zones sahéliennes et déserts

Jean-Claude Menaut et Alain Perrier

Éléments de réflexion sur l'état de la recherche

Selon l'inventaire en cours effectué par la revue *Acta Oecologica* pour le compte du ministère de l'Environnement, le nombre de scientifiques impliqués dans des recherches portant sur les zones de savanes et de déserts est important. Il explique l'existence de réseaux nombreux et actifs, souvent se recouvrant, parfois un peu concurrentiels (CORAF, R3S, RZA, SET...). On dénombre :

- zones arides (comprend Sahel, parfois savane) : 376 chercheurs ;
- savane (comprend parfois Sahel, jamais désert) : 204 chercheurs.

Ces chiffres doivent cependant être interprétés avec prudence. D'une part, l'inventaire n'est pas exhaustif : il ne porte que sur les disciplines écologiques *lato sensu* (absence des sciences de l'homme, de la terre) et de nombreux organismes de développement n'ont pas encore été contactés. D'autre part, l'implication réelle des chercheurs est difficile à apprécier dans la mesure où beaucoup de réponses proviennent de personnes travaillant de façon marginale ou sporadique dans le domaine savanes-déserts. Il est toutefois important de noter que la plupart des grands organismes de recherche sont impliqués dans ce domaine.

L'essentiel des efforts est porté en Afrique francophone, principalement en Afrique de l'Ouest. Encore les zones sahariennes, naguère très étudiées, ne font-elles maintenant l'objet que d'un nombre assez restreint de travaux, notamment en paléo-climatologie/écologie/pédologie. L'Afrique orientale et australe est pratiquement absente des préoccupations françaises. En Amérique latine, un nombre notable de chercheurs travaillent au Mexique et au Brésil, mais de vastes zones de savane (Colombie, Venezuela...) restent peu pénétrées. En dehors de l'Inde (Institut français de Pondichéry), le continent asiatique n'est guère étudié, surtout dans le domaine de la recherche fondamentale. Ceci reflète le fait que les savanes d'Afrique de l'Ouest couvrent un bon quart des savanes du globe et que la France maintient des relations étroites avec les pays de la région. Il faut aussi reconnaître que cette région offre des atouts exceptionnels pour la recherche.

- Des conditions écologiques particulières favorisant l'étude des processus ; en fait, une histoire géologique,



Jean-Claude Menaut et François Blasco (photo P. Avon)

orographique, climatique relativement simple conduisant à :

- une énorme superficie d'un seul tenant, découpée en zones plus ou moins parallèles à l'équateur, présentant chacune une relative homogénéité climatique, édaphique, écologique ; c'est le champ idéal (correspondance des échelles) d'étude des interactions régionales entre écosystèmes et climat ;
- un gradient clair d'aridité croissante du golfe de Guinée au Sahara ;
- une forte hétérogénéité structurale de la végétation, expression de l'action de perturbations natu-

relles et anthropiques sur une même grande entité écologique, conduisant à l'existence d'un grand nombre de situations comparatives et expérimentales naturelles.

- Une activité scientifique ancienne permettant de comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'évolution d'une situation, d'un processus.
- Un nombre important de chercheurs africains et français couvrant un large champ de la recherche fondamentale et appliquée et s'appuyant sur un tissu assez dense de centres, de stations, de sites de recherche.
- Une collaboration efficace entre institutions africaines et françaises.

L'Afrique de l'Ouest est bien le lieu privilégié de l'activité des chercheurs français dans le domaine savanes-déserts. Les forces et les faiblesses de la recherche française qui s'y manifestent se retrouvent souvent ailleurs.

La connaissance de base de ce que sont savanes et déserts est très forte : inventaire des ressources naturelles (sol, végétation, animal) ; cartographie à de multiples échelles (sol, végétation, occupation des terres) ; nature et biomasse du tapis herbacé (y compris potentialités fourragères et capacité de charge) ; hydrologie aux échelles du site, du bassin versant, de la région ; géographie humaine, sociologie, économie... De nouvelles thématiques se développent en liaison plus ou moins étroite avec l'écologie (échanges écosystèmes-atmosphère : dynamique et chimie atmosphériques, érosion éolienne, par exemple). De fait, d'excellents spécialistes couvrant l'ensemble de la thématique "environnement" travaillent dans le domaine savanes-déserts. La masse des données existantes est impressionnante et les savanes (zones prédésertiques incluses), surtout celles d'Afrique de l'Ouest, peuvent apparaître comme l'un des biomes du globe les mieux connus.

Cette impression est malheureusement trompeuse. A l'excellence des travaux partiels ou ponctuels répond l'extrême faiblesse des synthèses, en nombre et qualité, du moins pour ce qui est de l'écologie fonctionnelle. Il est dommage de devoir parfois s'adresser à des travaux étrangers qui, malgré leur intérêt, s'appuient mal sur le corpus de connaissances accumulées par la recherche française. Nul doute que nombre de chercheurs français aient une vision synthétique de leur domaine de recherche : elle n'est guère concrétisée et transmise. A quoi cela tient-il ?

D'abord à une politique de publication inefficace. De nombreux travaux font l'objet de publications sectorielles, souvent cryptiques pour qui n'appartient pas au séraïl ; les connaissances sont mal partagées, pour ne rien dire de leur valorisation au plan international ! Il faut aussi reconnaître qu'une synthèse requiert compétence et effort et s'avère moins "payante" qu'une publication spécialisée au regard de la politique de gestion de la recherche menée par les grands organismes. La tentation de ne se valoriser qu'à l'intérieur de son propre système ou de faire des "coups" aux dépens d'une politique plus générale est grande.

Cela tient aussi à la conception des programmes engagés. Ils ont le plus souvent un objectif à court terme ; une fois rempli, le programme est abandonné et l'acquis ne sert pas à développer des recherches plus approfondies ou systémiques, seules à même de bien comprendre les mécanismes réels du fonctionnement du système étudié. Cela va évidemment de pair avec la quasi-absence de sites de recherche pouvant assurer la pérennité des travaux.

Cela tient enfin à une certaine conception de l'organisation de la recherche fondamentale. Nombre de travaux sont effectués par des chercheurs travaillant sur un thème relativement étroit et souvent sans programmation cohérente avec d'autres équipes travaillant à côté sur un thème complémentaire ou ailleurs sur le même thème. Il y a dispersion, souvent redondance des efforts. Ce manque de cohérence de programmation se retrouve dans les relations inter-organismes. Il est enfin fondamental que disparaisse, ou au moins s'atténue, la dichotomie entre recherche fondamentale et recherche appliquée (il n'est pas question ici des actions de développement).

Si cette situation prévaut encore souvent, elle s'est fortement améliorée dans un passé récent. Des spécialités autrefois menées de façon étroite s'élargissent à des problématiques plus riches et assurent le lien avec d'autres recherches. C'est notamment le cas de la pédologie, de l'hydrologie... et plus encore des sciences de l'atmosphère qui, bien qu'encore timidement, intègrent le vivant. Parallèlement, l'écologie *lato sensu* s'enrichit de ces approches ; le développement des études sur les échanges sol-plante-atmosphère (écophysologie, micro-météorologie) le montre. L'interdisciplinarité n'est plus la pétition de principe qu'elle fut. En témoignent de nombreux programmes parmi lesquels HAPEx-Sahel, Jachères, SALT sont les plus ambitieux. Cela découle de l'évolution des mentalités individuelles, naguère peu portées aux efforts collectifs, et de l'amélioration des relations inter-organismes. Certains réseaux (OSS, R3S...) ont en partie vocation de programmation scienti-

fique. Ne nous laissons cependant pas abuser par ces réels progrès. De nombreuses "féodalités" subsistent et certaines méfiances dues principalement au manque de communication (pour ne pas parler des problèmes posés par les filières de formation) sont difficiles à vaincre.

En deçà de ces problèmes généraux, certaines thématiques demandent à être développées ou réellement mises en place. Le rôle du monde animal dans le fonctionnement des agro-écosystèmes reste particulièrement méconnu. Certes l'inventaire, la systématique, l'entomologie agricole et médicale, les nuisibles, le bétail font l'objet de nombreuses études. Elles sont souvent parcelaires (autoécologie ou relations directes d'un groupe à un autre) et on reste loin d'une vision systémique. Ainsi, malgré de nombreux travaux sur les relations plante-herbivore, on reste loin de ce qui est fait en Afrique orientale ou australe.

De même, l'étude du sol est encore trop souvent menée pour elle-même ou unidirectionnelle (effet du sol sur la végétation) et intègre peu le monde animal, souvent appréhendé de manière négative (parasitisme...). L'étude des rétroactions, l'approche intégrée ne se développent que lentement. La richesse même du récent ouvrage de C. Pieri (CIRAD-IRAT) sur la fertilité des sols apporte de nombreuses preuves de ce manque.

En ce qui concerne la végétation, rares sont les travaux sur les arbres en dehors de quelques thèmes "fétiches" (fixation de l'azote au Sénégal, *Acacia albida*...). On compte sur les doigts d'une main les études sérieuses sur les interactions herbes-arbres, définition même de la savane ! En télédétection, technique pourtant fort utilisée en savane, l'arbre est noyé dans l'océan herbacé ; les quelques travaux qui tentent de l'en distinguer ne font que souligner les progrès restant à accomplir. De toute façon, la télédétection en savanes et zones arides se heurte au manque d'expérimentation (calage) sur le terrain. Plus regrettables peut-être sont la prolifération et le cloisonnement des cellules de télédétection à l'intérieur de chaque organisme, de chaque groupe parfois, au détriment d'actions concertées et de la rigueur des approches. En dehors de suivis de la "dégradation" (sur lesquels il y aurait fort à dire), que sait-on des processus dynamiques de la végétation (régénération-succession) ? Peu de choses à vrai dire, au-delà des travaux anciens (cf. Aubréville *et al.*). L'écologie moderne n'est guère passée par là ! La situation est pire encore en écophysologie et en génétique (hors du champ de l'appliqué).

Quant à la modélisation, elle n'est le plus souvent qu'empirique (relations pluie-production, par exemple). Les modèles mécanistes sont rares, étroitement spécialisés ou de valeur locale. Trop peu de tentatives de modèles génériques apparaissent (MUSE, TLALOC).

Un point essentiel est sans doute le manque d'intégration des sciences sociales dans les études systémiques. Bien sûr, la place de l'homme est largement prise en compte dans les études agronomiques et écologiques : rôle de l'homme dans la dégradation des milieux, satisfaction de ses besoins, économies qui en découlent. Ecologistes *l.s.* et sociologues *l.s.* n'abordent le plus souvent le problème de l'intégration homme-biotope que dans la perspective de leur discipline. Le problème est difficile ; peu tentent de l'aborder dans sa globalité.

Interventions à l'atelier "Savanes-déserts"

Préparé et animé par J.C. Menaut et A. Perrier, l'atelier s'était fixé pour but, non de balayer le champ entier de la recherche dans le domaine, mais de jeter un coup de projecteur sur quelques thèmes majeurs. Les huit interventions ont ainsi dégagé l'importance de ces thèmes dans l'étude du fonctionnement et de la dynamique des systèmes savaniques et désertiques, proposé quelques pistes de recherche et surtout servi à lancer les discussions.

Il a d'abord paru important de montrer que la compréhension de l'actuel et l'établissement de scénarios du futur devaient se faire dans une perspective historique. Cela est particulièrement vrai des sols (P. Rognon). Bien qu'en partie effacées par l'érosion éolienne et hydrique, les chronoséquences restent discernables. Cependant, étant donné l'ampleur des oscillations pluviométriques à l'échelle des décennies, il est difficile de définir des domaines où chaque pédogenèse serait "fonctionnelle", c'est-à-dire en phase avec l'actuel. A chaque échelle de temps, certains caractères paraissent fonctionnels, d'autres hérités. C'est encore plus vrai du poids de l'homme dans l'histoire des paysages (G. Dupré). Il faut toutefois se rendre compte que l'homme n'est pas un acteur "extérieur" au système, mais que la production de tous les instruments de la vie sociale, si elle opère une ponction sur le milieu, transforme aussi les énergies disponibles dans l'écosystème en relations sociales. Aussi doit-on considérer non seulement l'homme et son impact sur le paysage, mais aussi les systèmes sociaux en prise directe sur les écosystèmes ou mieux les systèmes sociaux comme partie intégrante des écosystèmes.

Une parfaite illustration du rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes est donnée par les relations plantes-herbivores (P. Duncan). Dans les systèmes "naturels" de savane où subsistent de grands herbivores, la diversité de ces derniers maintient, voire augmente, celle des végétaux. Ceux-ci se répartissent dans le temps et dans l'espace selon leurs caractéristiques phénologiques et leur degré de palatabilité. De même que le niveau énergétique du système (production primaire accrue par l'herbivorie), la résilience s'accroît et permet d'accommoder les perturbations auxquelles ce système est soumis. Tout surpâturage, surtout dans le cas d'animaux domestiques (réduction de la diversité), fragilise l'ensemble.

Les changements globaux devraient affecter (et être affectés en retour par) les mécanismes de flux de carbone et de nutriments (L. Abbadie), d'échange d'énergie et de masse dans le continuum sol-végétation-atmosphère (B. Monteny) et d'émission d'espèces gazeuses et particulaires des écosystèmes vers l'atmosphère (G. Bergametti). En conditions "naturelles", le cycle des nutriments et la production primaire (élevée eu égard aux ressources) sont pratiquement indépendants de l'état organo-minéral du sol. Structure spatiale et fonctionnement des plantes sont intimement liés. La productivité des savanes dépend de mécanismes fins de régulation des flux dans l'espace et dans le temps, eux-mêmes liés à l'architecture épigée et hypogée (échelle de la plante) et au mode de distribution des végétaux (échelle du peuplement). La communauté végétale répartit l'énergie

solaire disponible et régit les apports d'eau et de chaleur dans la couche limite continent-atmosphère. La télédétection doit compléter la caractérisation des états de surface et permettre la validation des modèles. Les études doivent évoluer vers une convergence à méso-échelle afin de mieux intégrer la variabilité spatio-temporelle des états de surface et leurs effets dynamiques sur l'ensemble des mécanismes hydriques et énergétiques. La composition chimique de la basse atmosphère dépend de l'émission ou du piégeage d'espèces gazeuses ou particulaires par la biosphère. Les composés chimiques agissent sur le climat au travers de l'effet de serre (CO_2 , NH_4 , N_2O) et sur la photochimie atmosphérique (CO , NO_x). Ils résultent de processus naturels ou d'activités anthropiques (zones inondées, pâturages, feux). Les aérosols organiques et minéraux dépendent surtout de l'état de surface du sol ; ils sont impliqués dans la formation des systèmes nuageux et affectent le bilan radiatif. En retour, le climat et le dépôt de composés chimiques (riches en nutriments) sont des paramètres essentiels du fonctionnement de la biosphère.

Deux techniques paraissent essentielles au développement des études en savane : télédétection (G. Flouzat), modélisation (J.C. Menaut). La télédétection permet d'abord une cartographie des états de surface, liée cependant à l'amélioration des capteurs et des algorithmes de traitement de l'information. Elle permet aussi l'acquisition automatique de certains paramètres du fonctionnement des écosystèmes (données d'entrée des modèles). Il importe de développer des techniques de traitement des données qui permettent le passage d'un niveau de perception à un autre. Cela est particulièrement crucial pour les milieux hétérogènes où la restitution d'une information dépendant à la fois de la structure et du fonctionnement des écosystèmes impose la recherche des méthodes spécifiques pour associer les hautes résolutions spatiales et temporelles. Les modèles mécanistes gèrent encore mal les passages d'échelles spatiales et temporelles. En revanche, ils agrègent des niveaux d'intégration biologique de plus en plus élevés, de la plante (voire de l'organe) à la population, au peuplement, parfois au-delà. S'ils sont spatialement explicites, les modèles "plante à plante" peuvent en outre gérer des systèmes hétérogènes. Les modèles mécanistes sont explicatifs, exploratoires et peuvent produire des scénarios d'évolution sur le long terme. Ils sont potentiellement de meilleurs outils prédictifs que les modèles empiriques, qui ne permettent que l'interpolation. Ils sont limités par le manque de connaissance des processus en cause (écophysiologie, compétition, déterminisme spatial...).

Perspectives et recommandations de l'atelier

L'état de la recherche en savanes-déserts peut être vu de manière optimiste : le nombre des chercheurs impliqués, la masse et la qualité des résultats engrangés témoignent d'une forte dynamique sur un domaine à la fois particulièrement attractif au plan scientifique et nécessaire à la résolution des problèmes de ces régions. Il faut

cependant progresser tant sur les études de base que sur les approches à mettre en œuvre.

● Développement des études de base

Trop de travaux restent descriptifs et ne débouchent pas sur une analyse des processus. La méconnaissance de ces derniers explique le nombre de mythes "scientifiques" qui courent sur ces régions ; elle bloque les progrès, le développement des modèles, une meilleure appréhension du futur et le passage à un appliqué adapté à ces régions (contexte écologique et socio-économique).

- Fonctionnement des écosystèmes (chaînes trophiques et échanges d'énergie et de masse dans le système sol-plante-atmosphère).

- La production primaire est encore bien mal connue. Sous ce vocable, se cachent de simples études de biomasse, des calculs de rendement par coupe, une grande variété de méthodes d'estimation et de calcul. Les synthèses sont délicates à faire et, sauf cas ponctuels, les liens avec les facteurs du milieu (climat, sol, activités humaines) restent grossiers. Le manque d'information sur les systèmes racinaires est particulièrement criant et bloquant. A l'échelle régionale, tout effet de la variation d'un facteur ne sort pas de la variance des résultats accessibles : toute prédiction sérieuse est problématique. A ce thème, on peut associer l'écophysologie végétale (répartition des assimilats, économie de l'eau).

- L'écologie du sol fait surtout l'objet d'études partielles et n'est guère appréhendée comme une entité (interactions matière organique-rhizosphère-microflore-faune-eau...). Ce sont ces processus qui assurent la conservation des nutriments et leur absorption, particulièrement efficaces en savane. Leur étude permettrait de déceler les raisons de tout dysfonctionnement et d'utiliser au mieux les sols de savane dans le cadre d'un développement durable.

- Les bilans de transfert ou de redistribution de masses à différentes échelles d'espace et de temps sont encore très mal appréciés, qu'il s'agisse de l'eau sur un bassin versant, du sol et des éléments organo-minéraux qui lui sont associés d'un écosystème à l'autre, d'une région, voire d'un continent, à l'autre, des gaz-trace vers l'atmosphère. Il apparaît de plus en plus clairement que ces mécanismes de transfert sont essentiels au fonctionnement des écosystèmes.

- La biodiversité, en tant qu'agent ou conséquence du fonctionnement des systèmes écologiques, est très mal perçue. On ne sait à peu près rien de la redondance des espèces, de leur complémentarité, de leur rôle dans la résilience des systèmes. Sauf études spécialisées et menées hors de tout contexte systémique, peu de travaux concernent la faune, surtout dans ses interactions avec le sol et avec la végétation (de l'échelle de la plante à celle du paysage).

- En ce qui concerne les techniques, l'utilisation des isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C , $\delta^{15}\text{N}$, ^{18}O , ^{32}P ...) est encore trop rare. Elle est pourtant essentielle à l'analyse de l'origine, du devenir, de la quantification de certains éléments dans les divers composants des systèmes étudiés. En revanche, l'utilisation de la télédétection est courante. Elle est malheureusement entachée des défauts inhérents à cette

technique (capteurs, algorithmes) et plus encore du manque de méthodologies rigoureuses permettant de lier perception satellitaire et phénomènes au sol. Il est en particulier urgent d'améliorer l'estimation du taux de couverture du sol et de la distribution relative des herbes et des arbres, ainsi que celle des températures de surface dont on peut déduire l'état hydrique des systèmes et leurs échanges d'eau avec l'atmosphère.

- Insistons enfin sur le regain d'intérêt qu'il faut porter aux zones prédésertiques et désertiques, étant donné les superficies qu'elles couvrent et leur valeur explicative des phénomènes actuels ou à venir dans les régions qu'elles bordent.

- Structure et dynamique des écosystèmes.

Hormis certaines observations trop générales, peu d'études concernent la dynamique des systèmes (régénération, structuration, phénomènes "successionnels").

- A-t-on identifié les espèces clefs de voûte de la "stabilité", les espèces qui assureront la pérennité du système étudié (avec ou non transformation) face aux pressions actuelles ou à venir ? Comment opèrent les mécanismes de compétition entre groupes fonctionnels (relations herbes-arbres, annuelles-pérennes, graminées-légumineuses) ?

- Que connaît-on (identification, quantification) des phénomènes de seuil (réversibilité/irréversibilité), du poids des facteurs de forçage (événements rares ou extrêmes) ?

- Quels sont les processus déterminants, ceux sur lesquels il faut peser pour "diriger" une évolution vers des états souhaitables ?

- Quel est le poids de l'histoire d'un système, histoire de ses états, de ses contraintes physico-chimiques et humaines ? Sait-on les distinguer ? On sait bien pourtant que les conditions initiales (c'est-à-dire antérieures à l'observation de l'actuel) déterminent le futur.

● Approches à développer

- Les approches doivent d'abord être systémiques. Il s'agit d'analyser les interactions entre processus fonctionnels eux-mêmes et entre processus fonctionnels et dynamiques, trop souvent découplés. Il ne s'agit pas de négliger les études thématiques, mais d'assurer la récolte d'un minimum de données permettant de replacer leurs résultats dans le cadre plus large de l'écosystème. Cela implique évidemment que les recherches soient interdisciplinaires, du moins menées dans un esprit d'interdisciplinarité (travaux immédiatement utilisables par d'autres). Une approche systémique conduit à l'élaboration de modèles mécanistes intégrant divers niveaux biologiques, spatiaux et temporels de l'écosystème, assurant autant que possible le passage vers des modèles hydrologiques *l.s.*, des modèles de circulation générale, des modèles liés à la perception satellitaire de phénomènes physiques.

- Il importe qu'un certain nombre au moins de travaux soient menés sur le long terme, seuls à même de prendre en compte la variabilité des processus et des contraintes qu'ils subissent : événements épisodiques de forte intensité, tendances masquées par les "bruits de fond", processus cumulatifs, à effets-retard ou complexes régis par des interactions multiples... Cela va de pair

avec le maintien ou la création de sites permanents de recherche. Il n'est pas nécessaire qu'ils soient dotés d'une infrastructure lourde, mais ils doivent assurer l'accueil des chercheurs et surtout la pérennité de l'accès aux zones de recherche. Certains, bénéficiant d'une relative protection, pourront servir de "témoins" et d'indicateurs des changements globaux ; d'autres suivront l'évolution du milieu en fonction des pressions locales ; la plupart devront permettre des manipulations du milieu biologique et physique. Leur "légèreté" devrait permettre d'en mettre en place un nombre suffisamment représentatif des conditions écologiques *l.s.* de la région.

- Un problème crucial est celui de l'analyse de l'hétérogénéité à différentes échelles. Celle-ci doit être traitée comme un élément constitutif du système étudié (agent et conséquence de son fonctionnement, déterminant de sa dynamique) et non comme la juxtaposition de systèmes différents. Cela implique aussi de développer des méthodologies de transfert d'échelles spatiales et temporelles et d'association de ces deux types d'échelle. Les recherches achoppent de plus en plus sur ce problème.
- Il faut enfin parvenir à une meilleure intégration des sciences du milieu biologique et physique et des

sciences humaines. Il faut favoriser le développement de travaux dans lesquels l'homme ne soit plus considéré comme un simple facteur de forçage ou d'utilisation des ressources "naturelles", mais que l'on conçoive le système social comme partie intégrante de l'écosystème. Ces projets devront être conjointement définis par les chercheurs des deux disciplines. Cela n'ira pas sans difficultés ; il est préférable d'éviter toute contrainte de principe, d'éveiller les sensibilités et de commencer par des projets réalistes.

Au-delà des thèmes cités ci-avant, il semble particulièrement important de :

- stimuler la communication, l'échange des connaissances et donc la complémentarité et la synergie des recherches. Au-delà des actions individuelles, il faudra favoriser les échanges entre disciplines et entre organismes de recherche ;
- mettre en place des structures de coordination scientifique et de stockage/traitement/diffusion de l'information (programmes, données) aussi ouvertes que possible ;
- bref, s'assigner des objectifs réalistes mais ambitieux, et mettre en place une programmation souple, cohérente et efficace. ■

Atelier 5

Activités agricoles, environnement et paysages

Jean Boutrais et Jean Pichot

Les études sur les activités agricoles en zone tropicale ont longtemps privilégié les faits de production, dans leurs composantes techniques et économiques.

Il y a encore quelques années, la connaissance de l'élaboration de la production agricole s'inscrivait dans une perspective de développement qui s'imposait comme une nécessité. Les freins au développement rural étaient interprétés en termes de problèmes techniques. Certes, devant les difficultés de transfert de formules mises au point dans les stations agricoles, il était apparu nécessaire de sortir de ces milieux contrôlés pour mieux connaître les pratiques paysannes et les logiques de prise de décision. L'objectif restait l'étude des faits de production mais en les reliant aux sociétés rurales. Il en est résulté la mise en évidence de réalités plus complexes, composées d'éléments fonctionnant au sein d'ensembles qui permettent de mieux comprendre les processus de production agricoles.

Dans cette approche élargie des systèmes de production, l'environnement n'intervient encore qu'accessoirement, comme un simple cadre. Seuls les géographes ont depuis longtemps abordé la production agricole dans le contexte de milieux, en relevant leurs interférences par le

biais des paysages agraires. Mais ils sont restés isolés dans cette démarche, à l'interface entre anthropologues et botanistes.

Après l'élargissement des études d'itinéraires techniques à des systèmes de production qui incluent des faits socio-économiques, de nouvelles orientations abordent les activités agricoles par rapport à l'environnement où elles ont lieu. L'environnement ne se réduit plus à un simple support de production agricole, à une nature qu'il convient de dominer davantage techniquement pour en obtenir plus de produits. Au cœur de ce changement de perspective s'inscrit une remise en cause de l'intensification comme formule de développement agricole. On se prend de plus en plus à douter d'intensifications qui sont, en fait, des surexploitations de ressources naturelles avec, comme conséquence, des phénomènes d'appauvrissement, de fragilisation, voire de destruction de l'environnement. Par absence de respect de l'environnement, on sait maintenant qu'un certain développement agricole peut s'annuler de lui-même.

Les modèles de systèmes de production sont des représentations et des formalisations d'activités agricoles. Ils ne constituent pas une part directement observable du réel, même s'ils permettent d'en rendre compte. Au

contraire, les interférences entre les activités agricoles et l'environnement s'appréhendent dans les paysages qui en sont les résultantes, les miroirs et les témoins. Les sociétés rurales se reconnaissent dans leurs paysages. Les paysages agraires portent des marques anthropiques, que celles-ci soient le résultat de constructions (aménagement de versants en levées et terrasses, remodelage de la végétation en parcs et bocages) ou qu'elles figurent comme des conséquences peu contrôlées d'actions humaines (pâturages modifiés par le bétail). Ces paysages sont dotés d'une certaine durée ; ce ne sont pas des états fugaces ou fluctuants, au gré des saisons agricoles.

Une grande diversité dans le paysage agraire

Les paysages ne représentent pas nécessairement des reflets d'activités agricoles pratiquées actuellement. Des paysages sont composés de strates successives qui se prolongent dans le présent. Les sociétés actuelles y touchent à peine, elles les ré-interprètent ou se contentent d'y ajouter leur propre marque. Ces paysages peuvent être lus comme des témoignages de changements intervenus dans les relations entre les activités agricoles et l'environnement. Leur conservation tient à une grande solidité ou à de nouvelles utilités.

D'autres paysages ne présentent pas la même permanence. Ils sont réaménagés ou entièrement refaçonnés, au fur et à mesure que les sociétés sollicitent autrement leur environnement. Il y a substitution lorsque des paysages deviennent antinomiques avec de nouvelles procédures de production. Dans l'ensemble, les sociétés rurales de la zone tropicale ménagent davantage leurs paysages anciens que les agricultures dotées de moyens techniques puissants.

Les activités agricoles en zone tropicale interviennent sur deux grandes composantes des paysages : l'herbe et l'arbre. L'herbe n'est pas un élément entièrement "naturel" dans la plupart des paysages. Des savanes, où l'herbe atteint un grand développement, proviennent souvent d'anciennes aires cultivées. Au niveau de la parcelle, la lutte contre les adventices herbeuses accapare une grande partie du travail agricole. La mise en jachère entérine moins une baisse des rendements et de la fertilité du sol qu'une compétition tournant à l'avantage des herbes. Les cultivateurs en systèmes extensifs sont de grands créateurs d'espaces herbeux.

Les étendues herbeuses des premières années de jachère composent des paysages de transition qui annoncent l'installation d'arbustes pionniers, à moins que des éleveurs interviennent pour maintenir une dominante herbeuse. Dans une grande partie de la zone inter-tropicale, l'élevage bovin dépend, à long terme, de cette "production" d'herbe par les cultivateurs.

L'intérêt pour la production agricole ou l'ouverture d'étendues herbeuses renvoie à des rapports de domination. Quand des cultivateurs contrôlent l'espace, les éleveurs n'ont accès aux jachères herbeuses que de façon saisonnière ou subreptice (Afrique soudanienne). Lorsque l'élevage bovin s'impose comme l'activité dominante (Amérique latine), la production céréalière par les

métayers prépare et cède rapidement la place à des pâturages. A la limite, le cultivateur est contraint par le propriétaire de semer de bonnes graminées dans ses cultures et de restreindre les sarclages, afin de favoriser l'emprise herbeuse. De simple conséquence de l'activité agricole, l'installation d'herbes devient l'objectif de celui qui décide en priorité. Un paysage de recrû forestier ou de savanes "prolongées" n'est pas seulement une nature transformée par l'homme ; il exprime également des rapports sociaux.

Les cultivateurs en zone tropicale entretiennent des rapports ambivalents avec l'arbre. Ils se comportent d'abord et surtout en destructeurs, un couvert dense de ligneux s'opposant à une bonne production agricole. Plus l'ancienne végétation forestière est réduite dans les paysages, plus ils portent habituellement une empreinte anthropique. En même temps, l'arbre participe, par la jachère, à la régénération de sols longuement cultivés. Les travaux préalables aux cultures en système extensif consistent à détruire des arbres dans l'immédiat mais pas de façon complète ni définitive. Si les souches d'arbres émettent de nombreux rejets après le déboisement agricole, la reconstitution de la fertilité des sols sera d'autant plus rapide. Les rapports entre l'élevage et les arbres oscillent également entre l'usage, voire l'entretien d'espèces fourragères et la méfiance à l'égard de formations végétales porteuses d'insalubrité.

Vis-à-vis des arbres, les cultivateurs en système extensif sont donc placés devant un dilemme : supprimer tout le couvert ligneux pour favoriser les cultures ou préserver un stock minimal d'arbres pionniers. Avec la première solution, ils prolongent la période culturale ; avec la seconde, les effets bénéfiques de la jachère sont accélérés. La pression démographique, l'abondance des terres influencent le choix en faveur d'une pratique.

Alors que les méthodes extensives, voire expéditives, de culture suppriment les arbres, les sociétés agraires les mieux enracinées dans leurs terroirs édifient de véritables parcs arborés au sein des parcelles, ou même des bocages. L'arbre utile est alors épargné, encouragé, entretenu et façonné.

La gestion de l'arbre : indicateur des rapports à l'environnement

La gestion de l'arbre par les sociétés représente l'un des indicateurs-clefs de leurs rapports avec l'environnement. Le maintien d'arbres dans les champs a longtemps été considéré comme une caractéristique des civilisations agraires africaines. En fait, on retrouve cette pratique chez d'autres paysanneries, par exemple sur les versants montagneux du Népal.

Malgré les différences de contextes géographique, social et agronomique, le paysage arboré des plateaux bamiléké peut être comparé à celui construit par des communautés paysannes du Népal. Dans les deux cas, les arbres plantés ont remplacé d'anciennes forêts montagnardes. Au Bamiléké, la substitution est ancienne et s'est opérée selon des processus mal élucidés : par domestication directe ou par le biais de savanes qui ont remplacé la forêt. Au Népal, le passage de la forêt aux arbres domestiqués est plus récent mais également mal

connu. Alors que les déboisements étaient supposés prendre une ampleur catastrophique après les années 50, ils se révèlent plus anciens. D'un autre côté, la réponse villageoise à la raréfaction du bois consiste à planter de plus en plus d'arbres.

Les techniques de domestication de l'arbre sont également convergentes : transplantation d'espèces forestières spontanées repérées pour leur utilité, apport de matériel végétal nouveau. Il en résulte une grande diversité d'espèces introduites dans l'espace agraire sous forme de bosquets, d'alignements ou de maillages. Ces sociétés manifestent une véritable "culture de l'environnement" : pour elles, la nature n'est pas adversaire mais complice et partenaire.

L'arbre domestiqué du Bamiléké ou du Népal n'acquiert pas une place dominante dans les terroirs ; il reste soumis et adapté à des objectifs agricoles prioritaires. Ce n'est pas une véritable agro-foresterie mais plutôt un système mixte d'agro-arboriculture. Les alignements d'arbres et surtout les mailles des haies créent des microclimats particuliers par atténuation du vent et de l'ensoleillement, augmentation de l'humidité mais réduction des écarts thermiques et allongement de la période de croissance. Ces changements écologiques conviennent plus ou moins aux productions agricoles, selon les cultures pratiquées et l'exposition du terrain. Le principal inconvénient agricole tient à la réduction de l'ensoleillement pour des cultures qui en ont besoin. Pour cette raison, aucun arbre n'est planté dans les rizières en terrasses des terroirs népalais. Au-dessus de 2 000 mètres, seuls des arbres fourragers sont introduits le long des cours d'eau, et au-dessous de 1 700 mètres les arbres sont contenus autour des champs. Finalement, les arbres domestiqués ne tiennent une grande place dans les paysages que dans un gradient altitudinal étroit. De même, au Bamiléké, le paysage agraire arboré dominant à 1 500 mètres ne se reproduit pas aux faibles altitudes. Il se prolonge à plus haute altitude mais sous une forme simplifiée (une seule espèce : l'eucalyptus), dans un contexte spéculatif de conquête de pâturages.

L'élaboration d'une agro-arboriculture implique des densités de population élevées et n'acquiert de pérennité qu'à la faveur d'une forte cohésion des systèmes sociaux. A l'inverse, la déstructuration sociale, la déstabilisation de l'organisation familiale de gestion des ressources, l'apparition de grands propriétaires et l'abandon d'exploitations par des chefs de famille appauvris se traduisent, chez les Bamiléké, par une simplification du stock ligneux utilisé, une exploitation sans souci de préservation, l'arrêt de la transmission des connaissances et des pratiques d'entretien des arbres. Des changements sociaux en profondeur induisent des dysfonctionnements au sein d'une agro-arboriculture ancienne.

En matière de relations entre sociétés et environnement, il ne convient guère de raisonner en termes de stabilité ou de permanence. Même les agro-écosystèmes les plus élaborés constituent des entités vivantes et évolutives. Il n'existe de situations dites traditionnelles que par carence d'observations dans la durée. Même les sociétés rurales qui subissent leur environnement plus qu'elles n'investissent dans son artificialisation manifestent des capacités d'adaptation à des contraintes imprévues.

Elles réussissent parfois à les transformer en opportunités, à la faveur d'une dynamique sociale.

Face à la sécheresse sahélienne, les parades restent apparemment fort limitées. Pourtant, des paysanneries haoussa du Niger ont surmonté cet handicap climatique en mettant en valeur une facette auparavant inexploitée de leurs terroirs. L'agriculture pluviale s'étendait autrefois sur les sols sableux des "plateaux", faciles à nettoyer d'arbustes clairsemés et à cultiver avec un petit outillage manuel. Les sols lourds et les fourrés denses des bas-fonds restaient des espaces peu humanisés : derniers repaires de la faune sauvage, domaines des génies, pâturages de saison sèche laissés à la disposition des éleveurs.

L'aggravation des conditions climatiques a favorisé l'essor d'une agriculture originale dans les bas-fonds. Originale parce qu'elle intervient en contre-saison, qu'elle vise des productions orientées vers le marché et, surtout, qu'elle ne s'inscrit plus dans les règles coutumières du travail agricole et de la répartition des récoltes. Agriculture de cadets, de femmes et de nouveaux notables, elle entérine un bouleversement des systèmes sociaux. Les innovations par rapport à l'environnement vont de pair avec des dynamiques sociales. Stratégie d'adaptation écologique et aspiration à une agriculture socialement plus libre s'intriquent étroitement.

Les relations entre les sociétés rurales et leur environnement ne s'appréhendent pas seulement au niveau des systèmes de production. L'organisation des filières de commercialisation, notamment de produits de cueillette, peut entraîner l'épuisement à court terme ou le maintien de ressources renouvelables. Ainsi, l'extraction de cœurs de palmier en Amazonie brésilienne juxtapose deux comportements face au milieu selon que les "extracteurs" sont des ouvriers temporaires ou des travailleurs familiaux. Les premiers, instables et inorganisés, montrent peu d'intérêt à préserver la ressource. Au contraire, les seconds sont prêts à adopter des techniques de coupe moins destructrices mais également moins productives. L'organisation des filières post-récolte et de mise sur le marché influence, par rétro-action, le mode d'exploitation des ressources.

Enfin, les sociétés enregistrent les pressions du politique, souvent sous une forme contraignante, ce qui perturbe leurs rapports à l'environnement. A la limite, une politique de protection de la nature appliquée sans discernement déclenche elle-même une série de conséquences perverses. Un exemple presque caricatural est offert par une paysannerie du littoral méridional du Brésil, après le classement de son espace agraire dans une "zone d'environnement protégé". La protection rigoureuse de la nature paralyse l'agriculture traditionnelle sur brûlis et de nombreuses activités de cueillette en forêt. Finalement, elle exacerbe la pauvreté rurale. Les paysans contournent une réglementation draconienne en recourant à des pratiques clandestines, souvent plus dégradantes qu'autrefois. Une grande partie de l'année, ils entrent dans une sorte d'illégalité écologique. Face aux nombreux interdits, une alliance curieuse rassemble les petits collecteurs de produits forestiers (cœurs de palmier) et les grands propriétaires terriens, contre les représentants de l'Etat.

En conclusion

Les excès d'une législation de protection de la nature ne sont pas exceptionnels ni spécifiques à l'Amérique latine. En Afrique, législations et oppositions paysannes à propos des feux de brousse et des réserves de faune s'inscrivent dans la même problématique. Politiques de l'environnement et stratégies paysannes représentent un objet de recherche important. Il devrait permettre d'éviter que la faveur actuelle envers la nature tropicale ne se retourne contre des hommes qui y vivent. Dans leur approche des questions d'environnement, les recherches en sciences sociales réservent une place centrale aux sociétés. A travers la protection de la nature, l'objectif prioritaire reste l'amélioration des conditions de vie des hommes.

Une fois cette question de principe acceptée de part et d'autre, comment les sciences sociales peuvent-elles s'allier aux sciences naturalistes ? La question, débattue au sein d'autres ateliers, ne l'a guère été dans le seul atelier dominé par les sciences sociales. Avec un peu de recul, une convergence se dégage des communications, à propos des échelles d'observation.

Aucune référence ne s'est inscrite à l'échelle de la par-

celle, très peu à celle de l'exploitation agricole et, curieusement, même à celle du village. Les cadres spatiaux privilégiés des relations entre les sociétés rurales et l'environnement tropical se situent à l'échelle des petits espaces agraires, des petites ou grandes régions. Ils ne débordent pas jusqu'à englober l'ensemble d'une zone écologique. Les dynamiques sociales qui sous-tendent les activités sont difficilement perceptibles à l'échelon de la parcelle et se prêtent mal à des généralisations zonales. Or, les naturalistes semblent justement travailler de préférence en station ou à l'échelle de la grande zone. Une recherche interdisciplinaire devra, d'abord, surmonter cette disparité dans les échelles d'investigation.

L'atelier a prouvé la richesse des recherches en sciences sociales sur les relations entre sociétés et environnements. Des paysages tropicaux fortement humanisés ont offert des exemples spectaculaires de ré-interprétation, transformation et construction d'agrosystèmes fondés sur l'arbre, utilisé comme outil de gestion d'espaces agraires. Ce faisant, la question est loin d'être traitée de manière exhaustive. Chacun sera sensible à des lacunes. Pour notre part, nous avons regretté l'absence de l'animal, intermédiaire et amplificateur des influences de l'homme sur les écosystèmes tropicaux. ■

Atelier 6

Fonctionnement des sols tropicaux

Adrien Herbillon et Christian Feller

Organisation de l'atelier

L'atelier 6 "Fonctionnement des sols tropicaux" s'est efforcé, par une série de courtes interventions (il y en a eu 17), de mettre en lumière la diversité mais aussi la pertinence des démarches pratiquées par les pédologues français œuvrant dans les régions chaudes, intertropicales mais aussi méditerranéennes. Cet atelier aurait dû se clôturer par un débat qui se voulait à la fois unificateur et prospectif. Des contraintes horaires impérieuses ne nous ont malheureusement pas permis d'en arriver là. Les conclusions qui suivent, reflétant peut-être plus l'opinion des organisateurs que celle des participants, particulièrement nombreux (70), il nous a paru essentiel de présenter en premier lieu les thèmes retenus pour cet atelier.

Les exposés, dont nous rapportons les points forts ci-dessous, étaient regroupés en cinq parties :

- Introduction historique et dispositifs de recherche actuels.
- Sols et paysages.
- Fonctionnements hydriques et hydrogéochimiques des sols.
- Fonctionnements biologiques et statuts organiques des sols.
- Sols et milieux à fortes contraintes.

Résumé des exposés

Il s'agissait, d'une part, de replacer dans leur contexte historique les grands thèmes scientifiques développés par les pédologues français dans les régions chaudes depuis 50 ans (G. Pedro, INRA), d'autre part de présenter les principales implantations actuelles (fig. 1) des divers instituts de recherche et universités français dans ces mêmes régions (A. Herbillon, CNRS-Université).

● Sols et paysages

A partir de divers travaux du CIRAD, R. Bertrand nous a rappelé l'intérêt, à la fois fondamental et appliqué (facilité de lecture des documents pédologiques par l'utilisateur), de la démarche "morphopédologique" en cartographie des sols tropicaux. Les études sur la typologie et le fonctionnement des bas-fonds (travaux de Raunet présentés par Bertrand) s'inscrivent aussi dans cette perspective.

Comme l'a souligné A. Chauvel, l'approche "structurale" (analyse tridimensionnelle de la couverture pédologique) des pédologues de l'ORSTOM à l'échelle plus restreinte de la toposéquence et du petit bassin versant est un complément de l'approche citée plus haut. L'"analyse structurale" s'avère être une démarche particulièrement appropriée pour tout ce qui concerne l'hydrodynamique

et les transferts de matière en solution à l'échelle du petit bassin versant.

Par ailleurs, des possibilités de simulation des caractéristiques agro-pédologiques des sols à l'échelle de la toposéquence ont été présentées par G. Bourgeon (CIRAD).

● **Fonctionnements hydriques et hydrogéochimiques des sols**

Après une introduction de ce thème par C. Valentin (ORSTOM) rappelant, entre autres, les problèmes liés aux changements d'échelle, les relations entre transferts hydriques et géochimiques, sous forêt, à l'échelle d'un petit bassin versant guyanais (ECEREX) ont été développées par C. et M. Grimaldi (ORSTOM).

Des réflexions d'ordre général sur la façon de caractériser et de modéliser les fonctionnements hydriques des sols tropicaux ont été présentées par G. Vachaud (CNRS), qui a particulièrement souligné la nécessité d'une bonne analyse préalable de l'"état interne du système" (propriétés des sols et leur variabilité) et des conditions initiales. L'illustration en est faite à partir du suivi, au champ, de l'hydrodynamique dans des sols ferrugineux tropicaux sableux cultivés.

Après un historique des travaux de l'ORSTOM sur l'érosion hydrique, G. de Noni et M. Viennot nous ont pré-

senté leurs recherches actuelles sur l'érosion anthropique en région andine. L'intérêt (et l'originalité) de l'approche tient à l'intégration de trois types de démarche : un "volet diagnostic", qui vise à établir une typologie et une cartographie de l'érosion à l'échelle régionale, un "volet stationnel", qui vise à une analyse des processus érosifs au niveau parcellaire, un "volet vulgarisation", qui vise, en collaboration avec le paysannat local, à tester des techniques conservatoires des sols adaptées aux conditions de milieu.

● **Fonctionnements biologiques et statuts organiques des sols**

Le débat est introduit par P. Lavelle (Université), qui montre l'importance de s'appuyer sur des "modèles généraux hiérarchiques" (climat, type de sol, quantité et qualité des apports organiques, etc.) pour situer toute thématique de recherche sur l'activité biologique dans les sols. Divers exemples sont donnés en illustration.

Une synthèse des travaux menés à l'ORSTOM sur les nématodes parasites des cultures, en relation, entre autres, avec les caractéristiques édaphiques, a été faite par G. Reversat.

Divers aspects de la biodiversité microbienne et la nécessité de fortes collaborations interdisciplinaires et interinstitutionnelles sont développés par T. Heulin

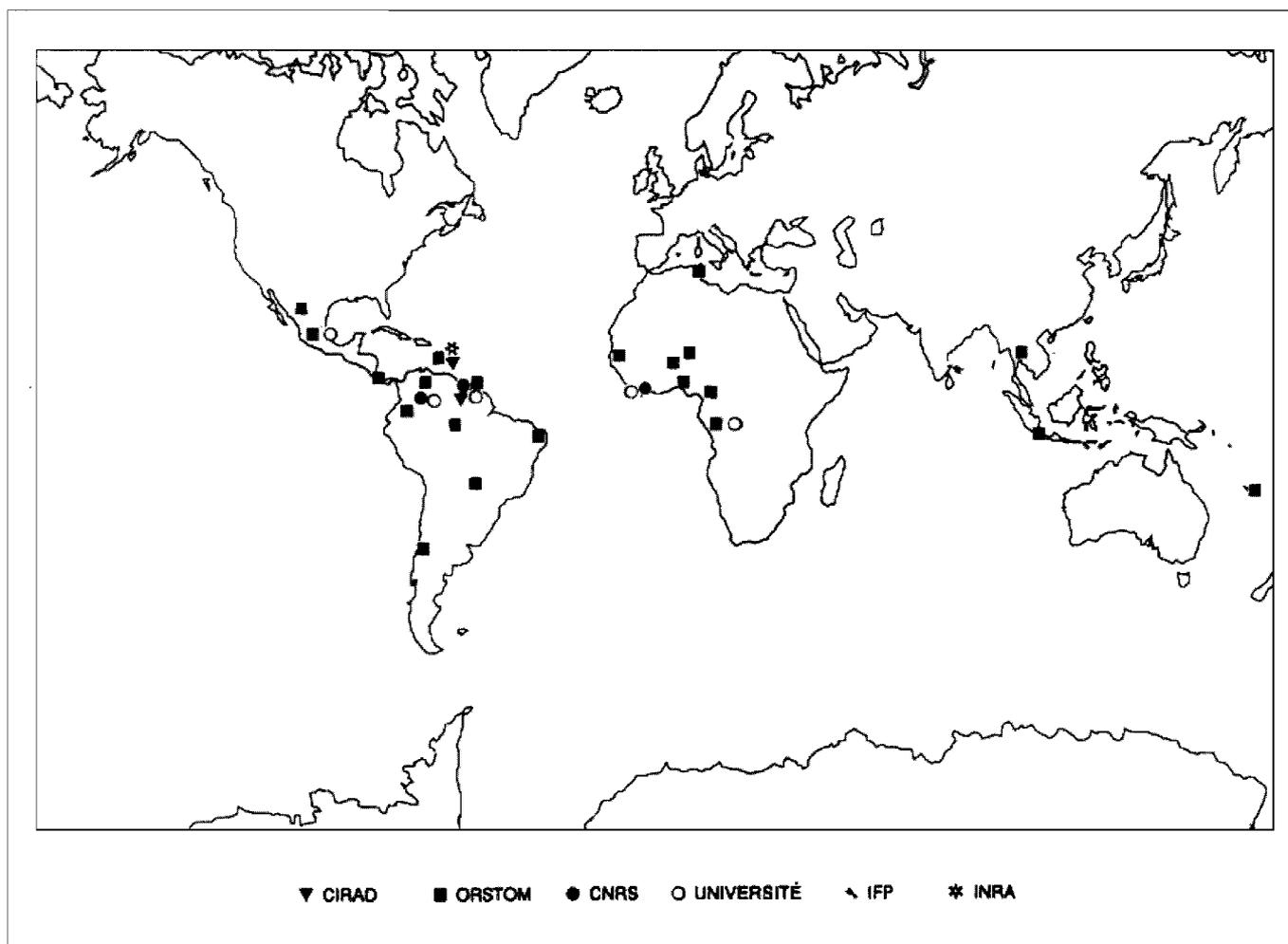


Figure 1. Localisation des équipes et des principaux sites de recherche (collecte d'informations en cours).

Conclusions des organisateurs

(CNRS). L'analyse des "environnements microbiens", et leur effet sur la diversité, l'adaptation et l'activité des micro-organismes, est abordée par L. Jocteur-Monrozier (CNRS). Cette analyse conduit à s'interroger sur la notion d'habitat microbien et donc sur les niveaux d'organisation du sol à prendre en considération pour leur caractérisation : l'horizon, l'agrégat structural, le microagrégat, les pores, etc.

L'étude du "statut organique" des sols tropicaux (nature, dynamique et fonctions de la matière organique) a été abordée à travers quatre interventions. C. Feller (ORSTOM) et F. Andreux (CNRS) illustrent l'intérêt de diverses approches granulométriques et chimiques pour caractériser divers compartiments organiques et organo-minéraux dans les sols et étudier leurs dynamiques, en particulier avec les techniques isotopiques ^{13}C en abondance naturelle. M. Broosard (ORSTOM) présente quelques aspects des relations matière organique-phosphore à travers une approche granulométrique, en insistant, en particulier, sur le rôle des agents biologiques. F. Ganry (propos rapportés par C. Feller) présente les travaux du CIRAD concernant la recherche et la définition d'indicateurs de fertilité azotée des sols tropicaux, à travers la mise en relation de tests chimiques sur les formes de l'azote et les quantités d'azote (sol ou engrais) absorbées par les plantes (expérimentations en serre et au champ).

Par ailleurs, C. Feller a présenté un nouveau "Grand programme", mis en place à l'ORSTOM à partir de 1993, sur le "Biofonctionnement des sols tropicaux" (GP BST). Les situations tropicales actuellement (ou prochainement) étudiées dans le cadre du GP BST (Amazonie-Brésil, Antilles, Congo, Sénégal...) prennent toutes en compte les effets de l'action anthropique et semblent être particulièrement appropriées pour servir de sites d'accueil à des études pluridisciplinaires et interinstitutionnelles.

● Sols et milieux à fortes contraintes

Les problèmes liés à l'acidité des sols tropicaux et à la toxicité aluminique (techniques d'étude, possibilités réelles de modification de l'acidité des sols et les conséquences qui en résultent sur les autres propriétés d'échange) ont été développés par R. Moreau (ORSTOM) pour les milieux humides. Par ailleurs, R. Moreau a rappelé l'existence du réseau "Sols acides" au sein de l'ISBRAM.

C'est avec beaucoup d'humour et encore plus de célérité, que J.O. Job, en collaboration avec R. Pontanier (ORSTOM), a clôturé cette séance d'exposés en nous soumettant quelques réflexions autour des recherches à mener sur les ressources en sols en zones arides, avec un accent particulier pour les aspects hydrodynamiques et la salinité. Il en ressort la nécessité :

- de recherches méthodologiques permettant d'élaborer des outils (capteurs) du suivi en continu des caractéristiques des sols et de leurs solutions ;
- d'élaborer des modèles de fonctionnement au niveau parcellaire ;
- de développer des modèles de transfert d'échelle en vue de la spatialiséation des données (télé-détection, SIG).

Au plan général, nos débats ont bien illustré que les différents acteurs disciplinaires – pédologues mais aussi chimistes, physiciens, biologistes, agronomes – qui œuvrent aujourd'hui sur les sols intertropicaux appréhendent bien les mêmes objets : des corps naturels et vivants, dont l'organisation, depuis les microsites où vivent les micro-organismes jusqu'aux paysages que structurent les facteurs naturels et les activités humaines, commande le fonctionnement.

Si, au plan intellectuel, cette observation est rassurante, elle indique aussi qu'il convient de retenir, parmi nos perspectives, les efforts méthodologiques nécessaires aux indispensables changements d'échelle. Cet objectif doit être poursuivi, sans excès toutefois, car il est normal que tous les pédologues ne puissent manifester le même intérêt pour tous les niveaux d'organisation que révèlent les objets qu'ils étudient.

Cet atelier a bien mis en évidence qu'il était aujourd'hui possible de passer progressivement de la description de la couverture pédologique régionale à celle de la couverture d'un fragment de petit bassin versant. De même, il est apparu que cette dernière échelle était la plus adéquate pour l'étude des bilans des fonctionnements, tout particulièrement hydriques, chimiques et érosifs. Toutefois, les extrapolations des résultats acquis demandent, d'une façon impérieuse, que se poursuivent des études d'inventaire. Comme l'a remarqué A. Chauvel, on ne peut dissocier, dans une perspective de fonctionnement, anatomie et physiologie, et il est clair que l'inventaire de l'anatomie des couvertures pédologiques est loin d'être terminé.

Nous avons pu observer que l'anatomie du sol est variable non seulement dans l'espace mais aussi dans le temps. En ce qui concerne cette variabilité temporelle, les agents biologiques en sont les principaux acteurs. De ce point de vue, les participants à l'atelier 6 ont considéré avec intérêt les perspectives qu'ouvre le Grand programme de l'ORSTOM "Biofonctionnement des sols tropicaux", qui pourrait servir de structure d'accueil à des projets interinstitutionnels, en particulier sur le thème "Biodiversité et diversité des sols et de leurs usages".

Enfin, il est clair pour tous que l'on ne peut plus séparer les propriétés intrinsèques des sols de leur évolution sous l'action anthropique et donc que chaque spécialiste du sol doit prendre fortement en compte cette donnée dans ses programmes de recherche.

En tant qu'organisateur, nous espérons pouvoir aborder, au cours de la discussion, d'autres thèmes que ceux évoqués par les intervenants, en particulier :

- les sols tropicaux et les changements globaux (cycle du carbone, érosion, désertification) ;
- la perception des recherches pédologiques par les utilisateurs et les décideurs.

L'absence de discussion nous empêche de rendre compte de ces aspects, pourtant essentiels pour l'insertion de notre discipline dans le concert des sciences de l'environnement. ■

Atelier 7

Les interfaces entre écosystèmes

Yves Gillon et Bernard de Mérona

Introduction du terme écotone

Le problème du fonctionnement des interfaces est devenu à toutes les échelles, y compris cellulaire, un des thèmes majeurs de la biologie.

L'écologie s'est d'abord intéressée aux relations entre les êtres au sein des biocénoses, puis à la structuration en mosaïque des écosystèmes et des paysages (Pickett et White, 1985). Il en résulte tout naturellement une focalisation de l'attention sur les interfaces entre écosystèmes, désignées par le terme d'écotones.

Il est caractéristique de cette évolution de voir qu'en 1977 l'ouvrage classique de Pielou, "Mathematical ecology", qui dénonce l'amour des écologistes pour les communautés homogènes, propose une caractérisation de zonage de ces communautés en situation de gradient sans prêter plus particulièrement attention aux propriétés des interfaces.

Mais ce n'est pas seulement pour des raisons théoriques liées à l'avancée des connaissances et des concepts que des écotones ont retenu l'attention. C'est aussi, malheureusement, au vu des conséquences désastreuses, pour la biodiversité en particulier, d'aménagements intempestifs de ces zones sensibles dans des pays industrialisés (arasement des haies, chenalisation des rivières), sans compter les risques que courent les zones de rivages en répercussion des changements globaux attendus (à défaut d'être prévus).

La notion d'écotone s'avère en effet particulièrement féconde lorsqu'on la croise avec les préoccupations urgentes à l'échelle planétaire : menaces sur la biodiversité, risques liés aux changements globaux et plus précisément action de l'homme et usage des ressources.

L'intensité des recherches n'étant pas à la mesure des problèmes et des préoccupations, les rencontres scientifiques donnent lieu à des recommandations, soit dans le champ global du sujet, soit dans des cas particulièrement sensibles (programme "zones humides" de l'UICN ; Dugan, 1992). Aucune assemblée toutefois ne s'était encore penchée sur les problèmes spécifiques des écotones entre écosystèmes intertropicaux.

Efforts internationaux de programmation sur les écotones

L'intérêt des scientifiques pour les écotones s'est concrétisé par un séminaire organisé par le SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) et le



Bernard de Mérona (photo P. Auderjat)

MAB (Man and Biosphere) à Paris, du 5 au 7 janvier 1987. Il en est résulté l'ouvrage de référence "A New look at ecotones" suivi de l'ouvrage collectif "Landscape boundaries".

Une seconde rencontre, sur le thème "Ecotones in a changing environment", s'est tenue à Kalamazoo (Michigan), les 25-29 avril 1991, dont les travaux devraient être publiés dans "Ecological applications".

Les recommandations du SCOPE y sont reprises :

– How do ecotones influence biotic diversity and flows of energy, nutrients, water,

and other materials ?

– How will biodiversity and ecological flows associated with ecotones respond to environmental change, especially to changes in global climate, sea level, land use, and atmospheric trace gases ?

– To what extent will human alteration of ecotones influence global environmental change ?

– Finally, how should ecotones be managed within a changing environment ?

avec pour objectifs plus particuliers :

1. Identify ecotones that are particularly sensitive to human impacts and climate change.

2. Evaluate models and other analytical approaches for relating ecotone structure and functional responses to climate change.

3. Evaluate methodology for measuring changes in ecotones and in biological community structure by remote sensing techniques, coupled with mathematical models.

Il n'est pas inutile que la recherche française en milieu tropical se situe par rapport à ces recommandations.

Un premier effet de cet engouement a été un élargissement du concept d'écotone à différentes échelles de temps et d'espace, qui se manifeste dans la définition de Holland (1988), retenue par le groupe IUBS/SCOPE/MAB : "Zone of transition between adjacent ecological systems, having a set of characteristics uniquely defined by space and time scales and by the strength of the interactions between adjacent ecological systems".

En cherchant à affranchir la notion d'écotone de son échelle particulière, on aboutit à une conception assez élastique pour pouvoir y englober des systèmes entiers. Ainsi C.D. Prince (Université du Maryland) considère dans sa communication au colloque de Kalamazoo : "The Sahel is the name given to the ecotone that forms the transition between the southern margin of the Sahara desert and the savannas to the south".

Dans la limite conceptuelle classique du terme écotone, c'est-à-dire aux échelles moyennes et en n'intégrant le facteur temps que pour prendre en compte les fluctua-

tions des discontinuités spatiales, on peut retenir un certain nombre de questionnements théoriques et pratiques à l'intérieur desquels s'inscrivent la plupart des recherches menées sur (ou dans) ces interfaces (Risser, 1990).

Les questions qui se posent sur les écotones au travers des programmes de recherche peuvent être regroupées dans les trois domaines de la biodiversité, des changements globaux et de l'usage.

● Dans le domaine de la biodiversité

- Quelle est la structuration spatiale de la biodiversité au sein des écotones ?
- Quelle est leur richesse biologique relative comparativement à celle des systèmes adjacents, et quelles sont les raisons des différences ?
- Leur diversité lorsqu'elle est élevée assure-t-elle une stabilité ?
- Quelles sont les caractéristiques des composantes biologiques qui leur sont propres, et quels liens fonctionnels ces éléments particuliers entretiennent-ils avec les écosystèmes adjacents ?
- Quelle influence ont-ils sur les caractéristiques démographiques et la composition génétique des populations issues des écosystèmes qu'ils délimitent ?
- Dans quelle mesure constituent-ils les limites à l'intérieur desquelles peuvent être extrapolées des études biocénologiques stationnelles ?
- Quelle est leur contribution dans l'origine des invasions biologiques ?
- Quelle résistance aux invasions biologiques procure leur hétérogénéité intrinsèque ?

● Dans le domaine des changements globaux

- Quelle est l'ampleur et la rapidité ou l'inertie de la transgression d'un milieu sur l'autre en fonction des composantes du climat ?
- "Landscape boundaries can be considered as early indicators of climatic change"* (di Castri *et al.*, 1988, p. 6).
- Quelle est la dynamique interne des écotones dans des conditions stables (cf. brousses tigrées) ?
 - Quel contrôle exercent-ils sur les flux de matière et d'énergie ?
 - Quelles caractéristiques des écotones influencent leur "perméabilité différentielle", suivant l'expression de Hansen *et al.* (1988) ?

● Dans le domaine de l'usage

On doit distinguer l'aménagement et le rôle des écosystèmes naturels du rôle des écotones engendrés par l'action humaine. Dans le second cas, la faible ancienneté et la grande instabilité engendrent des dynamiques nouvelles. Dans le premier cas, il s'agit d'une réponse discontinue dans un contexte physique continu (pente, aridité) ou lui-même discontinu (sols, eau). Cependant, les questions posées sont de même ordre :

- Quels rôles jouent les écotones dans le développement et l'approvisionnement des communautés humaines ?
- Quelles sont les conséquences prévisibles, sur quelle étendue et dans quelle durée, de l'usage des zones d'interface ?

– Quels objectifs peuvent être poursuivis simultanément dans les stratégies d'aménagement des écotones (stabilité, productivité, diversité...) ?

– Quelles adaptations peut-on déceler dans les écotones engendrés par la fragmentation des écosystèmes et l'implantation d'agrocénoses ?

Enfin, si l'on veut bien ne pas exclure leur usage par les scientifiques, deux questions se posent :

– Les problèmes d'échantillonnage dans des milieux différents ne limitent-ils pas le développement des recherches sur les écotones ? Certaines approches particulières surmontent cette difficulté (biologie du sol, télédétection).

– La focalisation sur certains écotones (rivages, lisières forestières) n'est-elle pas influencée par la perception humaine des différences structurelles ? Des masses aquatiques, des communautés végétales de même structure ne présentent-elles pas des zones d'affrontement qui constituent de véritables écotones (sans problèmes majeurs d'échantillonnage) ?

Programmes où des équipes françaises sont impliquées

● Thèmes abordés

Un certain nombre des programmes listés touchent de près ou de loin à la problématique de la biodiversité, que ce soit à l'intérieur même de l'écotone ou le rôle de celui-ci pour le maintien de la biodiversité régionale.

Lorsque l'on ne considère qu'un groupe taxonomique, l'écotone ne semble pas abriter plus d'espèces, quelle que soit sa taille. C'est le cas en mangroves de Nouvelle-Calédonie où le nombre d'espèces de poissons, de même que la diversité, est largement inférieur à celui des milieux adjacents (fonds meubles ou récifs) (Thollot, 1989). C'est le cas également des communautés de poissons en plaine inondée d'Amazonie où la diversité locale, bien qu'élevée, n'est pas différente de celle rencontrée dans des milieux purement lotiques (Mérona et Bittencourt, soumis). Les communautés d'arbres y sont également plus pauvres que celles des milieux de terre ferme (Rankin-de Mérona, soumis). Par contre, les lagunes et estuaires qui séparent deux milieux aquatiques semblent avoir plus d'espèces de poissons que les milieux adjacents (Albaret, sous presse ; Albaret et Ecutin, 1990). Une approche plus globale apporterait des résultats intéressants.

Certaines interactions entre écosystèmes sont décrites : rôle de nourricerie des lagunes, estuaires, mangroves et plaines inondées, relation poissons-forêt en plaine inondée, migrations. Par ce biais, le rôle des écotones dans la diversité régionale est abordé sans que le thème – pourtant très porteur d'idées théoriques nouvelles (Hansen *et al.*, 1988 ; Hansen et di Castri, 1992) – soit au centre des objectifs des projets.

Ces recherches s'intéressent aussi à la diversité des stratégies vitales et à la définition de groupes fonctionnels au sein de l'écosystème, domaine où les écotones tropicaux pourraient servir de modèle intéressant. Ce point est au centre de la problématique d'un projet inter-orga-

nismes qui regroupe plusieurs des projets sur les poissons d'eau douce listés ici.

Pour tous ces problèmes liés à la biodiversité, des études de génétique, actuellement peu développées dans ces milieux d'interface, seraient un complément indispensable.

Les effets de changements globaux sont en général abordés en utilisant des descripteurs simples. Les évolutions de surface de mangroves à Madagascar et en Guyane ou de forêts au Cameroun peuvent être reliées soit à des changements climatiques, soit à des actions anthropiques. L'effet des changements climatiques sur les peuplements de poissons a été abordé dans la lagune Ebrié en Côte-d'Ivoire et dans l'estuaire de Casamance. En plaine inondée d'Amazonie centrale, des relations ont été trouvées entre la crue et l'abondance de poissons. Cette thématique pose le problème de la création d'observatoires permanents.

Les études paléocéologiques permettent d'aller plus loin dans le débat théorique, mais les liens entre les dynamiques actuelles, celles des lisières forestières notamment, dont le climat, restent à établir.

L'utilisation des milieux d'interfaces aquatiques et terrestres par les sociétés humaines est particulièrement explorée. On citera surtout l'étude développée sur le delta central du Niger au Mali, dans laquelle sont intégrés de nombreux paramètres, biologiques, sociologiques, économiques. L'exploitation halieutique et agricole de la plaine inondée d'Amazonie centrale a été aussi étudiée, de même que l'utilisation des mangroves au Sénégal. Le problème de l'usage des milieux d'interface est bien entendu lié étroitement aux changements et à la dynamique de ces écosystèmes. En milieu terrestre, ce sont d'une part le rôle des lisières dans les vecteurs de pathologies humaines, d'autre part l'usage des jachères qui retiennent le plus l'attention. On notera toutefois la difficulté d'intégrer les approches relevant des sciences humaines et celles des sciences biologiques.

● Localisation des programmes

1. Asie-Pacifique

1.1. Mangroves du lagon de Nouméa, Nouvelle-Calédonie. (resp. M. Kulbicki, P. Thollot, ORSTOM). Etude des peuplements de poissons, caractérisation, relations avec les autres communautés ichtyologiques du lagon.

1.2. Propagation des phénomènes de résistance aux pesticides depuis la bordure des cultures de café (L.O. Brun).

1.3. Pénétration des espèces sauvages dans les agroforêts (H. de Foresta, G. Michon)

2. Afrique et Madagascar

2.1. Depuis 30 ans, tous les programmes de la station d'écologie tropicale de Lamto (Université d'Abidjan) concernent la zone de contact forêt-savane. C'est une des biocénoses tropicales les mieux connues : une base de référence pour les changements globaux.

2.2. Les lagunes de Côte-d'Ivoire. Nombreux programmes achevés sur hydrodynamique, géochimie, bactériologie, peuplements, pêche, socio-économie, anthropologie... Actuellement :

– Environnement des lagunes de Côte-d'Ivoire : étude des relations trophiques autour d'écosystèmes à vocation aquacole (D. Guiral, ORSTOM).

– Halieutique lagunaire (J.M. Ecoutin et E. Charles-Dominique, ORSTOM).

– Aquaculture lagunaire en Côte-d'Ivoire (M. Legendre et autres, ORSTOM)

2.3. Les estuaires et mangroves du Sénégal. Hydrodynamique, phytoplancton, zooplancton, crevettes. Actuellement :

– Etude de l'évolution des états de surface des sols du domaine fluvio-marin de basse Casamance par télédétection (B. Mougnot).

– Environnement et ressources des estuaires du Sénégal : estuaire de Casamance, structuration des peuplements ichtyiques du Siné-Saloum, basse vallée du fleuve Sénégal (L. Le Reste, J.J. Albaret, B. Millet).

– Utilisation des mangroves de Casamance (M.C. Cormier-Salem).

2.4. Les estuaires et mangroves de Guinée : rôle de l'environnement sur les peuplements ichtyiques (E. Baran).

2.5. La plaine inondée du delta central du Niger au Mali, système pêche, socio-économie, écologie des poissons, modélisation et simulation... (J. Quensièrre, ORSTOM).

2.6. Effet du pâturage sur les biocénoses de l'écotone "steppe à *Acacia*" du Sénégal (M. Benoit).

2.7. Agressivité des moustiques et déplacements dans la zone de contact entre deux milieux végétaux (R. Cordellier).

2.8. Transgression forêt-savane au Gabon (H.F. Maître).

2.9. PEC Madagascar : fleuves, lacs, lagunes et estuaires. (L. Ferry).

2.10. Mangroves de Madagascar (J. Iltis).

Projet Congo, programme Mosaïque : "Rôle et action du morcellement de la forêt humide tropicale sur les communautés ichtyologiques et parasitaires de l'hydrosystème continental tropical".

3. Amérique du Sud

3.1. Etude de l'eutrophisation des lagunes fluminenses-Rio de Janeiro : fonctionnement de la lagune de Marica (J.P. Carmouze).

3.2. Conditions économiques et écologiques de la production d'une île de varzea en Amazonie centrale (B. de Mérona). Hydrologie du système plaine inondée, structure et dynamique des peuplements de poissons, écologie des crevettes, répartition des grandes unités de végétation, structure et dynamique des peuplements arborés, exploitation agricole et halieutique.

3.3. Estuaires et mangroves de Guyane.

– Hydrologie des lagunes et marais du littoral guyanais (M. Lointier).

– Mangroves guyanaises, géomorphologie (F. Fromard et autres).

– Dynamique des crevettes de Guyane (F. Lhomme).

3.4. Sinnamary, programme "Petit Saut" : relations habitat-peuplements de poissons le long du gradient longitudinal. Etude ichtyologique et botanique des plaines inondées dans les hauts cours, communautés de juvéniles dans l'estuaire. En projet : "Maintien de la biodiversité du peuplement de poissons d'un fleuve intertropical soumis à un aménagement hydroélectrique", rôle des zones d'inondation dans le maintien de la diversité des

espèces de poissons constituant le peuplement du fleuve Sinnamary. Effet du barrage.

3.5. Mangroves de Pointe-à-Pitre.

3.6. Discontinuités longitudinales et latérales chez les Serrasalminae sud-américains. Espèces endémiques des écotones (M. Jégu).

Déroulement de l'atelier et recommandations

Les présentations des communications de l'atelier sur les interfaces furent articulées autour de trois thèmes, avec discussion à la fin de la dernière communication sur chacun de ces thèmes (à l'exception du troisième faute de temps).

Thème biodiversité

– G. Vidy – Recrutement et écologie des juvéniles de poissons en milieu estuarien et lagunaire tropicaux : revue bibliographique.

– J.M. Rankin-de Mérona, B. de Mérona – Plantes forestières des varzea, importante composante alimentaire pour les espèces de poissons de l'île amazonienne de Careiro.

– B. de Mérona – Poissons et plaines inondées en Amazonie centrale.

Thème changements globaux

– G. Achoundong – Dynamique des contacts forêt-savane.

– F. Fromard *et al.* – Structure et évolution des mangroves guyanaises : études *in situ* et par télédétection.

– J. Iltis, A. Faramalala – Les mangroves de l'ouest de Madagascar : état des connaissances et état de santé.

Thème usage et anthropisation

– C. Cormier-Salem – Les mangroves : des espaces aquatiques diversifiés (représentation et appropriation de la mangrove par les sociétés littorales).

– Y. Gillon – Interface entre écosystèmes et agrosystèmes.

– J.M. Lebigre – La zone interne des marais maritimes tropicaux : tannes et transitions marécageuses. L'exemple du Brésil amazonien et nordestin.

– E. Rodrigues da Silva – Diagnostic des actions anthropiques dans une région de mangroves. Baie de Guanabara, Rio de Janeiro, Brésil.

Compte tenu du nombre des ateliers (sept), des précédentes réunions de programmation de Strasbourg et Saint-Malo, des conclusions tirées par les réunions internationales sur les écotones, enfin des priorités déjà définies et organisées au plan national sur les thèmes changements globaux et biodiversité, il est apparu plus utile de souligner l'importance des écotones dans ces démarches plutôt que d'imaginer à nouveau des priorités thématiques et géographiques.

En conclusion

Deux conclusions générales se dégagent :

– La première est la nécessité de reconnaître en quoi tout système est influencé par les systèmes adjacents

suivant divers paramètres plus ou moins discontinus. Ainsi, la mangrove peut être analysée en tant qu'écosystème à part entière, mais une approche qui intègre les influences externes est bien plus enrichissante et informative.

– La seconde est la nécessité de distinguer les cas envisagés suivant une typologie qui pourrait découler des considérations suivantes : un écotone peut résulter soit d'une réponse discontinue du vivant dans un gradient de conditions (ex. étages montagnards), soit d'adaptations différentes à des conditions de biotope discontinues (rivages), soit de la fragmentation récente d'un écosystème sous contrainte exogène (ex. déforestations, incendies).

Pour ce qui est de la biodiversité, l'idée communément admise suivant laquelle un écotone est obligatoirement plus diversifié que les systèmes adjacents doit être réexaminée à la lumière des considérations précédentes, et donner lieu à une clarification du statut et du rôle des formes endémiques de ces écotones. Il y a lieu aussi d'explicitier avec nuance la participation des écotones aux différentes échelles spatiales (locales, régionales) de diversité biologique.

Pour ce qui est des changements globaux, la nécessité, évoquée lors de précédentes conférences, de détecter les écotones les plus sensibles reste d'actualité, avec l'identification des causes des dynamiques différentielles suivant les types d'écotones. S'il semble établi que les écotones ne sont pas nécessairement, en soi, des systèmes particulièrement sensibles au changement, ils présentent souvent, en revanche (lisières par exemple), l'avantage de faire apparaître clairement les variations.

Ces préoccupations sont à combiner avec les usages et les degrés d'anthropisation. Plusieurs exposés ont montré que les milieux d'interface sont, plus que tout autre, exploités de manière diversifiée. Leurs propriétés impliquent des usages de type artisanal. Les échelles de temps et d'espace y sont plus qu'ailleurs contraignantes, ce qui nécessite pour la recherche une coordination étroite entre les sciences de l'homme et du milieu.

Tous ces problèmes supposent des avancées méthodologiques sur plusieurs points : identification modélisée de l'objet d'étude, remplacement des références habituelles (résultats rapportés à des surfaces par exemple) par des termes comparatifs plus adaptés, identification des flux entre compartiments du paysage, utilisation de méthodologies compatibles avec des structurations de milieux différentes (ex. télédétection, pédobiologie).

Enfin, il apparaît que la réflexion et la programmation en matière d'interface pâtissent de la mauvaise identification des problématiques associées à ces systèmes, d'autant plus que, après avoir dû abandonner la référence au climax, l'écologie ne semble pas prête de se priver de celle d'écosystème représentatif. La question fut même posée de la pertinence d'un objet d'étude qui ne serait défini que par sa non-appartenance à l'un ou l'autre de deux écosystèmes contigus.

Une importante conséquence est la difficulté à identifier les marges d'extrapolation des études stationnelles, soulignée dans l'atelier sur les forêts. Il faut aussi noter l'indexation relativement aléatoire sur le mot clé "écotone" des chercheurs dans les bases informatisées de compétences. ■

Travaux cités et bibliographie sommaire

Albaret J.I., à paraître – Les poissons : biologie et peuplements. Ecologie d'une lagune tropicale. Editions ORSTOM.

Albaret J.I., Ecoutin J.-M., 1990 – Influence des saisons et des variations climatiques sur les peuplements de poissons d'une lagune tropicale en Afrique de l'Ouest. *Acta Oecologica*, 11 (4) : 557-583.

Di Castri F., Hansen A.J., Holland M.M. (eds), 1988 – A new look at ecotones, Emerging International Projects on Landscape Boundaries. *Biology International*, 17 : 161 p.

Dugan P., 1992 – La conservation des zones humides. IUCN, 100 p.

Hansen A.J., di Castri F. et Risser P.G., 1988 – A new scope project. Ecotones in a changing environment. The theory and management of Landscape Boundaries. In di Castri *et al.* (eds). A new look at ecotones, Emerging International Projects on Landscape Boundaries. *Biology International*, 17 : 137-161

Hansen A.J., di Castri F. (eds), 1992 – Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows. Ecological Studies, 92, Springer-Verlag, 452 p.

Holland M.M., Risser P.G., Naiman R.J., 1991 – Ecotones : the roles of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments. Chapman and Hall, 142 p.

Mérona B. de, Bittencourt M.M., accepté – Les peuplements

de poissons du "lago do Rei", un lac d'inondation d'Amazonie centrale. *Amazoniana*.

Naiman R.J., Décamps H., 1990 – The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. MAB Series, 4, UNESCO, 316 p.

Pickett S.T.A. et P.S. White, 1985 – The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press Inc., New York.

Pielou E.C. 1977. – Mathematical ecology. Wiley Interscience, New York, 385 p.

Rankin-de Mérona J., soumis – Les peuplements arboricoles de deux types de forêt inondée de "varzea" sur l'île de Careiro, Rio Amazonas, Brésil. *Amazoniana*.

Risser P.G., 1990 – The ecological importance of land-water

Ecotones. In Naiman R.J., Décamps H. (eds.). The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. MAB Series, 4, UNESCO, p. 7-21

Thollot P., 1989 – Les poissons de mangrove de Nouvelle-Calédonie : caractérisation du peuplement et relations avec les autres communautés ichthyologiques du lagon. Rapports scientifiques et techniques Sciences de la Mer, biologie marine, 52, ORSTOM, Nouméa

Wiens J.A., Crawford C.S., Gosz J.R., 1985 – Boundary dynamics : A Conceptual framework for studying landscape ecosystems. *Oikos*, 45 : 421-427.

Welcome R.L., 1979 – Fisheries ecology of floodplain rivers. Longmann, 317 p.

Écosystèmes intertropicaux, fonctionnement et usages : questions, perspectives et conclusions

Alain Pavé et Michel Rieu

Trois journées bien remplies ont permis :

- d'illustrer et de confirmer :
 - la dynamique des projets institutionnels et interinstitutionnels en matière de recherche sur l'environnement (interventions d'Alain Ruellan, de Michel Petit et de Rémy Pochat, allocution de Gérard Winter) ;
 - l'état actuel de grandes questions : modifications et dynamique de la biodiversité (Christian Lévêque) et de la composition de l'atmosphère (Jacques Fontan) ;

– l'avancement ou les conclusions de programmes de recherche menés conjointement par le CNRS et l'ORSTOM en zone intertropicale (SALT, ECOFIT, Hapex-Sahel, Eau-sol-plante, et l'ASP "Sciences de l'Homme et de la Société) ;

- de réaliser un travail en atelier qui a fait le point des recherches actuelles suivant une nomenclature traditionnelle (découpage en "biomes")



Alain Pavé (photo P. Auderès)

- de débattre des initiatives à prendre et des progrès à accomplir aussi bien dans le cadrage thématique des recherches que dans la constitution de dispositifs de terrain et expérimentaux de tous ordres.

Le cadrage général

Des exposés de la première journée émergent les éléments d'un cadrage général. Tout d'abord, les recherches en zones intertropicales doivent connaître un nouvel essor, en particulier suite à la conférence de Rio. Cet essor se justifie en premier lieu par une

demande accrue de recherche scientifique par et dans les pays du Sud, puis par l'intérêt scientifique de ces recherches sur des modèles riches tant sur le plan des systèmes naturels que sociaux. L'ensemble du dispositif de recherche français est concerné ainsi que l'enseignement supérieur (universités et écoles).

L'intérêt doit porter sur les "grands problèmes actuels", notamment les questions relatives aux modifications de la "biodiversité" et de l'"effet de serre", ainsi que leur traduction en termes de développement "durable". Ces questions qui émergent du corps social sont aussi des moteurs pour la recherche scientifique dans la mesure où elles engendrent des problématiques scientifiques accessibles. Les recherches en zones intertropicales sont particulièrement concernées.

Puis, la nécessité d'une approche interdisciplinaire et de la collaboration interinstitutionnelle a été une nouvelle fois soulignée.

Enfin, les travaux et leurs résultats doivent être compréhensibles pour les partenaires sociaux ; le dispositif de recherche doit être connu, compris, accepté et... soutenu.

Les ateliers : l'état actuel, les questions pour avancer

Il faut d'abord souligner le dynamisme de la communauté des "tropicalistes" et la qualité de beaucoup des travaux présentés, des résultats acquis et des questions soulevées. Il n'est pas question de revenir ici sur le bilan de chacun des ateliers, établi par ailleurs, mais de soulever quelques questions transversales qui ont émergé ici ou là.

- L'intérêt des études sur les écosystèmes intertropicaux dans le cadre de la problématique "environnement et développement".

Cet intérêt a déjà été souligné, non seulement pour des objectifs propres concernant ces systèmes mais aussi comme modèles d'écosystèmes à divers degrés d'anthropisation. On retiendra notamment la diversité des situations tant sur le plan biologique et écologique que culturel et socio-économique.

- La justification sociale de la recherche scientifique.

Il faut préciser le rôle du monde scientifique non seulement en tant que "fournisseur" de réponses mais aussi en tant que "poseur" de questions, à lui-même et à la société. Qui peut croire une seconde que les questions sur la biodiversité et l'effet de serre se seraient posées sans l'intervention initiale du scientifique ? Il est d'ailleurs de sa responsabilité première de faire connaître ce type de question quand, dans sa pratique, il a été amené à se les poser.

- L'intégration des échelles d'espace et de temps, la prise en compte des hétérogénéités.

La science de l'"homogène" et de l'"intemporel" a vécu dans la mesure où elle s'appuyait sur des paradigmes, comme la notion d'équilibre, qui ne s'avèrent plus suffisants. Ceci étant, il reste encore à prendre en compte et développer de nouveaux concepts et de nouvelles approches qui permettent d'aborder cette nouvelle réalité de la recherche scientifique sur les écosystèmes.

- La fragilité de l'approche scientifique sur les usages des écosystèmes.

Dans beaucoup de cas il a été bien plus question du fonctionnement des systèmes naturels que de leur transformation par l'homme. L'intégration des approches des sciences de la nature et des sciences sociales reste souvent à faire.

- La nécessité d'une harmonisation puis d'une coopération entre les organismes n'est pas seulement un souhait

"institutionnel" mais apparaît clairement et peut-être surtout chez les chercheurs eux-mêmes. S'il s'agit de la création et de la mise en commun de dispositifs lourds de recherche, il s'agit aussi de la réunion des savoirs et des compétences.

- Le développement méthodologique apparaît comme une priorité, en particulier la modélisation (construction et utilisation de modèles), la télédétection et la cartographie. On y ajouterait sans peine la météorologie : des progrès sont à faire dans l'instrumentation pour l'étude des écosystèmes, qui est encore souvent rudimentaire. Les approches systémiques sont souvent mises en avant sans qu'il soit précisé les limites de ce type d'approche "globalisante" fondée principalement sur l'analyse quantitative des flux entre "boîtes". On confond souvent "schéma fonctionnel" et "analyse systémique". Dans quelle mesure et dans quels cas précis, et au-delà du discours, l'analyse systémique est-elle opératoire ?

- Les études à long terme semblent être souhaitées. On pourrait néanmoins s'interroger sur la possibilité de mettre au point des méthodes et des techniques permettant d'observer des changements "lents" pendant un intervalle de temps limité et court vis-à-vis du phénomène observé.

Perspectives

Sans revenir au cadre général et sans rappeler les définitions actuelles du terme "environnement" (cf. Jollivet et Pavé, 1992), même en se limitant au contexte "écosystème", on peut néanmoins s'accorder sur les points suivants.

- Une question d'écologie devient un problème d'environnement dès lors qu'elle est perçue comme résultant de l'action de l'homme.

- Une décision d'action en matière d'environnement est fonction de la perception sociale d'un certain environnement et de l'impact que l'action envisagée est supposée avoir sur cet environnement.

- Environnement et développement sont indissociables. Une décision en matière de développement sera de plus en plus mise en relation avec les conséquences environnementales qu'elle pourra avoir, et ceci à plusieurs échelles d'espace et de temps.

- La recherche doit fournir à la société un cadre de référence scientifique qui lui permette de situer son niveau de responsabilité et ses possibilités d'actions en matière d'environnement.

- L'environnement devient progressivement un véritable objet de recherche scientifique, dont l'axe majeur est l'étude des écosystèmes et des relations que l'homme entretient avec eux.

Ainsi, on passe de l'analyse et de la compréhension des écosystèmes à l'analyse et la compréhension de l'action des hommes sur l'environnement, puis, dans une phase ultérieure, à la définition de l'action en fonction de critères qu'on cherche à "optimiser".

● Nouveaux thèmes et nouvelles orientations

A travers les préoccupations exposées au cours de ces journées, des thèmes ont été confirmés ou émergent nettement. Le souhait d'une réflexion conceptuelle et

théorique a été clairement exprimé. L'intérêt d'une approche scientifique de l'action a été évoqué. Les dispositifs institutionnels ont été discutés ainsi que la mise en œuvre d'une politique de formation et de recrutement. Enfin, les nouvelles méthodes et les problèmes liés aux dispositifs expérimentaux de terrain ont retenu l'attention des participants.

Thèmes émergents

On en retiendra trois.

- La biodiversité, avec ses dimensions biologiques et sociales, aux différents niveaux d'organisation du mode vivant (du gène à l'écosystème), qu'elle soit structurelle ou fonctionnelle. Dans ce dernier cas, un effort important est à faire sur les aspects fonctionnels, en particulier leur caractérisation. On retiendra également les relations entre biodiversité, fonctionnement des écosystèmes et composantes physico-chimiques :

- Comment les modifications de la biodiversité agissent-elles sur le fonctionnement des écosystèmes ?
- Inversement, comment les modifications du fonctionnement des écosystèmes agissent-elles sur la biodiversité ?
- Comment l'évolution de la composition des fluides circulants (eau et air) influe-t-elle directement sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes, ou indirectement sur la biodiversité en modifiant le fonctionnement des écosystèmes ?
- Quelles actions de l'homme sont susceptibles d'altérer ou d'améliorer la biodiversité et de là le fonctionnement des écosystèmes, ou d'agir sur le fonctionnement des écosystèmes et de là de modifier la biodiversité ?
- Quels sont les différents aspects de la perception sociale de la biodiversité ?

- Systèmes écologiques et actions de l'homme.

La question de la biodiversité pose celle du fonctionnement des écosystèmes puis immédiatement celle de l'action de l'homme sur la structure et donc le fonctionnement de ces écosystèmes.

Cette action se détermine et se situe :

- à différents niveaux d'organisation (individus, populations, peuplements, écosystèmes) ;
- à différentes échelles d'espace et de temps (du ponctuel au globe, de la journée au siècle) ;
- à différentes intensités (de la destruction pure et simple à la conservation dans un état supposé "naturel" en passant par les systèmes plus ou moins anthropisés, altérés ou aménagés : systèmes quasi naturels, anthropo-écosystèmes, agroécosystèmes et systèmes ruraux, jusqu'aux systèmes périurbains et urbains).

Elle est directe ou indirecte, volontaire ou involontaire :

- directe et volontaire (exemples de la conduite d'un système forestier, du changement d'usage des terres comme la transformation d'un système naturel en système agricole) ;
- directe et involontaire (exemples des perturbations par des pollutions chimiques ou par la fréquentation touristique) ;
- indirecte et volontaire (réglementations sur l'accès et l'exploitation d'un écosystème) ;
- indirecte et involontaire (exemple des

modifications de la composition des fluides circulants pouvant avoir des effets chimiques, biochimiques et biologiques immédiats, ou physiques avec des incidences à plus long terme comme les modifications climatiques qui induiront, en retour, des effets biologiques).

Les conséquences doivent être évaluées le plus précisément possible :

- sur le fonctionnement des écosystèmes naturels et anthropisés ;
- sur les aspects socio-économiques.

Le recours à la modélisation et à la simulation apparaît de plus en plus incontournable.

- Etude comparative des politiques d'environnement.

Ce troisième thème vise à analyser les réponses sociales aux problèmes d'environnement qui peuvent avoir des incidences immédiates ou différées sur les autres questions. Cette étude comparative devrait être centrée sur :

- leurs évolutions en "fonction du temps" ;
- leurs spécificités "régionales" ;
- leur adéquation avec des objectifs de conservation, protection, réhabilitation ;
- leur intégration dans un schéma de développement "durable".

Pour mémoire, on rappellera que les thèmes relatifs aux aspects physiques et physico-chimiques des modifications de l'effet de serre, avec les incidences climatiques éventuelles, font l'objet de programmes de recherche déjà bien ancrés dans l'activité scientifique et couverts par des programmes internationaux (PIGB, PMRC...). L'articulation avec les aspects bio-écologiques et socio-économiques est en construction. Une partie de ces articulations devrait être prise en compte dans les autres thèmes.

Elaboration d'un fonds théorique et multidisciplinaire

Dans ce domaine d'interface entre disciplines scientifiques, il s'agit de reprendre des concepts, voire d'en élaborer de nouveaux, et de tester leur pertinence. La plupart de ces concepts ont émergé à l'occasion d'études disciplinaires, puis ont été repris, adaptés dans le langage d'autres disciplines. C'est par exemple le cas du concept d'équilibre élaboré dans le cadre de la thermodynamique du XIX^e siècle et repris dans de nombreuses disciplines comme l'écologie ou l'économie. Ces

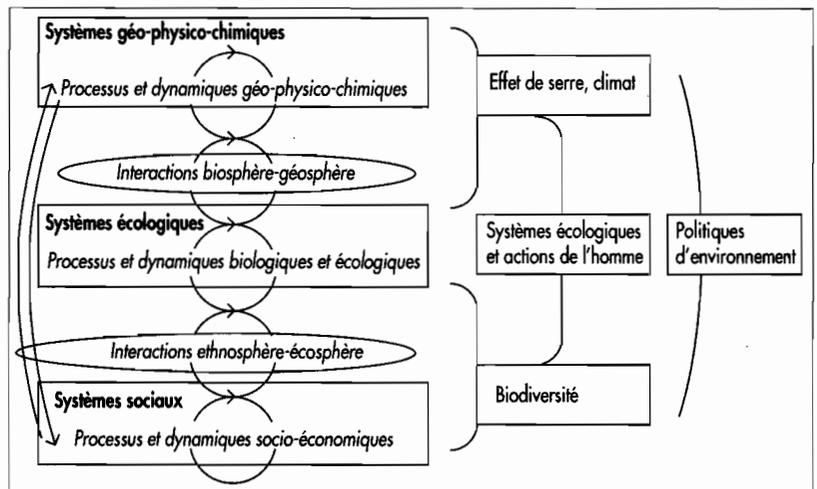


Figure. Systèmes et processus impliqués dans la dynamique environnement-développement. Place approximative des principales thématiques de recherche.

concepts ont été ensuite traduits sous forme opératoire. On connaît, ou on pressent, maintenant les limites de ces concepts et de leur utilisation opératoire.

Par exemple, on considère l'état d'équilibre soit comme un état "asymptotique" qui n'est jamais en pratique atteint, soit comme l'appréhension locale d'un phénomène "lent". En réalité, on est toujours dans un état transitoire. Si la nature des phénomènes étudiés ou celle des questions que l'on se posait sur ces phénomènes permettait d'utiliser ce concept et les outils qui en dériveraient, ce n'est plus généralement le cas. Il y a donc à réfléchir sur une modification de nos références théoriques. Par exemple, c'est depuis longtemps fait pour l'équilibre ; on a ainsi introduit les notions d'"équilibre dynamique" (en écologie), de "stationnarité" (pour l'étude des systèmes dynamiques), d'état permanent ou transitoire, qui permettent de mieux montrer, entre autres, leur valeur locale.

Ainsi, on peut proposer de réfléchir sur la liste suivante de concepts (non exhaustive), puis de tester leur pertinence face aux problèmes posés par l'étude des écosystèmes et plus globalement par les recherches sur l'environnement :

- équilibre, stationnarité, permanence, émergence, résilience, transitoire ;
- variabilité, hétérogénéité, fluctuations, invariants ;
- commandabilité (contrôlabilité), gouvernabilité, observabilité des systèmes naturels ;
- action, interaction, rétroaction.

On peut retenir, déjà à ce niveau, le rôle important de la modélisation mathématique, qui peut fournir des objets formels, véritables paradigmes clairement énoncés, permettant de mieux cerner les concepts eux-mêmes et leur portée.

Une approche scientifique de la définition de l'action

L'action peut être d'ordre technique, politique et réglementaire ou social. Très souvent, en matière d'environnement, l'action se fonde beaucoup plus sur un savoir diffus que sur une étude scientifique des modalités et des conséquences de cette action, même pour certains aspects techniques. Par ailleurs, pour des domaines plus purement techniques, des scientifiques ont élaboré des concepts et théories de l'action puis les outils correspondants, en particulier les automatismes dans les sciences de l'ingénieur. Si certaines transpositions un peu rapides, par exemple en économie, n'ont pas eu le succès espéré, il y a néanmoins lieu de reprendre ces concepts et de les adapter, notamment en les replaçant dans le contexte des modèles de fonctionnement dont on peut disposer.

Parmi les thèmes à aborder, outre la réflexion sur la transposition et l'adaptation des concepts des sciences de l'action, en particulier de l'automatique, on peut d'ores et déjà élaborer des outils pour améliorer :

- la définition de critères de décision,
- la définition d'actions volontaires sur l'environnement, sinon même pour tester si les objectifs affichés ont quelques chances d'être atteints.

Les dispositifs institutionnels

Il est apparu clairement que le dispositif français de recherche dans la zone intertropicale est remarquable

par son étendue à la fois géographique et thématique. Le rôle des organismes de recherche comme l'ORSTOM et le CIRAD est déterminant : dispositifs de terrain puissants, implications locales fortes, nombreuses recherches en partenariat, collaborations avec les chercheurs d'autres organismes... Chacun des instituts spécialisés y retrouve ses spécificités. Cependant, ces instituts ne couvrent pas l'intégralité du champ scientifique et des compétences ou un potentiel supplémentaires peuvent être nécessaires. Ces compétences et ce potentiel existent, au moins en partie, dans des organismes plus généralistes. A ce titre, le tableau des participants aux journées de Lyon est illustratif.

Tableau. Nombre d'inscrits aux journées de Lyon, par organisme.

Organisme	Nombre d'inscrits
IFREMER	4
MRE	4
CNEARC	4
Min. Environnement	7
ENGREF	9
CEMAGREF	13
CIRAD	15
MNHN	16
INRA	27
ORSTOM	80
CNRS-Université	148
Autres	76
Total	403

Les actions communes inter-organismes sont déjà bien engagées, comme l'ont montré de nombreuses présentations. Il ressort des exposés, des ateliers et des discussions une volonté d'extension de la politique associative en développant ces actions communes ; chacune d'entre elles étant configurée en fonction de ses finalités et des besoins de la réalisation. Parmi les formes possibles, on peut retenir : les actions incitatives, les programmes de recherche, les sites ateliers, les groupements de recherche, voire des laboratoires communs.

Des propositions concrètes de nouvelles actions ont été faites : biodiversité des poissons d'eau douce, biologie et fonctionnement des sols, écologie des zones arides (déserts)...

Pour ce qui concerne les sites ateliers, on y revient ci-après, il apparaît qu'un effort de réflexion est nécessaire, en particulier pour adapter leurs configurations aux besoins des programmes de recherche (sites légers, sites lourds...). On peut conseiller de se référer aux travaux du groupe d'experts réuni par le Programme Environnement sur le thème "dispositifs expérimentaux permanents".

● Une politique de formation et de recrutement

Quels chercheurs pour l'environnement et plus particulièrement pour les études en zone intertropicale ? Cette question pose à la fois celle de la formation initiale et doctorale, celle du recrutement en nombre et en qualité, puis celle de la carrière même des chercheurs. On ne peut répondre rapidement, d'autant plus que le problème n'a pas été abordé de façon approfondie lors des journées. Il est seulement possible de préciser quelque peu ces questions et inviter le lecteur à y réfléchir et à nous faire part de ses suggestions.

Pour la formation

- L'environnement justifie-t-il des formations initiales et/ou doctorales spécifiques ?
- L'originalité tropicale nécessite-t-elle des formations initiales et/ou doctorales spécifiques ?
- Si oui, est-ce vrai dans toutes les disciplines ?
- Quel degré d'interdisciplinarité injecter dans de telles formations ? Convient-il d'envisager des formations doctorales hybrides ?

Pour les recrutements

- Doit-on promouvoir plutôt des affichages spécifiques ou des affichages généraux voire aucun affichage ("concours libre") ?
- Quelle doit être la démographie des chercheurs sur les systèmes intertropicaux dans les prochaines années ?

● **Méthodes et dispositifs**

Très généralement, on note une forte demande méthodologique et technique. La nécessité de l'approche interdisciplinaire a été soulignée une nouvelle fois ; elle devient de plus en plus une réalité concrète ; on en a vu plusieurs exemples, notamment dans les programmes présentés le premier jour. Par ailleurs, les sciences de la représentation des connaissances apparaissent de plus en plus sollicitées. On peut noter qu'il s'agit en fait de systèmes formels, autres que mathématiques, permettant aussi de construire des modèles.

La modélisation

La modélisation est maintenant perçue comme utile sinon incontournable, mais reste encore souvent plus dans le domaine des intentions que dans celui des réalités concrètes... Un accord semble obtenu sur un emploi large du terme, c'est-à-dire non restreint aux modèles mathématiques et numériques (modélisation géométrique, modélisation qualitative, modèle informatique de l'intelligence artificielle...). Par ailleurs, les modèles "intégrés" utilisant simultanément plusieurs formalismes semblent permettre d'aborder des problématiques nouvelles, par exemple "la modélisation des interactions entre sociétés humaines et systèmes naturels" (on en a déjà vu des exemples dans certains ateliers).

Il est important également de valoriser les modèles, en particulier mathématiques, comme support de réflexion (cf. plus haut à propos des concepts).

L'acquisition et l'organisation des données

L'instrumentation et plus généralement les dispositifs d'acquisition des données sont développés de façon très inégale : des systèmes sophistiqués et coûteux de la télédétection spatiale, d'un côté, et des instruments encore relativement rudimentaires de l'écologie de terrain, d'un autre côté. Un effort métrologique important doit être fait pour améliorer les prises de données afin de combler ce fossé.

Les techniques d'organisation de données (systèmes de gestion de bases de données et systèmes d'information géographiques) semblent entrer de plus en plus dans la pratique, même si les produits actuellement disponibles ne couvrent pas encore les besoins pour des données scientifiques d'origine, de contenu, de type et de fiabilité variés.

Les problèmes liés aux traitements "courants" des données n'ont pas été particulièrement soulevés, sans doute parce qu'il existe des logiciels largement distribués (notamment des logiciels de statistique et d'analyse de données). On ne peut néanmoins que s'interroger sur leur "bonne utilisation"...

Sites expérimentaux, expérimentation de terrain

En complément de la remarque déjà faite à ce propos, on retiendra la nécessité de maintenir et promouvoir des sites légers et transitoires de terrain en complément de sites "lourds et permanents". Un point important à souligner est celui des moyens généraux (laboratoires "légers", instrumentation transportable, "kits" de terrain, moyens mobiles).

Enfin, la nécessité de coordonner l'ensemble des moyens mis en œuvre pour une thématique donnée a été soulignée (distribution géographique cohérente, mise en réseau). On peut également s'interroger sur l'idée de laboratoires mobiles de terrain dans le domaine continental, comme c'est le cas sur les bateaux, pour des raisons évidentes, en océanographie.

Les moyens informatiques

Les sciences biologiques et écologiques, d'une part, les sciences de l'homme et de la société, d'autre part, utilisent pour leurs besoins actuels des matériels informatiques plutôt "classiques", même si ces disciplines ont fait un effort d'imagination dans l'utilisation des logiciels et plus généralement des moyens offerts par l'informatique pour la modélisation (par exemple, le recours aux formalismes issus de l'intelligence artificielle ou l'utilisation de plusieurs styles de programmation : procédurale, fonctionnelle, logique et centrée-objet). Il faut néanmoins s'attendre à l'émergence d'une demande pour des matériels nouveaux (par exemple, les machines parallèles).

Conclusion

Les journées de Lyon ont permis de démontrer le dynamisme des recherches intertropicales menées par des équipes françaises. On peut cependant regretter que ces travaux soient souvent mal connus dans les autres pays développés. On a pu mesurer, au moins en partie, les qualités et les défauts du dispositif actuel et la nécessité de promouvoir les programmes associant divers organismes. Cette recherche s'inscrit à l'évidence dans l'après-Rio ; même si le silence relatif d'aujourd'hui peut faire illusion, l'importance des problèmes est telle que les scientifiques ont la responsabilité de rompre ce silence, les tropicalistes en premier lieu. Par ailleurs, l'intérêt scientifique des modèles tropicaux dans les grandes thématiques actuelles doit être une nouvelle fois souligné, qu'ils soient terrestres, aquatiques continentaux ou marins, peu, faiblement ou fortement soumis à l'action de l'homme. Les recherches dans le domaine tropical fournissent un cadre excellent pour la réflexion théorique et le développement méthodologique en matière d'environnement et de développement. Pour ces raisons, la valorisation et le développement des recherches intertropicales se révèle l'une des priorités de la politique scientifique dans les prochaines années. ■

L'ENVIRONNEMENT ENTRE SCIENCE ET POLITIQUE

Face aux demandes souvent pressantes de la société, les chercheurs s'organisent et s'interrogent sur les moyens d'éliminer le malentendu qui les oppose aux décideurs

"Depuis Rio, il nous est devenu impossible de travailler comme avant, de continuer de faire de la science pour la science, selon nos propres conceptions". Cette réflexion domine désormais inmanquablement tout débat entre chercheurs concernés par l'écologie ou l'environnement. Le Sommet de la Terre, grand-messe médiatique tenue en juin 1992 dans la capitale brésilienne, fait la part belle aux scientifiques. Quand chefs d'Etat et représentants des toutes-puissantes ONG (organisations non gouvernementales) clamaient bien haut, à la tribune, leur attachement à la préservation de la nature, les "savants" en étaient réduits à se réunir entre eux.

"Il y a un problème sérieux de communication entre les scientifiques et les aménageurs, reconnaît M. François Blasco (Institut de la carte internationale de la végétation, CNRS/Université Paul Sabatier, Toulouse). Les aménageurs réclament des recettes, les scientifiques répondent en fournissant des connaissances". En découlent un certain nombre de malentendus, illustrés par les dégâts récents autour des conséquences à long terme de l'effet de serre, du "trou d'ozone", ou de la déforestation massive en Amazonie. Les décideurs politiques et économiques (et aussi l'opinion) prennent comme des certitudes - positives ou négatives selon leurs options - ce qui, pour les chercheurs, ne constitue que des scénarios, des hypothèses de travail à partir desquels ils tentent de cerner une réalité difficile à saisir, et dont la complexité s'accroît avec chaque découverte.

Cette situation est assez mal vécue par les scientifiques spécia-

listes de l'environnement. "L'écologie a besoin d'écologues" clame Pierre Jouventin, secrétaire général de la Société française d'écologie, scandalisé que les collectivités territoriales ou les ministères puissent demander des expertises "à des associations de protection de la nature ou même à des centres d'initiation à l'environnement" plutôt qu'aux laboratoires publics de recherche.

Des écologues aux mathématiciens

Certains chercheurs, pourtant, semblent craindre une certaine hégémonie des écologistes : "il convient de ne pas confondre écologie et environnement", souligne Alain Ruellan, directeur du PIREN (programme interdisciplinaire sur l'environnement) au CNRS. L'écologie, en tant que discipline, c'est l'étude des écosystèmes, les milieux où vivent et se reproduisent les êtres vivants. La recherche en environnement est plus large. "Elle intègre la notion de ressource, tente de définir comment les interventions de l'homme doivent être gérées pour qu'elles n'hypothèquent pas le futur". Une démarche résolument interdisciplinaire où interviennent aussi des climatologues, des biochimistes, des géographes, des économistes, des sociologues ou des ethnologues, et même des mathématiciens et informaticiens, indispensables pour l'élaboration et la gestion des "modèles" et des banques de données.

Les écologistes ne peuvent, à eux seuls, répondre à cette attente. "D'autant plus, lance M. Ruellan, qu'ils sont souvent restés très animal-végétal, et ont, parfois, des difficultés à intégrer la géochimie, la physique de l'atmosphère ou les problèmes hydrologiques". "En revanche, souligne-t-il, les données de base qu'ils peuvent fournir sur les écosystèmes sont, évidemment, indispensables. De même que leurs méthodes pour le suivi de l'évolution des milieux, à condition d'y intégrer l'homme en tant que constituant fondamental".

Le CNRS a décidé de prendre les devants, en essayant de mettre sur pied le PRISTE (programme de recherche interdisciplinaire sciences et techniques de l'environnement), présenté par M. Ruellan, au cours des Journées du Programme Environnement organisées du 13 au 15 janvier à Lyon par le CNRS et l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération). Encore "en cours de structuration" ce programme a pour objectif d'"assurer la cohérence de l'ensemble des recherches en environnement menées au CNRS dans toutes les disciplines".

Il s'agit de "répondre à une demande forte du monde politique français, explique M. Ruellan. Nous espérons pouvoir créer une structure interorganisme, mais la crainte d'un éventuel impérialisme du CNRS a fait reculer nos partenaires". Les dirigeants des différents établissements publics concernés par l'environnement sont cependant convenus de se réunir régulièrement au sein d'une sorte de club. Cette structure, qui risque de faire un peu double emploi avec le Comité de coordination de la recherche publique sur l'environnement lancé en 1991 par les ministères de la Recherche et de l'Environnement, témoigne aussi peut-être, à moins de trois mois des élections législatives, du désir de construire sur des bases plus solides et plus durables que les majorités politiques.

Une révolution culturelle

Enfin, les regroupements, la coordination interdisciplinaire, même bien conduits et acceptés, ne suffisent pas. C'est une véritable révolution culturelle que doivent mener les chercheurs en environnement. Une remise en question radicale dont les conséquences inquiètent nombre d'entre eux, et qui a fait l'objet d'un débat passionné.

"Une question d'écologie devient un problème d'environnement dès qu'elle est perçue par la

société comme un impact négatif de l'activité humaine" souligne M. Michel Rieu (ORSTOM). Il s'agit, pour les scientifiques, d'intégrer cette nouvelle facette "sociétale" prise par leur discipline sans, pour autant, y perdre leur âme.

"Du domaine de la conjecture"

En tout cas, une chose est certaine, "il nous faut désormais passer de l'analyse et de la compréhension de ces écosystèmes à celle de l'action de l'homme sur l'environnement. Puis, dans une phase ultérieure, à la définition de cette action en fonction du but recherché", estime M. Pavé. Autrement dit, les scientifiques doivent fournir aux décideurs et aux responsables politiques les bases objectives qui leur permettront d'agir.

La plus grande prudence est de rigueur, souligne M. Marcel Jollivet (CNRS). "Par définition, les problèmes d'environnement sont du domaine de la conjecture. Les conséquences néfastes de nombreux phénomènes incontestables (effet de serre, trou d'ozone, perte de la biodiversité) ne sont pas clairement définies et démontrées. Par ailleurs, toute action a forcément des aspects positifs et négatifs. C'est là qu'intervient le rôle fondamental du politique, qui est d'arbitrer". "Et puis, souligne un autre chercheur, la notion de préservation souvent mise en avant est fallacieuse : les écosystèmes sont en constante évolution. Il s'agit pour nous de gérer l'avenir au mieux : pas de préserver."

En fait, conclut M. Michel Rieu, "il s'agit avant tout d'une question de langage. Il faut que nous nous fassions bien comprendre. Et là, reconnaît-il, on ne sait pas bien faire."

Extraits d'un article de Jean-Paul Dufour dans le cahier Sciences du Monde du mercredi 20 janvier 1993

A LYON, UN COLLOQUE SUR LES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES SOUS LES TROPIQUES PRISTE, FORCE DE FRAPPE ÉCOLOGIQUE

Botanistes, géologues, zoologues, géographes..., les chercheurs de l'environnement dans les pays tropicaux ont décidé de coordonner leurs actions dans un programme interdisciplinaire.

En conclave à Lyon entre les 13 et 15 janvier, plus d'une centaine de botanistes, géologues, zoologues, géographes du CNRS et le l'ORSTOM ont fait le point sur les programmes scientifiques en cours sous les tropiques. L'occasion d'échanges fructueux et d'une révélation pour les biologistes : Jean-Pierre Gattuso, spécialiste des coraux du CNRS basé à

l'Observatoire océanologique européen (Monaco), a révélé que les 700 000 km² de barrières coralliennes du globe ne se contentent pas de fixer du carbone et du calcium au cours du processus de calcification mais elles dégagent aussi du gaz carbonique. Jusqu'à 100 millions de tonnes par an, qui passent dans l'atmosphère ! "Faudra-t-il alors détruire les coraux pour éviter d'aggraver l'effet de serre ?" ironisait un biologiste "Sûrement pas ! selon Jean-Pierre Gattuso. Car cette source de CO₂ reste très inférieure à celle des volcans, des sols et des forêts, ou des rejets industriels qui se chiffrent par milliards de tonnes."

Extraits de l'article de Vincent Tardieu dans Libération du 19 janvier 1993

JOURNEES DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT A LYON DANS LA DROITE LIGNE DE RIO

Après trois jours de travaux, le premier colloque scientifique français sur l'environnement après le Sommet de Rio vient de s'achever à Lyon sous la responsabilité du Programme Environnement du CNRS et l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.

Quel bilan dressez-vous de ces trois journées de colloque ?

Alain Pavé : "Cette rencontre scientifique a porté surtout sur les écosystèmes intertropicaux. Derrière ce thème, on retrouve des problèmes d'environnement par-

fois proches des nôtres. Mais leur étude nous permet de fournir des modèles qui peuvent être transférables à nos problèmes métropolitains. De plus, ces recherches touchent nos régions d'outre-mer".

Alain Ruellan : "Ce colloque est dans la droite ligne du Sommet de Rio. C'était la première manifestation française depuis et nous avons accueilli, sur les quatre cents participants, plusieurs chercheurs des pays du Sud".

Pour le Progrès paru le 16 janvier 1993, Vincent Rocken et François Samard ont recueilli les propos d'Alain Ruellan et Alain Pavé, respectivement directeur et directeur adjoint du Programme Environnement du CNRS (extraits)



La Catalogne, une région européenne engagée dans le développement et la défense de l'environnement

Fabyène Mansencal

Attachée pour la science et la technologie, ambassade de France, Barcelone

La Catalogne a vocation à devenir un moteur de la nouvelle Europe. Ceci exige d'établir les politiques nécessaires pour protéger l'environnement et pour élever la conscience civique de la société. Le Gouvernement de la Catalogne a été le premier à créer l'équivalent d'un Ministère de l'Environnement dans l'Etat espagnol. L'action gouvernementale est bien décrite dans cet article, qui donne une idée précise des objectifs et des efforts de la Catalogne pour améliorer la qualité de la vie et préserver la nature. Ce travail devrait contribuer à une meilleure connaissance de la Catalogne de la part du public français et j'en remercie son auteur.

Albert Vilalta, conseiller à l'Environnement, La Généralité de Catalogne

La Catalogne est une des communautés autonomes qui composent l'Etat espagnol. Elle possède le statut d'Autonomie, un gouvernement – La Généralité de Catalogne – avec son propre parlement. Son président est le Très Honorable M. Jordi Pujol. La Catalogne est aussi la principale région économique de l'Espagne, puisqu'elle représente à elle seule 20 % du PIB espagnol, et est l'une des régions les plus développées. Enfin, le statut d'Autonomie octroie de larges compétences à la région, c'est le cas dans le domaine de l'environnement.

Située au nord-est de l'Espagne, bordée au nord par les Pyrénées et à l'est par la Méditerranée, la Catalogne possède un riche patrimoine naturel, très diversifié, présentant de nombreux écosystèmes, mais aussi très fragile. Cette Catalogne riche en ressources et paysages naturels

contraste avec la Catalogne première région industrielle de l'Espagne, avec un énorme tissu industriel concentré en grande partie à Barcelone et dans sa périphérie. Concilier la protection de l'environnement tout en assurant le développement économique, social et industriel de la région, tel est le défi que doit relever le gouvernement de cette Communauté autonome, la Généralité de Catalogne. C'est dans cet objectif qu'en mars 1991 a été créé le Département de l'Environnement, qui possède des compétences exclusives sur :

- la gestion de l'environnement ;
- la développement législatif et la réglementation de la législation étatique de base ;
- la faculté d'établir des normes additionnelles de protection.



La Catalogne a une superficie de 31 900 km², soit 6,3 % de la superficie de l'Espagne, avec une population de 6 059 000 habitants, soit 15,5 % de celle l'Espagne.

Le Département de l'Environnement

Ce département a été structuré autour de quatre Directions générales dont voici les principales fonctions :

- Direction générale de Promotion et Education en matière d'Environnement :
 - Promotion de pratiques respectueuses de l'environnement.
 - Education et sensibilisation en matière d'environnement.
- Direction générale de la Qualité de l'Environnement :
 - Surveillance et prévention des activités productives.
 - Déchets urbains.
- Direction générale du Patrimoine naturel :
 - Protection et gestion de l'environnement naturel.
- Direction générale du Milieu physique :
 - Risques en matière d'environnement.

A ces quatre Directions générales s'ajoutent deux organismes publics :

- Agence des déchets :
 - Réduction de la production de déchets.
 - Gestion de déchets industriels.
- Agence de l'assainissement des eaux :
 - Gestion des eaux résiduelles.
 - Surveillance de la qualité des eaux.

Une politique globale en matière d'environnement

Depuis le rétablissement de la Généralité de Catalogne en 1977, la gestion de l'environnement est basée sur un cadre législatif spécifique, mais c'est surtout depuis la création du Département de l'Environnement que celle-ci a pris un nouvel essor.

Les grandes orientations de la politique du Département de l'Environnement sont :

- l'implantation de pratiques de réduction, recyclage et récupération des déchets, l'amélioration de la qualité des eaux ;
- la prévention des atteintes à l'environnement ;
- la défense du patrimoine naturel ;
- l'encouragement à l'éducation en matière d'environnement.

Les activités du Département de l'Environnement sont nombreuses et variées de manière à couvrir toutes les nécessités d'une protection et d'une gestion de l'environnement efficaces et équilibrées. Ceci correspond à une perception globale du problème de l'environnement voulue par la Généralité de Catalogne, et qui permet aussi de répondre à la demande des instances compétentes de la Communauté économique européenne. Avec le développement de réseaux de surveillance de la qualité de l'environnement, aussi bien pour la pollution atmosphérique que pour les eaux et le littoral, un contrôle systématique de la qualité de l'environnement est possible, permettant ainsi une classification de différentes zones. A titre d'exemple, nous pouvons citer le cas des plages catalanes dont 90,6 % sont conformes à la directive 76/160 de la Communauté européenne, direc-

tive déterminant la qualité des eaux de bain européennes. Toujours suivant cette ligne de conduite, il a été constaté une amélioration de la qualité des eaux en aval des fleuves, alors qu'en amont, où l'eau est généralement de meilleure qualité, une augmentation de la pollution a été détectée. Au plan atmosphérique, les contrôles effectués montrent que les zones urbaines et industrielles en Catalogne ne dépassent que rarement les limites de pollution fixées par la Communauté européenne.

Les problèmes d'environnement dans une région à forte densité de population

● L'eau

De par son climat méditerranéen, la Catalogne est une région où l'eau est considérée comme un bien rare. Les problèmes concernant l'eau dans cette région sont dus à un régime de précipitations inégal et à la pollution des eaux continentales par les rejets industriels dans les rivières. Dans l'ensemble, la qualité des eaux fluviales et littorales est bonne, exception faite des embouchures des fleuves Besòs et Llobregat au niveau de Barcelone.

La mise en place d'infrastructures de traitement des eaux est une des priorités du Département de l'Environnement. Tout ceci est la concrétisation de l'application des Plans d'assainissement des eaux résiduelles des diverses zones hydrologiques de Catalogne. Actuellement, on trouve en Catalogne 109 stations d'épuration, traitant annuellement 384 millions de mètres cubes d'eaux résiduelles urbaines et industrielles.

● L'air

L'émission des gaz polluants dans une région industrielle comme l'est la Catalogne est la principale cause de pollution atmosphérique. Les deux émissions dont les incidences sont les plus notables, celle de CO₂ et celle de SO₂, sont illustrées par le tableau suivant :

Données sur l'environnement. Emissions annuelles.

	CO ₂		SO _x		NO _x	
	Total	t/hab.	Total	t/hab.	Total	t/hab.
	(1)		(1)		(1)	
Catalogne	20,90	3,08	0,21	0,02	0,12	0,02
Espagne	54,00	1,40	2,16	0,06	0,83	0,02
CEE	734,00	2,28	13,24	0,04	10,59	0,03
OCDE	2 648,00	3,28	42,20	0,05	36,20	0,04

(1) En millions de tonnes.

Pour remédier aux effets de l'industrie et de l'urbanisation, le Département de l'Environnement mène notamment une politique de soutien aux entreprises pour que celles-ci aillent dans le sens d'une diminution de leurs rejets et un traitement de ces derniers.

● Les déchets

En raison de son activité industrielle importante dans des secteurs comme la métallurgie, le textile et la chi-

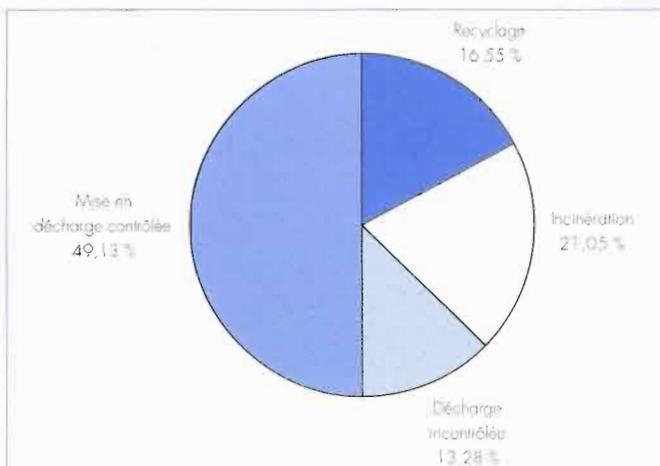
mie, la Catalogne est génératrice d'un important volume de déchets, comme le montre le tableau suivant :

Données sur l'environnement. Production annuelle de déchets.

	Industriels		Urbains	
	Total (1)	t/hab.	Total (1)	t/hab.
Catalogne	3,70	0,62	2,10	0,35
Espagne	5,10	0,13	12,55	0,33
CEE	250,10	0,78	105,87	0,33
OCDE	1 430,00	1,77	420,00	0,52

(1) En millions de tonnes.

La politique soutenue de réduction et de recyclage des déchets industriels et urbains qui a été entamée ces dernières années par la Généralité de Catalogne commence à porter ses fruits. A titre d'exemple, nous pouvons citer le volume de déchets déclaré par les entreprises qui est passé de 950 000 tonnes en 1985 à 2 250 000 tonnes en 1990. Parallèlement, dans cette dernière décennie, la capacité de traitement des déchets urbains a augmenté de 69 %, contre une croissance de la production de 55 %. Les méthodes les plus utilisées restent la mise en décharge contrôlée (49,1 %) et l'incinération (21 %). La Catalogne compte 23 décharges, 8 usines d'incinération et 3 usines de compostage. Les modes de contrôle et de recyclage des déchets sont représentés par la répartition suivante :

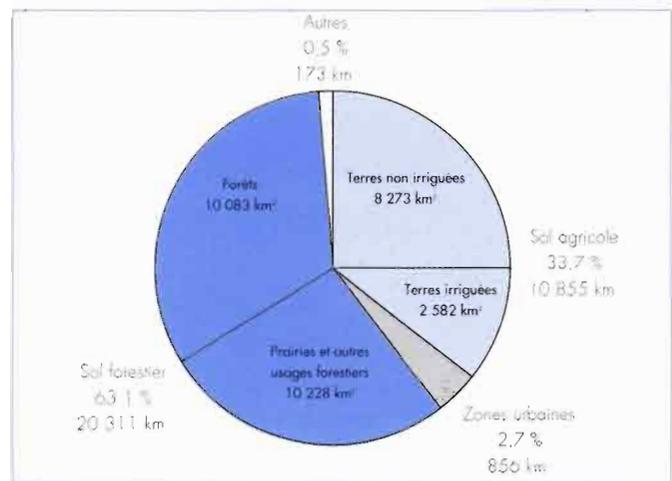


● Le patrimoine naturel

Comme conséquence de sa situation géographique, entourée de massifs montagneux et de la mer Méditerranée, la Catalogne est une région riche en diversité biologique, composée de nombreux écosystèmes différents. Cependant, la forte densité de population de cette région, l'impact de son tourisme, l'industrie et l'urbanisation croissante font qu'il est de plus en plus difficile de préserver les espaces naturels. Les espèces locales menacées d'extinction sont estimées à 11 % pour la faune et 7 % pour la flore. Pour préserver ce patrimoine naturel, les pouvoirs publics catalans sont en train de protéger de grandes zones du territoire. Entre 1970 et 1990, la superficie protégée a été multipliée par 18, pas-

sant de 102 km² à 1 809 km². Le Plan des espaces d'intérêt naturel (PEIN) est en cours, et prévoit une augmentation de la superficie protégée allant jusqu'à 20 % du territoire catalan.

La plus grande partie du territoire catalan est encore à usage forestier (20 310 km², soit 63 % de la totalité de la Catalogne). L'agriculture occupe une superficie de 10 855 km², et la partie improductive comprenant les zones urbanisées s'étend sur 1 031 km². La figure suivante illustre cette occupation du territoire :



Contacts

Département de l'Environnement en bref...

Département de Medi Ambient
Generalitat de Catalunya
Diagonal, 525
E-08009 Barcelona

Tél. : 34 (3) 419 30 85 – Fax : 34 (3) 419 75 47

Albert Vilalta : conseiller du Département (ministre régional).

Kenty Richardson i Provensal : chargé des questions internationales.

Nouvelles de l'ambassade de France à Moscou

Une série de congrès sera organisée en Russie et en Ukraine, en juillet et août 1993, sur divers problèmes liés à la protection de l'environnement :

– 27-31 juillet 1993, congrès international à Krasnoyarsk.

– 2-7 août, conférence à Kiev : "Lessons of Chernobyl and ecologization of energetics".

– 16-19 août 1993, symposium à St-Petersbourg : "City of XXI century : ecology and business".

Pour faciliter les transmissions d'informations, un correspondant européen a été désigné par les organisateurs russes de ces congrès :

Erik Van Dyk

Province Overijssel

Post bus 10078 – 80000GB Zwolle, Hollande

**Programme "Environnement, société et développement à long terme"
Appel d'offres 1993**

Environnement, société, entreprises : la nouvelle donne

Le programme "Environnement, société et développement à long terme" a pour objectif d'analyser les déséquilibres survenant entre le développement (démographique, territorial, économique) des sociétés humaines et la protection de leur environnement naturel, afin de proposer les stratégies de régulation à long terme de ce rapport.

L'appel d'offres constitutif de ce programme, lancé en 1991, avait détaillé cette problématique en y réservant une place significative aux entreprises. Malgré son importance, les propositions de recherche, centrées sur ce point particulier, furent alors peu nombreuses et jugées insuffisantes.

C'est pourquoi, après une période de maturation de 2 ans et une discussion approfondie au sein du club CRIN "entreprises et environnement", nous avons décidé – avec le concours de l'ADEME et des entreprises concernées – de relancer l'effort de mobilisation de la communauté scientifique, notamment des sciences humaines et sociales, par un appel d'offres spécifique.

Dans le cadre de ses recherches sur la compatibilité à long terme entre la protection de l'environnement et le développement des sociétés humaines, le CNRS – en partenariat avec l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), en collaboration avec les entreprises membres du club "Environnement" de l'association ECRIN (Échanges et coordination recherche publique-industrie) et avec le soutien de l'ANVIE – se propose de soutenir des recherches spécifiques, centrées sur l'entreprise et l'environnement, à l'horizon du XXI^e siècle et dans un cadre international élargi.

Cet appel d'offres concerne tout particulièrement les chercheurs des sciences de l'homme et de la société : droit, économie, gestion, sociologie,

linguistique, communication, philosophie, etc.

Le comité scientifique appréciera tout particulièrement les projets appuyés sur des exemples concrets d'entreprise ou de filière, relevant du secteur industriel – y compris l'agro-industrie et l'agro-alimentaire – ou tertiaire, pouvant intégrer une dimension comparative (en France ou avec l'étranger). Ces propositions pourraient également combiner une approche analytique (caractériser les processus en cours, identifier les facteurs de blocage ou d'accélération, révéler les stratégies, etc.) et une approche positive (proposer aux entreprises ou aux pouvoirs publics de nouvelles méthodes de choix, de nouveaux outils d'action).

Les recherches sélectionnées bénéficieront d'un contrat de financement sur deux ans (éventuellement renouvelable) et d'un soutien des entreprises associées à l'appel d'offres, qui s'engagent à faciliter le déroulement des projets qui auront été sélectionnés : accès à l'information, bourse de thèse, etc.

● **Problématique**

La montée de la préoccupation environnementale s'est principalement traduite par une pression de la société sur les entreprises, visant à conditionner leur action par toute une série de normes impératives (juridiques ou techniques) et par le recours à des processus d'incitation (le principe pollueur-payeur). Ce mouvement s'est accéléré depuis 20 ans avec la création des administrations spécifiques à la protection de l'environnement, la montée de la pression de l'opinion publique et l'internationalisation des politiques (directives européennes, lutte contre les risques globaux, etc.).

Pendant longtemps, les entreprises semblent avoir subi ce processus, développant souvent des stratégies

défensives visant à retarder ou à limiter l'ampleur des adaptations (et leur coût). Sauf, bien entendu, lorsque leurs intérêts étaient positivement liés à l'extension de ces contraintes, comme c'est le cas pour les industries de l'environnement ("écoindustries").

Depuis le milieu des années 1980, un certain nombre de signaux (signature de "chartes" ou de "pactes" divers, participation active à la convention de Montréal sur les CFC et à la conférence de Rio, campagnes publicitaires centrées sur l'écologie, etc.) semblent indiquer que l'attitude des entreprises est en train de changer.

C'est cette évolution et ses prolongements qui sont au centre de l'appel d'offres : s'agit-il d'un mouvement irréversible, lié à celui de la société, touchant tous les secteurs d'activité (de l'industrie de base au tertiaire), faisant de l'entreprise un agent actif de la régulation environnementale ? Quelles en sont les conséquences sur les anticipations et les choix stratégiques des acteurs concernés, sur leur(s) langage(s) de communication ? Cette évolution participe-t-elle activement au processus de modernisation des entreprises et conditionne-t-elle leur position compétitive future ? Est-elle le moteur d'une transformation de la culture de l'entreprise et de son organisation ? etc.

Ces questions peuvent être traitées à trois niveaux d'analyse, qui ne sont d'ailleurs pas indépendants.

a) La société et les entreprises

Un certain nombre de travaux ont déjà été réalisés sur les mécanismes d'élaboration des normes, techniques et juridiques, et les enjeux qui en résultent. Cet effort pourra être poursuivi et complété par des recherches concernant les points suivants.

- L'analyse de la dynamique de ce processus normatif, des intérêts qui

s'y confrontent ou qui s'y combinent, de la pérennité de la pression des opinions publiques, etc. : en d'autres termes, peut-on fournir aux entreprises (et notamment aux entreprises françaises) des instruments d'analyse leur permettant d'anticiper sur l'influence qu'aura le critère environnemental sur l'évolution des règles du jeu économique.

- L'apparition de nouveaux outils d'identification des choix industriels compatibles avec la protection de l'environnement. De ce point de vue, une attention toute particulière devra être portée à :

- l'usage du concept de "cycle de vie des produits" (du berceau au tombeau), à sa transcription dans la méthodologie de la comptabilité environnementale du produit (l'éco-bilan) et à son influence sur la délimitation des choix industriels possibles – y compris à travers les variations de son interprétation selon les pays ;

- la segmentation du marché via l'instauration d'un label national ou international (aujourd'hui pour les produits, demain pour les grands équipements ?) et la lecture que peut faire le public des caractéristiques qui président à cette distinction ;

- aux procédures européennes de standardisation des produits et à leur lien avec la production des directives par la CEE.

- Le retour à une éthique de l'entreprise socialement responsable, se traduisant par des engagements philosophiques et techniques (le "contrat" des chartes individuelles ou collectives) et rompant apparemment avec le discours des années 1980. Quel serait le sens de cette nouvelle légitimité ? Comment les entreprises appliquent-elles concrètement leurs engagements (comme ceux de la Chambre internationale de commerce ou de l'International Business Council), notamment lorsque leurs décisions concernent les pays du tiers monde ? Cette référence à l'éthique influence-t-elle vraiment la pratique des organismes divers (syndicats professionnels, lobbies) chargés de défendre leurs intérêts ? Comment s'y prennent-elles, lorsqu'elles sont impliquées dans une crise environnementale (risque industriel majeur, pollution accidentelle), pour gérer leurs rapports avec la société ? etc.

b) Les entreprises entre elles : l'enjeu concurrentiel

L'influence de la prise en compte de l'environnement sur la concurrence économique est traditionnellement étudiée à travers l'impact des politiques publiques – normes, taxes – sur l'avantage comparatif des productions nationales. Ces analyses macro ou sectorielles sont déjà au cœur de certains débats contemporains (la réduction de l'émission de gaz à effet de serre, la politique environnementale de la CEE, etc.).

Le fait nouveau de la dernière période est sans doute l'apparition de stratégies concurrentielles spécifiques, centrées sur l'environnement, menées à l'initiative de certaines entreprises. Il serait donc intéressant d'éclairer, au niveau du marché ou de l'entreprise :

- le rôle que joue ce rapport à l'environnement, en fonction du cadre (juridique, économique, socio-politique) dans lequel il s'établit, sur l'arbitrage stratégique que doivent faire les entreprises entre la rupture concurrentielle (la différenciation) et la coopération inter-entreprises (l'entente, l'organisation collective des systèmes techniques) ;

- la réalité de l'émergence d'un "consommateur-citoyen" sensible aux arguments écologiques et son influence sur les stratégies d'image et les politiques de prix ;

- les processus de diffusion entre les entreprises des modèles de référence (valeurs, comportements, exigences techniques, organisation, etc.) ;

- la prise en compte d'une estimation de "l'actif" ou du "passif environnemental" dans les décisions de prise de contrôle (ou de cession).

c) L'entreprise comme organisation

Cette question de l'influence réciproque de l'organisation ou de la culture de l'entreprise et de l'internalisation du critère environnemental est peu étudiée en France alors qu'elle sera – par exemple – au centre du prochain congrès de l'AEERE (Association européenne des économistes des ressources et de l'environnement) qui doit se tenir en juin prochain, à Fontainebleau. Doivent être approfondis, à cet égard :

- la réalité de l'intégration de l'environnement dans la recherche et le

développement des entreprises industrielles et donc son influence réelle sur l'innovation et l'inflexion à long terme des trajectoires technologiques ;

- l'effet des incertitudes scientifiques de l'évaluation des risques sur les choix (horizon de la décision, risk management, essor d'une production expérimentale, au sein même de l'entreprise, etc.) ;

- les conditions d'une intégration de la qualité environnementale dans l'organisation générale de l'entreprise et sa politique globale de qualité, sa compatibilité avec l'efficacité productive, les relations de travail, la définition des postes et des métiers ou la rentabilisation des investissements ;

- l'influence que peuvent avoir le mode de propriété d'une entreprise, son positionnement économique, sa culture propre, l'histoire de son développement et de son insertion économique et sociale, son mode de confrontation à l'exigence environnementale (pollution, réglementation, etc.) sur la décision de mettre en œuvre ou non une stratégie "écologique".

● Formalités et calendrier

Les projets devront être présentés sous la forme d'un document n'excédant pas 10 pages, décrivant la problématique (question, méthode de recherche) et la bibliographie de référence sur le sujet, identifiant clairement le responsable scientifique du projet et les équipes engagées et justifiant la demande de financement. Une même équipe peut éventuellement proposer plusieurs projets alternatifs.

Ce document devra nous parvenir, en 35 exemplaires, au plus tard le vendredi 28 mai 1993.

Le comité scientifique du programme, présidé par Mme Marie-Angèle Hermitte, fera un premier examen de ces projets lors de sa session de juin.

Réponses ou demandes d'information doivent être adressées à :

Guy Meublat, Marcel Jollivet
Programme Environnement du CNRS

15, quai Anatole France
75700 Paris Cedex

Téléphone : 1 47 53 15 35

Télécopie : 1 47 53 12 21

**Appel à idées
PIRSEM – ADEME**

**Nouvelles technologies économes en électricité
spécifique pour les applications domestiques et bureautiques**

Motivations

La consommation d'électricité du secteur résidentiel et tertiaire dans des usages captifs (électroménager, éclairage, bureautique, audiovisuel, etc.) connaît un développement important et représente une part non négligeable de l'électricité consommée par ces secteurs économiques.

Les consommations d'électricité spécifique atteignent 3 000 à 3 500 kWh par ménage et par an, de l'ordre de 50 TWh pour l'ensemble des ménages, soit 15 % de la consommation d'électricité nationale. La réfrigération vient en tête avec une vingtaine de TWh, l'éclairage ensuite avec une dizaine de TWh par an.

Les activités tertiaires, administration, enseignement, santé commerce, etc., voient également la part d'électricité spécifique croître rapidement dans les bilans avec le développement de la bureautique, des télécommunications, de la climatisation, etc.

L'ensemble de ces usages captifs a une influence notable sur la répartition journalière de l'appel de puissance électrique. On estime par exemple que la contribution de la consommation domestique à l'appel de puissance de 20 h 30 en hiver est de 7 000 à 8 000 MW (1 400 pour les téléviseurs, 1 500 pour la conservation des aliments, 3 500 pour l'éclairage, 700 pour les circulateurs de chauffage, etc.). La production de cette pointe d'électricité est assurée en grande part par des combustibles fossiles et participe donc à la pollution régionale et globale de l'atmosphère (CO₂, NO_x, etc.). Il en est de même dans la plupart des pays industrialisés.

En France, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et Electricité de France (EDF), conscients de l'importance

des enjeux et des marges de manœuvre techniques dans ce domaine ont signé un accord qui vise à mieux maîtriser les consommations spécifiques d'électricité.

Dans les pays en développement, la part des usages domestiques captifs de l'électricité est souvent prépondérante dans le bilan des consommations électriques. Les importantes pertes de distribution d'électricité des réseaux (parfois supérieures à 20 %) et le recours massif au charbon dans certains pays renforcent la nécessité d'une recherche orientée vers une meilleure efficacité électrique des appareils d'usage courant (éclairage, froid, conservation, lavage, audiovisuel, etc.).

Enfin la mise au point d'appareils domestiques conditionne en grande part le taux de pénétration de certaines formes d'énergies renouvelables respectueuses de l'environnement, comme le photovoltaïque dans ses applications décentralisées.

La mise au point d'appareils de très grande efficacité énergétique pour les services captifs de l'électricité les plus répandus représente donc un enjeu important pour l'environnement des pays industrialisés comme des pays en développement.

Le passé récent a vu l'émergence de procédés nouveaux issus de progrès scientifiques et technologiques très marquants obtenus pour des objectifs très spécifiques et au départ sans rapport avec les applications grand public (on peut citer à ce sujet l'application des micro-ondes à la cuisson ou les lampes fluocompactes).

Objet de l'appel

Au-delà des efforts engagés au plan technologique ces dernières années par les industriels pour améliorer les performances électriques des appa-

reils existants, il s'agit de faire émerger, à partir des progrès scientifiques et technologiques récents dans des domaines très divers, des concepts nouveaux d'appareils susceptibles d'être utilisés couramment en substitution d'appareils électriques domestiques ou tertiaires à faible efficacité énergétique.

L'ADEME et le CNRS (PIRSEM) ont décidé de lancer un appel à idées auprès des laboratoires propres et des laboratoires associés du CNRS pour sensibiliser des équipes et détecter des projets de recherche originaux dans ce domaine. Dans une première étape, un montant de 700 KF est prévu pour cet appel d'offres.

Les domaines d'application concernent, de façon non exhaustive :

– l'éclairage, la conservation et la cuisson des aliments, l'audiovisuel, la bureautique, la micro-informatique et la télématique, le lavage, le séchage, les accessoires de chauffage de locaux (circulateurs, ventilateurs), etc.

On envisage de faire appel à une large gamme de phénomènes ou propriétés physiques et de technologies, par exemple :

- les ondes acoustiques, sons et ultrasons (froid, lavage) ;
- les interactions micro-ondes et matière (éclairage, séchage, etc.) ;
- les hautes pressions (cuisson) ;
- l'induction, la piézoélectricité, la supraconductivité ;
- les divers phénomènes optiques (fluorescence, phosphorescence, photoélectricité, thermoélectricité, cristaux liquides, etc.) et opto-électroniques ;
- l'électrochimie, la photochimie et la photoélectrochimie, les membranes ;
- la mécanique et la thermodynamique (machines tournantes, etc.), la sorbtion, etc.

Propositions

Les propositions devront être présentées selon le cadre défini ci-après et comporter une description claire des principes physiques envisagés, du domaine d'application proposé, des perspectives de performances, et si possible des enjeux imaginables en cas de réussite.

Les propositions devront également comporter une programmation chiffrée des études et des expérimentations à entreprendre comme des collaborations éventuelles à développer avec d'autres laboratoires du CNRS, de l'université ou de l'industrie.

Les dossiers seront examinés par un comité de sélection composé de représentants de l'ADEME, du PIRSEM, et d'experts dans les diverses disciplines du CNRS et de l'industrie.

Les dossiers retenus feront l'objet d'un premier financement à partir du 1^{er} octobre 1993 pour une durée de l'ordre d'une année. Ce financement sera éventuellement prolongé en fonction des premiers résultats acquis.

● Cadre de présentation des propositions

● Fiche "résumé" (à faire figurer en tête du dossier) (1 page maximum)

- Titre de la proposition.
- Nom et adresse de l'équipe candidate.
- Nom et qualité du responsable de la proposition (du responsable de l'organisme chef de file quand il y en a plusieurs).
- Objet précis (dix lignes environ). Il ne s'agit pas là d'un texte général, mais du résumé scientifique de l'objet de la recherche.
- Références particulières de l'équipe en ce domaine.
- Financement, budget global et montant des crédits demandés (HT et TTC).
- Durée, échéancier.

● Sous-dossier "équipe" (1 à 2 pages)

Composition

- Nom et qualification du responsable et des autres membres de l'équipe.

Disponibilité

- Fraction de temps consacrée par le responsable scientifique et les autres membres de la recherche proposée.

- Participation à d'autres travaux simultanés (notamment pour le responsable).

Statut de l'équipe scientifique

- Description sommaire des caractéristiques du (des) organisme(s) d'appartenance des membres de l'équipe (statut, grands axes de recherche).

- Situation de cette équipe dans le (ou les) organisme(s) considéré(s).

Références succinctes des différents membres de l'équipe

- Travaux antérieurs en général.
- Travaux antérieurs dans les domaines concernés par la proposition.
- Travaux publiés.

● Sous-dossier "objet" (4 pages maximum)

Exposé de l'objet

Présenter l'objet de la recherche et justifier son intérêt (scientifique, technique, économique) en la situant par rapport aux objectifs généraux et aux critères exposés dans l'appel à idées, notamment performances attendues, modalités d'utilisation, impact estimé, etc.

Exposé de la démarche

- Point de départ théorique, hypothèse retenue.
- Développement de la problématique.
- Déroulement des recherches et expérimentations.
- Justification des moyens eu égard aux hypothèses.
- Délais de réalisation de la recherche (avec indication des phases).

Perspectives de valorisation des résultats

- Recherches et expérimentations complémentaires (éventuellement).
- Perspectives de développement de produits industriels (collaborations ultérieures éventuelles).

● Sous-dossier "financement" (1 page maximum)

L'avant-projet de budget doit comporter :

- Le montant global des dépenses relatives au projet (HT et TTC),
- Le montant des crédits demandés.

- Un devis estimatif faisant apparaître notamment les postes de dépenses en personnel, de dépenses en matériel et autres frais de fonctionnement.

Nota : Ces propositions détaillées (en huit pages maximum) doivent être suffisantes pour permettre aux experts de rendre un avis complet sur tous les points et au jury d'effectuer en principe une sélection définitive.

● Modalités administratives

● Contenu de la proposition

Chaque dossier de proposition devra comporter :

- 1 fiche résumé indépendante.
- 1 exemplaire de la proposition formé de 3 sous-dossiers (équipe, objet, financement).

● Déroulement

La date de remise des propositions est fixée au 15 juillet 1993.

Chaque équipe réalisera 6 exemplaires de son dossier qu'elle adressera à :

Monsieur Benjamin Dessus
Directeur du PIRSEM
1, rue du Cerf, 92195 Meudon

Le jury se réunira au mois de septembre 1993.

Chaque candidat sera avisé individuellement de la suite donnée à sa proposition.

Les dossiers ne seront pas retournés.

Aucune indemnité ne sera versée aux candidats non retenus.

Pour tous renseignements s'adresser à :

Benoît Lebot
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)
500, route des Lucioles
06565 Valbonne
Tél. : (16) 93 95 79 43
Fax : (16) 93 95 31 96

Benjamin Dessus
PIRSEM/CNRS
1, rue du Cerf
92195 Meudon
Tél. : (33) 1 45 07 59 32
Fax : (33) 1 45 07 59 44

L'Ecole des mines d'Alès et l'environnement industriel

Maurice Cotte

Directeur de l'Ecole des mines d'Alès

En 1971, le terme "environnement" est apparu pour la première fois dans les missions d'un ministère. Aujourd'hui, 20 ans plus tard, l'environnement, qui est devenu une préoccupation majeure de l'opinion publique, passe encore aux yeux de bien des chroniqueurs pour le parent pauvre de la recherche et de l'enseignement.

Pourtant, l'Ecole des mines d'Alès, qui s'intéressait aux problèmes de sécurité et d'environnement depuis toujours, a structuré cette préoccupation dès cette époque pour en étendre peu à peu les domaines d'application, tant au plan de l'enseignement qu'à celui de la recherche.

Le directeur de l'Ecole des mines d'Alès est aussi directeur de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement de la région Languedoc-Roussillon. Cette particularité, qui a toute son importance dans l'action de l'école relative à l'environnement, lui permet d'avoir une bonne connaissance de l'industrie et notamment de ses besoins en formation et recherche-développement. L'Ecole des mines d'Alès, grande école d'ingénieurs à vocation européenne, remplit quatre missions principales :

- la formation d'ingénieurs par la voie de la formation initiale et de la formation continue ;
- la formation professionnelle continue ;
- la recherche et le transfert de technologies ;
- la création d'entreprises et l'animation technologique.

Dans toutes ses missions, l'Ecole des mines d'Alès intègre une composante environnement.

La formation pluridisciplinaire des ingénieurs de l'Ecole des mines d'Alès intègre des enseignements dans le domaine de l'environnement et des risques industriels, qui interviennent sous forme de cours, de TD,

de TP et de conférences de sensibilisation pendant le tronc commun et constituent les outils de base de l'ingénieur. Ils concernent la totalité des étudiants.

Par ailleurs, deux notions couvrant ces domaines de compétence fonctionnent également en dernière année d'études et concernent de l'ordre de 15 % des élèves de chaque promotion.

En formation de tronc commun, les élèves reçoivent en première année un cours de biologie générale qui les sensibilise à la biosphère et au monde du vivant, ainsi qu'un fort enseignement de chimie, d'un volume de 165 heures en première et deuxième année, qui leur permet de comprendre le comportement de la matière. Ces enseignements seront approfondis en troisième année par deux cours de 30 heures qui sont proposés au choix et qui permettent à une cinquantaine d'élèves d'aborder les phénomènes de transfert de matière dans les solides, les solutions et aux interfaces.

Parallèlement, les élèves reçoivent des enseignements relevant des sciences de l'ingénieur et qui favorisent la compréhension de phénomènes complexes. Ces enseignements représentent de l'ordre de 160 heures et regroupent par exemple la géologie, l'hydrogéologie et la mécanique des fluides.

En dernière année d'études, les options regroupent des élèves de formation initiale et de section de perfectionnement et représentent 640 heures de formation. Celle-ci est complétée par un stage d'option de 4 mois, intermédiaire entre l'avant-dernière et la dernière année d'études, et par un projet industriel de 4 mois qui clôture la scolarité. Actuellement, deux options sont consacrées à l'environnement, l'option environnement industriel et l'option biotechnologie.

En 1979, l'Ecole des mines d'Alès crée une option "Pollution". Les

aspects mesure et traitement des nuisances y sont largement développés. Dès l'année suivante, l'option "Pollution" prend le nom d'option "Environnement industriel" en sensibilisant tout particulièrement les élèves à l'impact de l'activité industrielle sur notre environnement. Dès 1985, l'option "Environnement industriel" intègre les risques technologiques avec une réflexion sur la sûreté dans l'industrie, et plus spécifiquement l'industrie chimique. Avec au départ une population de 6 élèves, l'option "Environnement industriel" forme actuellement aux problèmes d'environnement une quinzaine d'ingénieurs. Cela représente 10 % du flux d'ingénieurs sortant chaque année de l'Ecole des mines d'Alès. Du point de vue des débouchés, environ 50 % des élèves issus de l'option "Environnement industriel" travaillent dans ce domaine. Parmi ces 50 %, environ 30 % ont trouvé un emploi dans l'industrie et autant dans l'administration du ministère de l'Industrie, 20 % travaillent dans des bureaux d'études spécialisés et les 20 % restants dans le domaine de l'assurance du risque.

L'ouverture en 1984 de l'option "Biotechnologie" présentant un tronc commun d'enseignement d'environ 30 % avec l'option "Environnement industriel" apporte la composante biologique, notamment dans les procédés de traitement. Actuellement, 5 % des étudiants de dernière année choisissent cette option et une quarantaine d'élèves en ont suivi les cours depuis sa création en 1984. Du point de vue des débouchés, on constate que 30 % des élèves sortis de l'option "Biotechnologie" travaillent dans le secteur environnement (bureaux d'études spécialisés, ANRED, assurances et recherches écotoxicologiques).

En 1993, ces deux options seront regroupées en une option unique, "Systèmes industriels et environne-

ment” couvrant l’ensemble du domaine et concernant de l’ordre de 15 % des élèves de chaque promotion, soit de l’ordre de 25 élèves par an.

L’Ecole des mines d’Alès a mis en place depuis 1989 un mastère spécialisé en “Sécurité industrielle et environnement” qui est une formation de douze mois s’adressant aussi bien à de jeunes diplômés (écoles d’ingénieurs, DEA ou équivalent) qu’aux cadres de l’industrie déjà confirmés. Il a en effet été conçu de façon modulaire pour pouvoir être suivi tout en maintenant une activité professionnelle. L’objectif de cette formation est de donner aux stagiaires les connaissances et les outils nécessaires à une bonne maîtrise des risques industriels et de leur impact sur l’environnement. La formation est organisée autour d’un enseignement théorique de base de 300 heures suivi d’un stage en entreprise de 9 mois conduisant à la soutenance d’un mémoire de thèse professionnelle. Des compléments de formation sur le management des risques, la gestion de crise et la communication d’urgence, l’hygiène et la sécurité du travail ainsi que la fiabilité et sécurité des systèmes sont donnés durant la période de stage et représentent 140 heures de cours. Ce mastère en est à sa quatrième session et a déjà formé 25 spécialistes en juin 1992. Il est fortement encouragé par de grands groupes industriels : Rhône-Poulenc, Atochem, Isover-Saint-Gobain, Sanofi, CEA, EDF...

Par ailleurs, l’Ecole des mines d’Alès a mis en place à compter de l’année scolaire 1991-92 un cycle de formation spécial à destination d’élèves étrangers, le CESSEM (Centre d’études supérieures pour la sécurité et l’environnement minier). L’objectif de cette formation est d’intégrer les préoccupations de sécurité et d’environnement dans la conception, la gestion et la réhabilitation d’une exploitation minière ou d’une carrière. Elle concerne les ingénieurs ou cadres d’exploitations minières possédant une expérience professionnelle confirmée et issus des pays producteurs de matières premières de tous continents, notamment d’Europe de l’est. La formation s’étend sur 9 mois dont 6 mois d’enseignement théorique et

3 mois de travail personnel d’application.

L’Ecole des mines d’Alès organise des formations à destination des cadres de l’industrie et des ingénieurs et techniciens du ministère chargé de l’Industrie. Ces publics participent souvent à des actions communes. En 1991, sur un total de 30 000 heures-stagiaires, 5 000 ont été consacrées à l’environnement, soit 18 % du total des heures de formation. Elles ont été dispensées à 140 stagiaires, soit 18 % du total des stagiaires de formation continue.

Des nouveaux stages courts sont organisés dans les domaines des études de sécurité, de la pollution atmosphérique, de la communication de crise, du management des risques.

L’année 1974 voit la création à l’Ecole des mines d’Alès d’un Laboratoire d’analyses et d’études des pollutions (LAEP) constitué de deux enseignants-chercheurs, dont l’activité principale est tournée vers la réalisation d’un contrat tripartite Agence de bassin-DRIRE-Ecole. La cellule ainsi constituée a une mission d’étude et de conseil auprès des industriels exploitant des stations de traitement des effluents. Les années suivantes voient la signature des premiers contrats industriels dans le domaine de la caractérisation et de la mise au point de procédés de traitement d’effluents industriels. En 1981, le laboratoire commence ses premiers travaux sur la spéciation des phénols qui donneront naissance à l’un des axes de recherche actuels. La première thèse est soutenue en 1988 et les axes de recherche sont définis en septembre 1990 et validés par le comité d’orientation scientifique de l’école du 9 novembre 1990.

Dans ce domaine, la recherche finalisée sur contrats industriels est effectuée par une quarantaine de personnes regroupées dans le Centre de l’environnement industriel. La démarche est intéressante pour l’environnement, domaine d’application des diverses sciences. Elle consiste à partir d’un problème industriel, clairement identifié, à rassembler ou développer les connaissances scientifiques amont nécessaires pour répondre aux questions posées.

Sans vigilance, cette méthode peut facilement conduire à une dispersion, avec non-capitalisation des acquis, si la sélection des problèmes abordés n’est pas rigoureusement menée. Par contre, elle assure une intégration rapide des acquis dans les circuits économiques et industriels. Pour utiliser un langage économique, elle présente un temps de retour d’investissement court. Selon cette méthodologie, les thèmes choisis par le Centre de l’environnement résultent d’une approche systématique de l’environnement industriel, où il est fondamental de se pencher simultanément sur les trois vecteurs de transfert des flux émis par l’industrie : l’eau, l’air, les déchets.

La problématique de l’environnement industriel peut alors se ramener à trois questions sur les flux :

- Quelle est leur nature exacte ?
- Quel est leur impact sur l’environnement ?
- Comment les traiter pour en minimiser l’impact ?

L’étude de l’impact d’un flux polluant sur l’environnement, domaine trop vaste, n’a pas été retenue ; par contre, la connaissance et le traitement des flux apparaissent bien dans les trois thèmes développés par le Centre :

- la spéciation des métaux, et l’identification des molécules de l’environnement ;
- le traitement des odeurs ;
- le traitement des rejets aqueux industriels.

En dépit des apparences, ces trois thèmes possèdent une démarche commune : elle consiste à isoler, séparer le polluant, puis soit à l’identifier et le quantifier, soit à le transformer et le recycler ou l’éliminer.

● La spéciation des métaux et l’identification des molécules de l’environnement.

L’analyse est l’outil fondamental de connaissance nécessaire à toute action de bonne gestion de notre environnement. Les performances exigées des méthodes vont croissant : aussi bien vers une plus grande spécificité que vers des teneurs de plus en plus faibles.

L’analyse dans l’environnement évolue vers la connaissance des espèces

particulières, molécules organiques, éléments minéraux, composés organométalliques, présentant un danger particulier ou un intérêt scientifique ou économique. Cette démarche englobe évidemment la recherche de la localisation de l'espèce dans différentes fractions du milieu analysé (sols, sédiments, déchets...). Ces spéciations recouvrent des procédés analytiques variés et sont conduites, en général, en trois étapes successives :

- séparation sélective de l'élément ou composé à partir de la matrice étudiée ;
- identification de l'espèce isolée ;
- quantification de l'espèce, isolée et identifiée.

La phase de séparation peut être menée selon deux voies :

- développement de techniques extractives sélectives, préalables aux étapes d'identification et quantification ;
- mise en œuvre de techniques sophistiquées de couplage du type chromatographie/spectrométrie de masse, chromatographie/spectrométrie infrarouge... associant à la fois une séparation et une identification des espèces.

● Le traitement des odeurs

Les mauvaises odeurs sont, avec le bruit, les nuisances les plus mal ressenties par le voisinage. L'obligation de traiter ces émissions gazeuses odorantes s'est normalement imposée et des procédés d'épuration sont donc à étudier et à développer industriellement.

L'odeur peut être définie comme un mélange complexe très dilué de molécules organiques volatiles regroupées en trois familles : les composés soufrés (H_2S , mercaptans...), les composés azotés (ammoniac, amines) et les composés oxygénés (aldéhydes, cétones, acides...). Les procédés de traitement utilisables sont soit physico-chimiques : le lavage (acido-basique ou oxydant), l'adsorption (charbon actif, zéolithes...), soit biologiques : filtration sur matériaux, supports avec équilibre nutritionnel éventuel. Cette classification est pratique, mais artificielle, puisque des micro-organismes se développent sur les adsorbants, et que les biofiltres ont un pouvoir adsorbant. Selon sa démarche habi-

tuelle, le Centre étudie et développe des procédés physico-chimiques, principalement basés sur l'adsorption, et des traitements biologiques originaux où la biodésodorisation s'effectue sur des filtres à support consommable.

● Le traitement des rejets aqueux industriels

Les rejets aqueux industriels posent des problèmes spécifiques par rapport aux effluents urbains, et des procédés originaux d'épuration doivent être étudiés et développés. Les recherches du Centre se développent suivant deux axes principaux :

- l'élimination des ions métalliques (métaux lourds...);
- l'épuration des eaux fortement chargées en composés organiques solubles.

Dans le cas des rejets métallifères (uranium, cadmium, vanadium...), les teneurs rencontrées, très souvent trop faibles pour justifier un traitement dans les filières classiques de la métallurgie, sont par contre trop élevées pour une simple autoépuration dans l'environnement. Une approche du problème, intéressante pour l'environnement, peut consister à traiter jusqu'à l'éco-compatibilité, mais en privilégiant les voies qui assurent une récupération et une valorisation du métal, plutôt que son simple transfert vers une phase concentrée difficile à éliminer.

Les rejets organiques à très fortes charges sont couramment pyrolysés. Les coûts croissants de ces opérations rendent attractive une épuration *in situ*. Il convient donc d'élaborer de nouveaux moyens de traitement spécifiques. La grande variété des problèmes industriels posés amène à proposer des systèmes couplés physico-chimiques et biologiques.

Cette relation constante du Centre et de ses enseignants-chercheurs avec le monde industriel conduit tout naturellement à prolonger la recherche vers le transfert de technologies, ou l'accueil de créateurs d'entreprises, afin de leur permettre de parfaire leur projet dans un milieu de recherche tourné vers l'industrie. Le Centre accueille actuellement une entreprise de production de compost à partir de

déchets collectés dans les déchetteries, en cours d'installation.

Le soutien à l'industrie régionale implique, pour l'Ecole des mines d'Alès, une mission de prestations techniques. Cette mission permanente a évolué dans le temps, depuis la simple prestation d'analyses vers des actions présentant un fort transfert de technologie. Les prestations les plus simples sont réalisées dans le domaine de l'analyse de base, de la mesure d'un flux polluant, ou de l'estimation de l'impact d'un émetteur sur la végétation. A l'autre extrémité de l'éventail de ces activités, des analyses de traces en matrices complexes, des définitions de procédés de traitement d'effluents sont couramment réalisées.

Par ailleurs, l'Ecole des mines d'Alès organise des manifestations de sensibilisation des industriels aux nouvelles données de l'environnement. A ce titre, le colloque "Industrie et environnement", organisé les 12 et 13 juin 1990, a rassemblé une centaine de personnes. Il a permis de faire un point sur l'impact de l'activité industrielle sur l'environnement et sur la politique des pouvoirs publics et des grands groupes industriels dans ce domaine. Il a été suivi par une journée "Biosécurité et environnement", le 19 mars 1991, qui a témoigné du souci d'actualiser la formation dans ce domaine.

Il apparaît que l'Ecole des mines d'Alès développe une activité soutenue dans le domaine de l'environnement industriel. Cette activité correspond à une demande forte de l'industrie et des acteurs de l'environnement industriel, particulièrement vive au moment de l'intégration européenne qui verra croître les contraintes de protection de notre environnement. Là encore, l'Ecole des mines d'Alès s'affirme comme une grande école d'ingénieurs à vocation européenne, au service d'un développement industriel harmonieux.

Informations :
Ecole des mines d'Alès
6, avenue de Clavière
30319 Alès
Tél. : 66 78 50 00

Ecole thématique Ecologie et sciences sociales

24-29 mai 1993
CNRS, Marseille-Luminy

L'école thématique "Ecologie et sciences sociales" est organisée pour répondre aux problèmes d'interdisciplinarité qui résultent de la multiplication des travaux de recherche où se rejoignent les démarches issues de l'écologie et des sciences humaines et favoriser ainsi une meilleure opérationnalité des équipes interdisciplinaires.

● Objectifs

- Cerner les impacts réciproques des sciences sociales, du contexte politique, idéologique et socio-économique et des sciences de l'environnement sur l'élaboration et les transformations dans le temps des principaux concepts de l'écologie.
- Discerner la nature des "pressions" qui orientent de plus en plus la recherche écologique vers l'étude des milieux anthropisés.

- Evaluer les demandes des sciences sociales à l'égard des sciences de l'environnement et inversement.

- Clarifier les problèmes d'échelle (échelles d'espace et de temps dans les différentes disciplines).

- Faire le point sur les transferts de concepts entre les sciences de la nature et les sciences sociales.

Le développement de ces problématiques théoriques s'appuiera sur le thème "Les ressources naturelles en milieu faiblement anthropisé : approches écologiques et sociologiques".

L'école couvrira l'ensemble des disciplines des sciences de la vie, des sciences techniques et des sciences de l'homme et de la société, actuellement confrontées à cette problématique interdisciplinaire.

En définitive, l'école sera l'occasion d'approfondir la question de savoir si le rapport milieux-sociétés peut constituer un objet scientifique interdisciplinaire à part entière.

● Contact

B. Brun
Laboratoire population-environnement
Université de Provence
Centre Saint-Charles
Place Victor Hugo,
1331 Marseille Cedex 3
Tél. : 91 64 57 18

B. Picon
Centre de recherche en écologie sociale
Centre de la Vieille Charité
2, rue de la Charité, 13002 Marseille
Tél. : 91 91 92 62

Ecole d'été Observation spatiale des phénomènes de surface pour les recherches en environnement

du 15 au 24 septembre 1993

● Présentation

L'observation spatiale de la Terre constitue un moyen privilégié d'étudier les problèmes liés à l'évolution du climat et de l'environnement.

Les travaux réalisés depuis quelques années pour exploiter et valoriser les données issues des capteurs spatiaux, dans les divers domaines de longueurs d'ondes, ont débouché sur des acquis intéressants pour les recherches en environnement : dynamique de la biosphère continentale, de l'atmosphère, des océans et des côtes, dégradation des forêts et des sols, transformations des paysages, risques naturels, emprise agricole et urbaine, divers impacts humains.

Par nature, les capteurs mis en œuvre permettent une description de la répartition des écosystèmes observés. En outre, la répétitivité des images, associée à une durée de vie pluriannuelle de ces instruments, autorise aujourd'hui

l'étude du fonctionnement et de la dynamique de ces écosystèmes dans des conditions acceptables.

Les mesures spatiales sont ainsi devenues le complément indispensable des mesures de terrain pour caractériser les phénomènes de surface. C'est donc une approche interdisciplinaire qui permet d'en tirer profit.

La télédétection est actuellement en plein développement et les besoins des scientifiques requièrent que la précision des produits qui en sont dérivés soit affinée et que de nouveaux thèmes soient explorés.

Aussi la formation à cette technique apparaît-elle comme une contribution importante au développement des recherches en environnement. Elle doit favoriser l'exploration de thèmes nouveaux dans le cadre de larges collaborations.

Dans ce contexte, le Centre national de la recherche scientifique, dans le cadre de son programme Environnement, le Centre national des études spatiales et l'Université Paul-Sabatier de Toulouse organisent une école d'été sur l'Observation spatiale des phénomènes de surface pour les recherches en environnement.

● Programme

Parce qu'elle vise précisément à engager des coopérations interdisciplinaires fortes entre les représentants des diverses communautés scientifiques, l'école d'été propose six thèmes principaux. Ces sujets seront accompagnés d'une partie consacrée aux principes de base de la télédétection, au traitement des données et à l'extraction de paramètres caractéristiques des surfaces.

Les cours seront organisés comme suit :

- Principes de la télédétection
- Ecosystèmes naturels et forêts

- Ressources en eaux
- Ressources en sols
- Milieux littoraux
- Systèmes ruraux et environnement
- Systèmes urbains

La formation sera complétée par des tables rondes sur quelques sujets principaux souhaités par les stagiaires. Des projections viendront illustrer certains aspects des cours

● Séjour

L'école aura lieu du 15 au 24 septembre 1993 et se tiendra sur le site de France-Télécom à La-Londe-Les-Maures, Var (France).

Le français sera la langue de travail.

L'inscription est gratuite.

Les stagiaires seront hébergés en pension complète, en chambre individuelle ou en studio pour ceux qui seront accompagnés.

Le tarif journalier est de 310 FF en chambre individuelle et de 370 FF en studio.

L'école pourra, dans le cadre de la formation permanente, prendre en charge les frais de séjour pour un nombre limité d'agents du CNRS ou travaillant dans une unité propre ou associée du CNRS.

● Candidatures

L'école s'adresse en priorité aux spécialistes des thèmes de recherche en environnement qui souhaitent s'initier à la télédétection, pour le besoin de leurs organismes ou de leurs sociétés.

Cinquante stagiaires seront retenus et avertis dans le courant de la première semaine de juin 1993. Les candidats en liste d'attente seront également informés et admis en cas de désistement.

Les fiches de candidature sont à retourner avant le 31 mai 1993, accompagnées du dossier demandé.

Elles seront adressées à :

Université Paul Sabatier
Service "Formation continue"
à l'attention de Michèle Flouch
118, route de Narbonne
31062 Toulouse Cedex
Tél. : 61 55 66 30 – Fax : 61 55 06 71

Pôle universitaire et scientifique européen de Grenoble

Institut de l'environnement de Grenoble et Chambéry

L'Institut de l'environnement est né d'un double constat : la richesse et la variété des compétences existant à Grenoble et à Chambéry dans ce domaine ; la dispersion des équipes de recherche, leur taille et leurs statuts différents. L'Institut, structure sans murs, met en place un mode de coopération ouvert et souple, associant des équipes ou des chercheurs de diverses provenances, afin de développer des programmes pluridisciplinaires (sciences exactes, sciences humaines et sociales, médecine...), qui sont souvent la seule réponse convenable pour aborder correctement les problèmes d'environnement. Il rendra en outre plus lisible ce champ important de la recherche en Savoie-Dauphiné.

L'étude des milieux naturels constitue un des points forts de ces équipes. Mais l'environnement ne peut être réduit à cette dimension écologique : l'évolution de la société impose de prendre en compte l'environnement urbain et industriel et les nuisances qui y sont associées. L'Institut soutient des recherches concernant les liens santé-environnement, le cadre urbain, les phénomènes de pollu-

tion. Enfin, cette structure contribuera à la formation, dans un premier temps, en faisant l'inventaire des formations existantes, en identifiant les besoins, en définissant de nouvelles formes d'enseignement pluridisciplinaire.

Pour mener à bien ses missions, l'Institut de l'environnement s'est doté de deux instances principales :

- un conseil d'orientation comprenant des membres de la communauté universitaire et scientifique et des représentants des collectivités territoriales ; ce conseil définit la politique scientifique de l'Institut ;

- un conseil scientifique qui donne son avis sur les orientations scientifiques et évalue les programmes mis en œuvre.

La création de l'Institut a reçu l'appui du ministère de l'Éducation nationale à travers le contrat signé entre ce dernier et le Pôle universitaire et scientifique européen. Elle s'effectue en coordination étroite avec le CNRS et le pôle Rhône-Alpes du Programme Environnement.

*Georges Vachaud,
Directeur de l'Institut de l'environnement*

Cours régional AIEA-FAO sur l'application des isotopes et des rayonnements à l'étude des relations sol-plante dans les sols sales

Centre de recherche et de formation de l'autorité turque de l'énergie atomique, Ankara (Turquie)

Du 6 septembre au 1^{er} octobre 1993

Ces cours en langue anglaise sont organisés par l'Agence internationale de l'énergie atomique et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et

l'agriculture, en collaboration avec l'autorité turque de l'énergie atomique.

Le cours est ouvert à 20 candidats d'États membres de l'AIEA et de la FAO, de la région Moyen-Orient et d'Europe.

Date limite de dépôt des candidatures : 10 mai 1993. Elles devront parvenir à l'Agence internationale de l'énergie atomique, BP 100, A-1400 Vienne (Autriche).

L'Institut Pierre Simon Laplace des sciences de l'environnement global

Il s'agit d'une structure fédérative d'Observatoire des sciences de l'Univers, axé sur trois pôles : Université Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, Ecole normale supérieure, Université Pierre et Marie Curie, Palaiseau-Gif-sur-Yvette-Saclay, qui regroupe plusieurs laboratoires de recherche et des grands organismes et établissements de l'enseignement supérieur.

Les recherches conduites s'articulent autour de grands programmes nationaux et internationaux. Elles concernent :

- les études des processus (dynamique et chimie de l'atmosphère et de l'océan, processus d'échange de matière et d'énergie entre l'atmosphère, les océans et la biosphère, physique des interactions Soleil-Terre) ;

- les bilans d'énergie et de matière (cycle biogéochimique, bilan hydrique, cycle hydrologique et climat, études des changements globaux du passé, environnements planétaires) ;

- la modélisation à différentes échelles

du système couplé océan-atmosphère-biosphère, du système ionosphère-magnétosphère et des environnements planétaires.

L'Institut constitue un lieu privilégié pour dispenser une formation pluridisciplinaire de qualité dans les sciences de l'environnement et les techniques spatiales.

Centre universitaire, 10-12, avenue de l'Europe, 78140 Vélizy, France
Tél. : 1 44 27 37 53 – Fax : 1 44 27 37 76

Pollution atmosphérique à l'échelle locale et régionale

Appel à communications

Colloque, Paris, 7, 8 et 9 décembre 1993

Organisé sous l'égide du Programme Environnement du CNRS, du PIR-Villes (CNRS), de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), du ministère de l'Environnement, du ministère de la Santé.

Comité scientifique : M. Bignon (CHU, H. Mondor), M. Bouscaren (CITEPA), M. Elichegaray (ADEME), M. Fontan (Programme Environnement, CNRS), M. Gombert (ministère de l'Environnement, DPPR), Mme Kauffmann (INSERM), M. Laterasse (PIR-Villes, CNRS), M. Manuel (ministère de l'Environnement, DRAEI), M. Muller (ministère de l'Environnement, DRAEI), M. Toupance (Université Paris-Val de Marne), M. Zmirou (Faculté de médecine de Grenoble).

Enjeux et objectifs

La pollution de l'air en sites urbains ou industriels provient des rejets de "polluants primaires" (SO₂, HC, NO_x, particules, etc.) qui, par réactions chimiques ou photochimiques, donnent naissance à des produits secondaires (acides et oxydants (O₃, PAN, etc.), parfois plus agressifs pour l'environnement que les premiers. A cela s'ajoutent les contaminations atmosphériques générées par les filières organiques et minérales, et les gênes dues aux odeurs.

Sur certains sites industriels où sont produits et manipulés des produits dangereux, les risques d'un rejet accidentel dans l'atmosphère sont toujours possibles. Les mesures à prendre pour en limiter les conséquences doivent être envisagées en tenant compte des spécificités du site sur le plan géographique, climatique, etc. En matière d'aménagement, il en est de même pour les études d'impact dans le cas d'une nouvelle implantation.

Les stratégies à mettre en œuvre pour lutter contre la pollution de l'air, notamment en sites urbains, nécessitent une meilleure connaissance des émissions et des niveaux de concentration des polluants dans l'environnement.

La pollution de l'atmosphère agit sur la santé de l'homme, la végétation, les matériaux. Pour établir des relations de cause à effet, il est nécessaire de mieux définir les effets toxiques des polluants, de trouver des bioindicateurs précoces, de mieux connaître les champs de concentration de polluants primaires et secondaires à l'échelle locale, voire régionale. La modélisation doit permettre de compléter les données des réseaux de mesure.

La lutte contre la pollution atmosphérique passe par une réduction des émissions à la source, et aussi par des mesures d'aménagement (plans de circulation, utilisation des transports en commun, etc.) qui ont des implications socio-économiques évidentes.

Le colloque, de nature pluridisciplinaire, a pour objet :

- le point des connaissances et de l'état de l'art en matière de recherche ;
- la définition de sujets sur lesquels faire porter en priorité les efforts de recherche.

Il doit permettre de faire avancer les connaissances de base indispensables dans chaque discipline concernée par le domaine.

Il vise à favoriser les contacts entre chercheurs et utilisateurs, à recenser

les équipes susceptibles de s'engager sur plusieurs années dans une recherche de nature pluridisciplinaire, répondant notamment aux attentes et aux besoins du monde industriel et des gestionnaires de l'environnement (administrations, agences, DRIRE, etc.)

Ce colloque comportera des exposés oraux et des présentations sous forme de posters.

Il est envisagé qu'au terme du colloque soient lancés des appels d'offres de recherches qui seraient financés par l'ADEME, le CNRS, le ministère de l'Environnement, le ministère de la Santé.

Il n'y aura pas de frais d'inscription, seuls les repas seront à la charge des participants

CONTACT
Christine Saas
ADEME
Centre de Paris-Vanves
27, rue Louis Vicat, 75015 Paris
Tél. : (1) 47 65 20 00
Fax : (1) 46 45 52 36

Programme préliminaire

Présentation générale des journées

Caractérisation des pollutions atmosphériques de proximité

– Surveillance de la pollution urbaine : situation actuelle et besoins.

– Conception et optimisation des réseaux de mesure.

– Outils et méthodes de quantification des sources anthropiques de pollution de l'air (foyers fixes de combustion, circulation automobile, incinération, décharges, sources industrielles, etc.), odeurs.

Phénoménologie des pollutions locales et régionales

– Physico-chimie des milieux urbains (chimie des espèces réactives, métrologie des atmosphères urbaines, etc.)

– Modélisation des pollutions à l'échelle locale (dispersion des panaches, prévision de pointes de pollution, rejets accidentels, relations précurseurs oxydants en atmosphère urbaine ou périurbaine, etc.).

Impacts des pollutions atmosphériques de proximité sur la santé

– Toxicologie des pollutions de proximité, biomarqueurs, marqueurs physiologiques, modèles animaux, synergies.

– Etudes épidémiologiques, protocoles, populations à risques, paramètres à prendre en compte (respiratoires, allergiques, ORL, cardio-vasculaires, neuro-comportementaux, etc.), aigus-chroniques, marqueurs précoces.

Impacts des pollutions atmosphériques de proximité sur les matériaux et les végétaux

Aspects socio-économiques : les causes des pollutions et leurs impacts

– Techniques urbaines et pollutions atmosphériques : impact des systèmes de transport, de chauffage ; des techniques de traitement des déchets et d'assainissement.

– Evolution des pratiques et des modes de vie.

– Evaluation des coûts monétaires et non monétaires des pollutions atmosphériques (en particulier les aspects méthodologiques).

La constitution des normes et des représentations (par exemple : approche comparative pour différents pays)

– Système d'information et organisation des acteurs.

– Information et formation.

– Le problème de l'évaluation des politiques de prévention.

Synthèse des journées, axes de recherches pour le futur

Les chercheurs et auteurs souhaitant présenter une communication sont priés d'envoyer, **avant le 30 juin 1993**, dernier délai, un résumé dactylographié de 30 lignes maximum, à l'adresse suivante :

Evelyne Brun, Programme Environnement du CNRS

15, quai Anatole France, 75700 Paris

Les communications retenues feront l'objet d'une présentation orale ou d'un poster. Les auteurs en seront informés par courrier.

Calendrier des réunions du Programme Environnement

Réunion de l'équipe de direction et d'animation 23 juin

Réunions des comités

Dynamique de la biodiversité et environnement 3 juin
Phase atmosphérique des cycles biogéochimiques 24 juin
Environnement, société et développement à long terme 25 juin

Réunions des groupes thématiques

Ecosystème PIGB 30 avril
Dynamique des peuplements et effets de l'environnement : conséquences sur la biodiversité 6 mai
Systèmes ruraux 8 mai
Perceptions et usages de la biodiversité 21 juin
Systèmes intégrés 9 juillet

Contact : Evelyne Brun
Programme Environnement
Tél. : (1) 47 53 15 44

Colloques, séminaires

La Seine et son bassin : de la recherche à la gestion

29-30 avril 1993

Sous le haut patronage du ministère de la Recherche et de l'Espace, du ministère de l'Environnement

Le Programme interdisciplinaire de recherche sur l'environnement de la Seine (Piren-Seine) a été mis en place en 1989 par le CNRS, avec le soutien des principales institutions régionales ou nationales dans le domaine de l'eau. Ce programme a rassemblé, depuis 4 ans, 70 chercheurs appartenant à une quinzaine de laboratoires français et étrangers qui relèvent de différents organismes de recherche. Leur objectif est d'analyser, de mesurer et de modéliser le fonctionnement du "système Seine" sur l'ensemble du bassin. Le colloque avait pour but de présenter l'ensemble des résultats actuellement acquis et de réfléchir sur les besoins de connaissances et donc de recherches que suscitent les perspectives nouvelles d'aménagement et de gestion des eaux dans le bassin de la Seine.

Les actes du colloque seront publiés ultérieurement.

Contact : Piren-Seine, Laboratoire de géologie appliquée, Université Pierre et Marie Curie, 4, place Jussieu, T. 26, BC 123, 75252 Paris

Vous avez dit progrès ?

Sciences, progrès et développement
8 mai 1993

Une journée d'étude a été animée sur ces thèmes, à l'initiative de l'Association internationale de techniciens, experts et chercheurs (AITEC), autour de deux tables rondes : Progrès et rationalités et Progrès scientifique et développement durable.

Il a paru, aux yeux des organisateurs, important de débattre largement des implications politiques qu'entraî-

nent sur l'évolution de la société les divergences apparues entre scientifiques à l'occasion de l'appel d'Heidelberg. Si celui-ci, en effet, traduit le malaise et les craintes de certains scientifiques face à la remise en question de leurs prérogatives liées à la possession d'un savoir, il pose, plus généralement, la question de la place de la science dans la société.

Les actes de la journée seront publiés ultérieurement.

Contact : Hélène Galichet, AITEC, 14, rue de Nanteuil, 75015 Paris

Environnement et santé

13 mai 1993

Le club CRIN "Environnement" organise un colloque sur le thème "Environnement et santé".

Les exposés, suivis de discussions, traiteront des thèmes suivants :

- conceptions et perspectives en écotoxicologie et toxicologie ;
- l'épidémiologie de l'environnement ;
- aspects psychosomatiques ; rôle des sciences de l'homme et de la société ;
- critères de santé dans l'élaboration des normes et règlements environnementaux.

Les groupes du club CRIN "Environnement" présenteront à cette occasion l'état de leurs travaux et leurs perspectives.

La journée est placée sous le patronage scientifique de M. Hubert Curien, fondateur des clubs CRIN.

"De l'éthique au droit" dans la recherche fondamentale en sciences de la vie

Débat les 25-26 mai 1993

Groupe de laboratoires du CNRS, Gif-sur-Yvette

Au début des années 70, aucune dis-

position spécifique sur l'éthique et les risques biologiques ne réglementait l'activité des chercheurs fondamentaux des sciences de la vie. Ce sont les biologistes moléculaires qui décident eux-mêmes d'arrêter les activités débutantes de génie génétique pour s'imposer des règles de sécurité. C'est le moratoire d'Asilomar (1973-1975).

Actuellement, ce sont des lois qui réglementent l'expérimentation animale, l'expérimentation humaine, le génie génétique, les registres épidémiologiques. De plus, certains comités de lecture de journaux scientifiques refusent de publier des articles qui n'auraient pas reçu l'aval d'un comité d'éthique (pour l'homme ou pour l'animal).

Que s'est-il passé en 20 ans ? S'agit-il d'une perte de confiance de la société vis-à-vis des chercheurs et de leur activité ou, au contraire, d'un regain d'intérêt, ou des deux ?

Comment les chercheurs réagissent-ils vis-à-vis de ces réglementations ? A quels problèmes philosophiques, juridiques, administratifs sont-ils confrontés pour l'application des lois ?

La société, par le biais des financements apportés par les industries et les associations caritatives aux laboratoires des organismes de recherche publique, n'intervient-elle pas dans l'orientation des recherches ?

Dans cette optique, et à l'initiative du directeur scientifique du département des Sciences de la vie, un débat organisé à Gif-sur-Yvette les 25 et 26 mai 1993 permettra aux chercheurs confrontés à ces problèmes de rencontrer des parlementaires, auteurs ou rapporteurs de ces lois, des responsables ministériels chargés de les faire appliquer, des philosophes, des juristes, des épistémologistes. Les applications de la loi Huriet-Sérusclat et de celle sur les organismes génétiquement modifiés seront plus particulièrement étudiées.

Contact : Geneviève Najar, Tél. : 47 53 15 37

Appel à communications XIII^e congrès international des sciences ethnologiques et anthropologiques (CICAE)

Mexico, 29 juillet-5 août 1993
Symposium : Le climat :
perception, prévision, manipulation

Organisatrices : Marina Goloubinoff,
Esther Katz, Anamaria Lammel

Envoyez votre titre et résumé de
communication à : Anamaria Lam-
mel, CNRS/LACITO, 44, rue de l'Ami-
ral Mouchez, 75013 Paris

Fax : 1 45 80 59 83

L'environnement et le citoyen

21-28 août 1993

Parc régional de la Brenne,
Saint-Lactencin

La seizième session de l'Institut
d'études mondialistes s'ouvrira lar-
gement à la participation des audi-
teurs dans le cadre des ateliers et
sera l'occasion de mieux cerner les
rapports qui existent – ou devraient
exister – entre le citoyen dans toutes
ses dimensions et les différents
acteurs sociaux du développement.

Contact : Isabelle Hannequart, 36500
Saint-Lactencin

Fourth Congress European Society for Evolutionary Biology

22-28 août 1993

Contact : Maryse Gautier

Evolution 93

CNRS-CEFE

BP 5051

34033 Montpellier Cedex 1

Low Temperature chemistry of the Atmosphere

29 août-11 septembre 1993

Nato advanced study institutes pro-
gramme

Hotel Villa Del Mare

Acquafredda di Maratea (Italy)

Informations : Dr. Geert K. Moortgat,
Air chemistry division, Max-Planck
Institut für Chemie, Saarstrasse 23,
D 6500 Mainz, Allemagne

14^e symposium international sur les composés aromatiques polycycliques

Appel à communications
8-11 septembre 1993,
Lake of the Ozarks, Missouri

Les sessions de ce 14^e PAC auront
trait aux aspects analytiques, chi-
miques et biologiques des compo-
sés aromatiques polycycliques. Les
communications seront à la fois
orales et par affiche.

Le prix "PAC Research Award" sera
décerné à un scientifique jugé le
plus méritant dans le domaine.

Pour plus d'informations, contacter :

14th International Symposium on
PAC, Eppley Institute, University of
Nebraska Medical Center, Omaha,
NE 68198-6805, USA

Tél. : 402 559 4092

Fax : 402 559 4651

Ressources génétiques animales et végétales : méthodologies d'étude et de gestion

28-30 septembre 1993

Colloque BRG-INRA

Agropolis, Montpellier

Le ministère de la Recherche et de
l'Espace et le ministère de l'Agricul-
ture et de la Forêt soutiennent des
actions incitatives et encouragent
les instituts de recherche à dévelop-
per des études sur la diversité et la
gestion des ressources génétiques
animales et végétales. Deux actions
concertées ont été mises en œuvre
dans le domaine des espèces d'inté-
rêt agronomique.

• Le programme national "Res-
sources du vivant" sur financement
du Fonds de la recherche et de la

technologie (FRT), géré par le Dépar-
tement des productions animales et
végétales du ministère de la
Recherche, avec l'appui du Bureau
des ressources génétiques depuis
1988 (A. Charrier).

• Le programme "Protection et ges-
tion de la diversité génétique exploi-
table" (PRODIGE), lancé en 1990 par
l'INRA dans le cadre d'AGROTECH et
placé sous la responsabilité de
J.C. Rémy.

Ces deux programmes arrivant à
terme fin 1992, il nous a paru indis-
pensable de faire le bilan des résul-
tats acquis sous la forme d'un collo-
que Ressources génétiques ciblé
sur les travaux réalisés et de dégager
des perspectives de recherche au
plan national et international. Ainsi
conçu, ce colloque mettra en lumière
la mobilisation d'équipes apparte-
nant à divers laboratoires (CNRS,
INRA, Université), l'intérêt porté au
thème des ressources génétiques et
les nouvelles méthodologies à
mettre en œuvre. Les laboratoires du
CIRAD et de l'ORSTOM travaillant sur
ce thème y seront associés.

L'objectif est de faire connaître aux
gestionnaires et utilisateurs de res-
sources génétiques l'effort de
recherche réalisé au cours des der-
nières années et de proposer de
nouvelles orientations de recherche
et de valorisation.

Informations :

Bureau des ressources génétiques
57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05
Tél. : 1 44 08 83 10 – Fax : 1 45 35 70 15

Les résumés des communications et
des posters feront l'objet d'un
volume remis aux participants à
l'ouverture du colloque. A cette fin,
les résumés devront être transmis au
secrétariat.

26th International Liège Colloquium on Ocean Hydrodynamics

Liège, 2-6 mai 1994

The coastal ocean in a global
change perspective

Informations : GHER/Moelenvir-
nement, University of Liège
B5 Sart Tilman, B-4000 Liège

Publications et rapports

La Direction de l'information et de la communication de l'INRA nous a adressé les trois premiers dossiers de la nouvelle série "Bilan et perspectives" :

"Avenir de l'agriculture et futur de l'INRA" (Michel Sebillote)

"Les priorités du secteur des industries agro-alimentaires de l'INRA" (Jacques Adda)

"Les recherches sur l'Environnement à l'INRA" (Jean-Claudé Rémy)

Réflexion prospective, stratégie scientifique, bilan ou analyse d'un thème de recherche prioritaire de l'Institut, cette nouvelle série s'inscrit dans le souci d'un affichage plus clair de ses orientations, d'un dialogue renforcé avec ses partenaires.

INRA

Direction de l'information et de la communication

Tél. : 42 75 90 90

Actes du Forum des partenaires

Forum des partenaires, 9-11 septembre 1991

Dans le but d'identifier les conditions d'une recherche durable en Afrique au sud du Sahara et de trouver les voies et moyens pour satisfaire à ces conditions, le Forum des partenaires a réuni l'ensemble des acteurs concernés par la recherche en Afrique pour aborder les problèmes qui se posent à la recherche africaine, particulièrement dans les domaines de l'environnement, de l'agriculture, de la santé et de la maîtrise du développement. Les Actes rassemblent toute l'information concernant ce Forum. Ils comprennent quatre parties.

Première partie : textes introductifs

– L'exercice du partenariat dans le domaine de l'environnement

– Une agriculture viable à long terme dans les milieux tropicaux

– Les conditions d'une recherche durable en santé en Afrique au sud du Sahara

– Maîtrise du développement

– Bilan : vers un renouveau des modes de coopération scientifique en Afrique

Deuxième partie : minutes des séances plénières

Troisième partie : rapports des ateliers thématiques

Quatrième partie : liste des participants

Contact : Jean-Yves Martin – Nicole Zerbib

213, rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10

Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré

Une analyse de la littérature francophone

Joël Humbert et Georges Najjar, 1992, Centre d'études et de recherches éco-géographiques, Université Louis Pasteur, Strasbourg

Ce rapport, plutôt destiné à la communauté des hydrologues, tente d'établir une rapide synthèse de la littérature francophone abordant les relations entre la forêt et les différentes composantes du cycle hydrologique, essentiellement au niveau local et à l'échelle du bassin versant sur le plan quantitatif (aspects géochimiques

exclus). Sont successivement examinés : l'influence de la forêt sur les précipitations et leur distribution au sol, le couvert neigeux et sa fonte, l'évapotranspiration et l'écoulement.

Les technologies de l'environnement

Rapport de synthèse, 1992.

Ce rapport rassemble plus de cent technologies de l'environnement. et tente avant tout de mettre en perspective le développement de la technologie et de la recherche et d'en faciliter l'information.

Collection Nouvelles technologies de l'information

A. Jour éditeur, 11, rue du Marché St-Honoré, 75001 Paris

Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ?

Éléments pour une gestion patrimoniale des écosystèmes forestiers littoraux.

Jean-Paul Hetier, Cahier du Conservatoire du Littoral (n° 2), 5, rue Sextius Michel, 75015 Paris

Atlas des espaces naturels du littoral

Tome II : Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique.

Ce travail permet de renforcer la connaissance de la richesse du patrimoine naturel des côtes françaises. Il sera régulièrement complété et mis à jour pour tenir compte de l'amélioration des connaissances et de l'évolution des biotopes.

Contact : Ministère de l'Environnement, Direction de la nature et des paysages, 14, bd du Général Leclerc, 95524 Neuilly-sur-Seine Cedex

Revue

Analisis

La revue française de chimie analytique a publié dans son numéro de juillet-août 1992 un dossier consacré aux pollutions marines. Les aspects analytiques, chimiques, biochimiques et écotoxicologiques sont abordés à travers une quinzaine d'articles traités par des spécialistes français (notamment IFREMER) et internationaux.

Analisis, juillet-août 1992, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris

La Recherche

Au sommaire du numéro d'avril 1993 : L'écologie a-t-elle un avenir ? par François Ramade. L'écologie connaît un développement considérable dans la plupart des pays développés. En France, toutefois, cette science est en état "déshérence". Un article sur La pollution atmosphérique sous les tropiques par Jacques Fontan.

Société d'éditions scientifiques, 57, rue de Seine 75280 Paris Cedex



Le Journal du CNRS

Au n° 39 de mars 1993, le Journal du CNRS évoque, dans un dossier intitulé La planète blues, quelques-uns des problèmes liés à la gestion et au développement. 15, quai A. France, 75700 Paris

L'Environnement Magazine

Au sommaire du numéro de mars 1993 : comment "sauver la planète Terre" ? selon Al Gore, bonnes feuilles exclusives du livre où le vice-président des Etats-Unis propose un plan Marshall de l'environnement ; un dossier sur l'administration : les écologistes font leurs nids ; un an de gestion en régions ; un cahier d'entreprise : ECOVER, la première usine écologique du monde.



Directeur de la publication : Charles-Henri Dubail
38, rue Croix-des-Petits-Champs. 75001 Paris

Courants

Revue de l'eau et de l'aménagement
Au sommaire du n° 19 de janvier-février 1993 : une série d'articles traitant des thèmes suivants : assainissement et déchets ; l'hydraulique agricole ; l'eau potable ; aménagement et territoire.

Directeur de la publication : Pierre Benichou
Pyc-Edition, 5, avenue de Verdun, BP 0105, 94208 Ivry-sur Seine Cedex

Sécheresse

Science et changements planétaires
Parmi les nombreux articles de ce numéro de mars 1993, des synthèses sur : Effets de récentes perturbations climatiques sur la phéniculture dans le sud-est du Niger par Michel Jahiel ; Environnement et développement, références particulières aux Etats sahéliens membres du CILSS par Philippe Chamard ; Description quantitative des régions de feu en zone soudanienne d'Afrique de l'Ouest par Jean-Marie Grégoire.



Editeur : John Libbey Eurotext Limited, 6, rue Blanche 92120 Montrouge

Courrier de la cellule environnement de l'INRA

Au sommaire du n° 18 de décembre 1992 : L'évolution du marché des produits biologiques : tendances et perspectives par Bertil Sylvander ; Un indicateur de risques de pollution nommé BASCULE (balance azotée spatialisée des systèmes de culture d'exploitation) par Marc Benoît ; Quantifions le phytosanitaire par Christiane Silvy ; Diversité écologique par Bernard Chaubet ; La production de méthane dans la biosphère : le rôle des animaux d'élevage par D. Sauvart ; L'après-sida, nouveaux virus : la

menace par Nathalie Levisalles ; Agriculture et environnement : repères dans le paysage agricole français. INRA, 147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07

Transversales

Science/Culture
Parmi les articles au sommaire du n° 20 de mars-avril 1993 : Partage du travail : pour sortir de la confusion par Jean-Paul Maréchal et Jacques Robin ; Eclairage sur l'avenir du Japon par Jean Mandelbaaum et Claude Leblanc ; L'entreprise et ses réseaux par Didier Noyé. 21, boulevard de Grenelle, 75015 Paris

Ecodécision

Revue Environnement et politiques
Le n° 8 de mars 1993 fait une large part aux problèmes soulevés par les accords commerciaux, le libre-échange, les mécanismes du marché. Parmi les articles proposés : Environnement et commerce international : une union impossible ? par Arnaud Comolet, France ; Environnement et GATT par Caroline London, France ; La deuxième marginalisation de l'Afrique par Samuel-Alain Nguiffo, Cameroun ; La nouvelle loi canadienne sur l'évaluation environnementale par Denis Bourque, Canada. 276, rue Saint-Jacques Ouest, bureau 924, Montréal (Québec), Canada.

Décision Environnement

Dans le n° 15 du mois d'avril : un dossier sur les transports urbains : comment réduire l'impact sur l'environnement des transports en ville, des expériences ; une enquête : éco-emballages ; des tendances. Décision Environnement, 122, rue de Provence, 75008 Paris



Tomorrow

The global environment magazine
Dans le n° 1 de janvier-mars 1993, un long rapport de Peter McGill sur les deux visages du Japon : désir de productivité industrielle et tradition d'harmonie avec la nature. Tomorrow Media, Kungsgatan 27, S-111 56 Stockholm

La Lettre de l'INERIS

Dans le n° 12 de mars-avril 1993, une série d'informations sur l'actualité des études et projets dans le domaine des risques industriels. Institut national de l'environnement industriel et des risques, Parc technologique ALATA, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte

InformAction

Pour le développement durable
Au n° 14 de mars 1993, des information sur le suivi de la CNUED : le programme des réunions des différentes

commissions ; un dossier qui traite des écosystèmes forestiers : préserver et gérer la richesse écologique.

Bulletin d'information environnementale publié par l'Agence de coopération culturelle et technique, 13, quai André Citroën, 75015 Paris

Natures, sciences, sociétés

Recherches et débats interdisciplinaires

Revue de l'association NSS-Dialogues, vol. 1, n° 2, 1993

Parmi les contributions au sommaire de ce n° 2 et au fil des sept rubriques de la revue : articles, forum, entretien, actualité de la recherche, libres opinions, bibliographie, agenda, on pourra lire : Le triticale : première céréale créée par l'homme par Yvonne et André Cauderon ; La régulation conflictuelle des pollutions par Marion Galle ; L'agronome face à la notion de fertilité par Michel Sebillote ; La polémique sur les brevets de gènes humains, un entretien avec Charles Auffray ; La gestion du sol par Alain Ruellan ; Programme sur les dimensions humaines des changements globaux par Agnès Pivot ; Rayonnement électromagnétique et santé par Jacques Jousset-Dubien ; des comptes rendus d'ouvrages, des résumés en langue anglaise.

Dunod, 15, rue Gossin, 92543 Montrouge Cedex



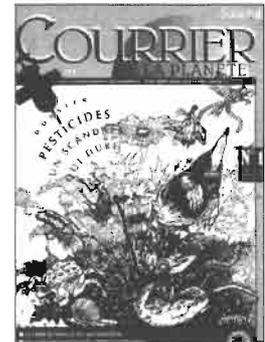
information sur : Romanche II : une campagne pour identifier les flux marins.

Ministère de la Recherche et de l'Espace
1, rue Descartes, 75231 Paris Cedex 05

Le Courrier de la Planète

Au sommaire du n° 14 : Nouvelles de la planète ; des articles sur le commerce et l'environnement ; un dossier : pesticides ; un scandale qui dure ; le cahier : Courrier Afrique, des articles sur le commerce maghrébin, les grandes manœuvres autour du riz en Côte-d'Ivoire.

11, passage Penel, 75018 Paris



La Lettre de l'Environnement

De façon bimensuelle, le point sur l'actualité des technologies propres, les réglementations, la vie des sociétés, en France et à l'étranger.

A. Jour éditeur, 11, rue du Marché St-Honoré, 75001 Paris

Parcs naturels régionaux de France

Au n° 18 de février, un dossier Fiscalité et protection de la nature.

Magazine de la fédération des parcs naturels régionaux de France, 4, rue de Stockholm, 75008 Paris

Recherche et Technologie

Parmi les informations de la Lettre d'information du ministère de la Recherche et de l'Espace : première mondiale dans la maîtrise de la régénération des végétaux ligneux ; dans le cadre du programme international World Ocean Circulation Experiment (WOCE), une infor-

Dans le n° 8 de la Lettre du Programme Environnement (p. 57), une erreur d'impression a rendu illisible le titre de l'ouvrage de Laura Sigg, Werner Stumm, Philippe Behra. Il s'agit de **Chimie des milieux aquatiques**, Chimie des eaux nouvelles et des interfaces dans l'environnement.

CNES/MEDIAS nous informe

Constitution d'un catalogue de bases de données pour l'environnement global

L'objectif principal du réseau MEDIAS est de développer, soutenir et intensifier la recherche sur les changements de l'environnement global et du climat, et sur les interactions avec les problèmes de développement régional. Cette recherche intègre ainsi toutes les composantes du climat, de la biosphère, de l'hydrosphère et de la géosphère à l'échelle de la zone du bassin méditerranéen et de l'Afrique subtropicale. Le développement du réseau MEDIAS est réalisé en liaison avec l'initiative START (Global change system for analysis, research and training) du Programme international géosphère-biosphère (IGBP).

Il s'agit donc d'une première approche pour identifier les jeux de données existantes et susceptibles d'intéresser la communauté scientifique du réseau. Dans cette perspective ont été identifiés quelques types de

données regroupées par domaines et qui répondent aux projets pilotes IGBP tels que International Global Atmospheric Chemistry (IGAC), Global Change and Terrestrial Ecosystems (GCTE), Biological Aspects of the Hydrological Cycle (BAHC), et Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS), ainsi que certains projets du Programme mondial de recherches sur le climat (PMRC) tels que Tropical Ocean and Global Atmosphere Project (TOGA), World Ocean Circulation Experiment (WOCE) et Global Energy and Water Cycle Experiment (GEWEX). Cependant, il est évident que tous les autres jeux de données relatifs à des projets régionaux ou nationaux tout aussi importants peuvent être très pertinents pour le réseau.

Pour tous renseignements concernant la constitution du catalogue de bases de données : Alain Royer, CNES/MEDIAS, 18, avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse Cedex - Tél. : 61 28 26 67.

Date limite de réception des propositions :
vendredi 28 mai 1993

ÉQUIPE DE DIRECTION ET D'ANIMATION DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT

EQUIPE DE DIRECTION

Alain Ruellan, directeur

CNRS - Montpellier

Tél. : 67 61 33 02 - Fax : 67 04 50 11

Fax sur le NEXT : 67 61 33 06

Paris Tél. : 1 47 53 13 62

Fax : 1 47 53 12 21

CNEARC - Montpellier

Tél. : 67 61 70 23 - Fax : 67 41 02 32

Fax sur le NEXT : 67 61 70 24

Alain Pavé, directeur adjoint

Université de Lyon I

Tél. : 72 44 81 42 - Fax : 72 44 84 66

Fax sur le NEXT : 72 43 11 68

Jacques Fontan

Université de Toulouse

Tél. : 61 55 68 71 - Fax : 61 55 31 20

Fax sur le NEXT : 61 55 60 48

Marcel Jollivet

Université de Nanterre

Tél. : 1 40 97 78 06 - Fax : 1 40 97 71 55

Fax sur le NEXT : 1 40 97 71 80

CHARGÉS DE MISSION

Jean-Marie Betsch

Muséum - Brunoy

Tél. : 1 60 46 48 51 - Fax : 1 60 46 57 19

Guy Meublat

Université Paris-Nord,

UFR de sciences économiques et de gestion

Tél. : 1 49 40 35 40 - Fax : 1 49 40 33 33

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES

Robert Barbault

ENS - Laboratoire de zoologie

Tél. : 1 44 32 36 97 - Fax : 1 44 32 38 85

Georges Vachaud

Institut de mécanique de Grenoble

Tél. : 76 82 50 70 - Fax : 76 82 50 01

Serge Vacqué

CNRS - Paris

Département des sciences pour l'ingénieur

Tél. : 1 47 53 11 26 - Fax : 1 40 62 70 76

Danièle Olivier

Département des sciences chimiques

Tél. : 1 47 53 13 01 - Fax : 1 40 62 71 31

Pierre Vermeulin

ESPCI - Département des sciences chimiques

Tél. : 1 40 51 20 13 - Fax : 1 40 51 21 48

Daniel Cadet

Département des sciences de l'univers

Tél. : 1 40 51 20 13 - Fax : 1 40 51 21 48

Jean-Marie Legay

CNRS - Paris

Département des sciences de la vie

Tél. : 1 47 53 15 24 - Fax : 1 45 55 65 99

Thérèse Saint-Julien

CNRS - Paris

Département des sciences de l'homme et de la société

Tél. : 1 47 53 10 35 - Fax : 1 47 53 18 88

Benjamin Dessus

CNRS - Meudon - PIRSEM

Tél. : 1 45 07 59 32

Claire Giraud

CNRS - Paris - Mission des relations internationales

Tél. : 1 47 53 12 56 - Fax : 1 47 53 00 55

PRESIDENTS DES COMITES

Phase atmosphérique des cycles biogéochimiques

Patrick Buat-Ménard

Université de Bordeaux

Tél. : 56 84 88 70 - Fax : 56 84 08 48

Aspects biosphériques du cycle hydrologique

Henri Décamps

Centre d'Ecologie des Ressources Renouvelables - CNRS - Toulouse

Tél. : 61 25 40 87 - Fax : 61 55 05 55

Ecosystème - PIGB : Bernard Saugier

Université de Paris XI - Orsay

Tél. : 69 41 71 36 - Fax : 64 46 19 92

Systèmes ruraux : Bernard Hubert

INRA - Centre de recherche d'Avignon

Tél. : 90 31 61 88 - Fax : 90 31 62 49

Environnement, société et développement à long terme

Marie-Angèle Hermitte

Méthodes, modèles et théories : Paul Nival

Station zoologique de Villefranche-sur-Mer

Tél. : 93 76 38 14 - Fax : 93 76 38 34

DIRECTEURS DES POLES

René Bardin

Pôle rhodano-alpin

Université de Lyon I

Tél. : 72 44 80 00 - Fax : 72 44 84 66

Bernard Delay

Pôle méditerranéen

Université de Montpellier II

Tél. : 67 14 35 97 - Fax : 67 04 20 32

Paul Trehen

Pôle armoricain

Station biologique de Paimpont

Tél. : 99 07 81 81 - Fax : 99 07 80 89

Lothaire Zilliox

Pôle continental

IFARE - Strasbourg

Tél. : 88 28 67 96 - Fax : 88 28 67 95

EQUIPE TECHNIQUE AU CNRS A MONTPELLIER

Secrétariat : Véronique Ansquer Tél. : 67 61 33 02

Communication-Documentation :

Nicole Jean

Tél. : 67 61 33 04

EQUIPE TECHNIQUE AU CNRS A PARIS

Secrétariat : Rose Mary Quinn Tél. : 1 47 53 15 35

Gestion - Coordination des comités scientifiques :

Evelyne Brun

Tél. : 1 47 53 15 44

**Si vous souhaitez recevoir régulièrement
la Lettre du Programme Environnement du CNRS**

retournez ce bulletin à l'attention de :

**Nicole Jean
CNRS, Programme Environnement
1919, route de Mende, BP 5051
34033 Montpellier Cedex 1**

Nom

Fonction

Adresse

.....

Nom et adresse de votre unité de recherche

.....

Direction scientifique dont vous dépendez

(pour les unités propres ou associées au CNRS)



La Lettre du Programme Environnement n° 11 qui paraîtra en septembre 1993 sera plus spécialement consacrée aux activités des équipes du Programme Environnement : résultats scientifiques, rapports de mission, comptes rendus de séminaires, etc.

Faites-nous parvenir vos informations avant le 15 juillet.

Les auteurs travaillant sur traitement de texte et logiciels de dessin sont invités à envoyer les disquettes des fichiers correspondants (PC ou Mac).

Contact : Nicole Jean
Programme Environnement CNRS
BP 5051
34033 Montpellier Cedex 1
Tél. : 67 61 33 02

**Les Journées 1994 du Programme Environnement du CNRS
29, 30 et 31 mars 1994 – Le Corum, Montpellier**

***Environnement, recherche et société :
enseignement, communication, culture, expertise***

Appel à idées et à contributions

Bulletin de préinscription

Nom

Prénom

Organisme

Fonction

Adresse

Tél.

Fax

• Envisage de participer aux Journées 1994 du Programme Environnement du CNRS :

oui

non

• Est plus particulièrement intéressé par les sujets concernant :

l'enseignement

la communication

la culture

l'expertise

autres (précisez)

• Envisage de présenter une communication :

oui

non

Si oui, précisez le sujet :

.....

Date

Signature

**à renvoyer avant le 15 juillet 1993 à Nicole Jean
Programme Environnement du CNRS
1919, route de Mende, 34033 Montpellier Cedex 1
Tél. : 67 61 33 02**



Les Journées 1994 du Programme Environnement du CNRS
29, 30 et 31 mars 1994 – Le Corum, Montpellier

**Environnement, recherche et société :
enseignement, communication, culture, expertise**

**Appel à idées et à contributions
Bulletin de préinscription**

à renvoyer avant le 15 juillet 1993 à Nicole Jean
Programme Environnement du CNRS
1919, route de Mende, 34033 Montpellier Cedex 1
Tél. : 67 61 33 02

Les Journées 1994 du Programme Environnement du CNRS 29, 30 et 31 mars 1994 – Le Corum, Montpellier

Environnement, recherche et société : enseignement, communication, culture, expertise

Les problèmes relatifs à l'environnement mettent directement les scientifiques en rapport avec la société. La plupart des questions soulevées trouvent leur origine dans les résultats de recherche. Les scientifiques se trouvent donc tout naturellement sollicités, non seulement pour enseigner, mais aussi comme experts pour aider à la prise de décision politique. Ils sont également fréquemment amenés à participer aux activités des médias (presse, radio, télévision) dans le domaine de l'environnement. Les problèmes d'environnement sont devenus des enjeux politiques tant au plan international que national. Ils mettent en jeu les opinions publiques. Ils posent la question des comportements individuels et collectifs et de leurs transformations.

Le travail de recherche ne peut donc pas se faire en ignorant ces dimensions. On évoque souvent à ce propos la responsabilité des chercheurs et la dimension éthique des problèmes d'environnement.

L'objectif des prochaines Journées du Programme Environnement est de fournir à tous les chercheurs concernés, quelle que soit leur discipline, une occasion de réflexion scientifique sur ces questions qui donnent trop facilement lieu à des exploitations idéologiques et moralisatrices.

Les questions posées visent directement les fondements du travail scientifique. Elles portent sur l'intérêt, et en particulier l'utilité, des recherches que l'on fait (il faut pouvoir les justifier), sur la façon de diffuser de l'information en respectant les règles fondamentales de la démarche scientifique (comment tout à la fois vulgariser des résultats de recherche et en préserver le caractère toujours conjectural et controversable ?), sur la façon même de poser un problème de recherche (comment tout à la fois tenir compte de la "demande sociale" et garder par rapport à elle le recul qui s'impose ?), sur la fonction d'expertise (ses spécificités, ses rapports avec la fonction de recherche, etc.).

Répondre à ces questions est une tâche aujourd'hui primordiale : les scientifiques ne peuvent ni les récuser, ni les ignorer ; ils doivent construire les bases d'une doctrine touchant l'exercice de leur métier et les rapports entre la science et la société que celui-ci met en cause et qui sont d'ailleurs de plus en plus remis en cause.

Ces réponses ne s'improvisent pas. Elles supposent un travail d'analyse rigoureux, objectif et collectif, fondé sur une démarche informée, éclairée par des observations et soumise au débat. L'expérience personnelle est un point de départ certes utile, mais qui doit être nécessairement dépassé, confronté à d'autres expériences et à d'autres données.

Celles-ci ne peuvent pas venir des chercheurs seuls. Dans leurs relations avec la société, ils sont en effet confrontés aux multiples spécialistes de l'information, de la communication et des médias, de l'expertise. Par ailleurs, le "message" scientifique, dans la mesure où il sort du domaine strict de la communauté scientifique pour entrer dans celui

de la société prise dans son ensemble, devient une composante de la culture générale de cette société. L'interprétation de l'information scientifique et par conséquent sa formulation – dans la mesure où celui qui la formule cherche à lui donner la forme qui lui paraît la plus recevable par le public visé – dépendent de cette culture. De ce point de vue, le travail des chercheurs entre en composition avec celui de tous ceux qui contribuent à l'élaboration de cette culture : enseignants, artistes de tous les domaines, hommes de lettres, etc., ainsi que tous les spécialistes de l'information déjà évoqués. C'est donc à travers un débat aussi largement ouvert que possible sur cet univers culturel que les chercheurs ont à définir leur propre point de vue.

Il convient en particulier de s'interroger sur le rôle de l'enseignement, d'une part, dans l'éducation à l'environnement, d'autre part, dans la formation de tous ceux qui seront amenés à jouer un rôle dans le domaine de l'environnement.

Les prochaines Journées du Programme Environnement offriront l'occasion de traiter de ces problèmes afin de mieux définir les rôles et contraintes spécifiques des uns et des autres, de préciser les conditions d'exercice des responsabilités de chacun et tout particulièrement de celles des chercheurs, en la matière.

Ces Journées sont donc ouvertes à tous ceux qui, à un titre ou à un autre, interviennent dans ces domaines : chercheurs de toutes disciplines travaillant sur des questions d'environnement, chercheurs travaillant dans le domaine de la communication, enseignants, journalistes, publicistes, cinéastes, artistes et hommes de lettres, spécialistes de l'information scientifique et de la formation, etc.

Dans le cadre du thème général des relations chercheurs-sociétés, dans le domaine de l'environnement, les contributions et les débats pourront donc concerner, parmi d'autres, les sujets suivants :

- recherche et formation
- recherche et communication
- recherche et expertise
- recherche et culture

Cette liste est ouverte...

Ce texte est un premier appel à idées et à contributions. Nous vous demandons de manifester votre intérêt et vos propositions (un résumé de 20 lignes environ) avant le 15 juillet 1993 en renvoyant le bulletin joint à la présente Lettre.

Les propositions s'appuyant sur des études de cas (qualité des produits, pollution par les lessives, controverses sur les changements globaux, accidents technologiques...) seront les bienvenues.

Journées organisées avec la participation de la Mission de la communication et de l'information scientifique du CNRS (MICIST), de la Fondation pour le progrès de l'homme (FPH), de l'Association des universités partiellement ou entièrement de langue française (AUPELF).

LES JOURNÉES 1994 DU PROGRAMME ENVIRONNEMENT DU CNRS

Organisées avec la participation
de la Mission de la communication et de l'information scientifique du CNRS (MICIST),
de la Fondation pour le progrès de l'homme (FPH),
de l'Association des universités partiellement ou entièrement de langue française
et des Universités des réseaux de langue française (AUPELF-UREF).

ENVIRONNEMENT, RECHERCHE ET SOCIÉTÉ : enseignement, communication, culture, expertise

Première annonce
(argumentaire au dos)

**29, 30 et 31 mars 1994,
Palais des Congrès – Le Corum,
Montpellier**

Contact :

Nicole Jean
Programme Environnement, CNRS
BP 5051
34033 Montpellier Cedex 1
Tél. : 67 61 33 04 – Fax : 67 04 50 11