

ORSTOM

Département "Eaux Continentales"

CONFERENCE-DEBAT

Jeudi 8 mars 1990

**LE ROLE DE L'HYDROLOGIE
DANS LA GESTION
DES "GRANDS SYSTEMES D'EAU"**

ANIMATEUR :

Bernard **POUYAUD**, Directeur Délégué, D.E.C.

CONFERENCIERS :

J. CUNGE, Directeur scientifique du LHF, Grenoble,
B. DEME, Directeur des Infrastructures de l'OMVS, Dakar,
M. DUBAND, Chef du Service Ress.en Eau (DTG-EDF), Grenoble,
G. LEMOIGNE, Senior Advisor, Banque Mondiale, Washington,
C. LEVEQUE, Département Eaux Continentales, Paris,
F. MONIOD, Président de la Commission Hydrologie de l'ORSTOM,
M. POINT, Professeur d'Université, CNRS, Bordeaux,
J. RODDA, Directeur de l'Hydrologie à l'OMM, Genève,
Dr.SAMBA, Directeur du Projet OMS-OCP, Ouagadougou.

TEXTE DE PRESENTATION GENERALE :

Par "*grands systèmes d'eau*" nous désignons les systèmes naturels constitués par les grands fleuves, leurs affluents et leurs bassins versants, mais aussi les interactions entre ces milieux et les aménagements hydrauliques qui les équipent, ainsi qu'avec les sociétés humaines qui s'y sont développées. En Europe et dans les pays développés, la norme est presque partout celle de "*systèmes aménagés*" : ces aménagements sont le plus souvent le résultat d'une longue histoire avec ce que cela comporte de succès, mais aussi de drames et de cicatrices irrémédiables sur le milieu. Dans le monde tropical au contraire, et en Afrique en particulier, tout reste encore le plus souvent à faire : il n'est pas encore trop tard pour bien faire ; l'aménagiste a donc, plus encore qu'ailleurs, toujours son mot à dire, et la maîtrise de l'eau reste la priorité de tout développement intégré, soit parce que la ressource en eau est tragiquement déficitaire, soit au contraire parce que ses excès sont particulièrement dévastateurs. Cette maîtrise doit être appréhendée à l'échelle du système d'eau dans son ensemble : pour ce faire, à différents niveaux, les compétences de l'hydrologue sont indispensables :

- * les réseaux de mesures hydropluviométriques permettent l'acquisition des données de base nécessaires, stockées dans des banques de données informatisées : il faut installer, entretenir et gérer ces réseaux et ces banques de données,
- * la modélisation des phénomènes naturels observés, l'intégration dans ces modèles des aménagements projetés et la simulation de leurs effets sur les régimes naturels, puis l'extrapolation des résultats de ces modélisations à des occurrences statistiques envisagées par les projets permettent de décider du meilleur scénario pour l'objectif escompté.

A la faveur de projets où se trouve engagée l'Hydrologie de l'ORSTOM, cette conférence s'attache à présenter les diverses facettes, parfois très fondamentales ou au contraire très appliquées, du travail des chercheurs et ingénieurs hydrologues. Les programmes suivants, qui associent l'ORSTOM à des partenaires nationaux, régionaux ou internationaux, seront à cette occasion évoqués, sans que cette liste soit limitative :

- * Le projet OMVS de gestion du barrage de MANANTALI sur le fleuve SENEGAL,
- * Le projet HYDRONIGER et ses développements futurs,
- * Le programme "Delta Central du NIGER",
- * Le réseau de télétransmission de données hydrologiques sur le fleuve CONGO,
- * Les projets "chinois" du Département "Eaux Continentales" au XINJIANG et sur le Fleuve JAUNE.

Des représentants d'autres disciplines, évidemment associées à la gestion des "grands systèmes d'eau", comme des biologistes du milieu aquatique, des économistes, des spécialistes de la santé, sont associés aux débats. La discussion pourra ainsi se développer autour d'une approche multidisciplinaire abordant des solutions, qui autorisent un développement équilibré de ces systèmes d'eau situés dans un environnement encore presque indemne. Les erreurs et donc les acquis du passé, obtenus sous d'autres cieux, peuvent être à cet égard d'une aide précieuse.

LA CONFERENCE :

La conférence s'est déroulée comme suit :

1ère Partie : Introduction.

B. POUYAUD :

- Présentation des personnalités siégeant à la table ronde, et introduction générale :

Merci d'être venus si nombreux, parler de systèmes d'Eau ! Certes l'Ecologie est à l'honneur et beaucoup s'intéressent au devenir de nos grands fleuves : rappelons-nous, par exemple, le récent débat national sur la Loire avec ou sans barrages, ou encore les récentes crues dévastatrices qui ont ravagé certaines parties de nos pays, pourtant dits tempérés, d'Europe ! Les fleuves auxquels les hydrologues de l'ORSTOM sont statutairement confrontés, sont quant à eux encore le plus souvent préservés, mais leur équipement va vite et il n'est que temps de s'en préoccuper.

- Le thème de cette conférence, sera le rôle de l'hydrologie dans la gestion des Grands Systèmes d'Eau, mais il n'y a pas que des hydrologues à la tribune : nous nous sommes au contraire efforcés de rassembler un échantillon représentatif des différents acteurs de la gestion des ressources en eau.

Aux cotés de :

F.MONIOD, Président de la Commission Hydrologie de l'ORSTOM,

et

C.LEVEQUE, le co-responsable "hydrobiologiste" du Département Eaux Continentales,

nous avons ainsi pu réunir autour de cette table, et nous les en remercions, compte tenu de leurs emplois du temps chargés, qu'ils ont bien voulu modifier pour nous :

J. CUNGE,	Directeur scientifique du LHF, Grenoble,
B. DEME,	Directeur des Infrastructures de l'OMVS, Dakar,
M. DUBAND,	Chef Service Ress. en Eau (DTG-EDF), Grenoble,
G. LEMOIGNE,	Senior Advisor, Division de l'Agriculture et des Ressources en Eau, Washington,
M. POINT,	Professeur d'Université, CNRS, Bordeaux,
J. RODDA,	Directeur de l'Hydrologie à l'OMM, Genève,
Doct. SAMBA,	Directeur du Projet OMS-OCP, Ouagadougou.

Nous nous proposons d'organiser cette conférence polyphonique de la façon suivante :

- * tout d'abord, durant 1 heure à 1h30, se développera la conférence elle-même, qui verra les personnes présentes à cette table expliciter tour à tour leur vision de la gestion des grands systèmes d'eau, à travers leur expérience personnelle, ou celle de leur entreprise ou organisation. L'échantillon est assez large pour que vous ayez une représentation diversifiée de ce sujet complexe ! Dans cette première phase, nous souhaiterions ne pas donner la parole à la salle, pour gagner du temps et arriver plus vite à la deuxième phase, consacrée à une discussion approfondie, où chacun pourra prendre la parole. Evidemment, si quelqu'un veut absolument prendre la parole pour porter la contradiction à l'un des conférenciers, les usages démocratiques de cette maison feront que nous la lui accorderons !
- * Ensuite, donc, commencera le débat, que nous souhaitons organiser autour de 3 sujets principaux et successifs :

- 1)- **L'évolution de la ressource en eau et les moyens de la prévoir, de la maîtriser et de la gérer.**
- 2)- **L'évolution des demandes et la gestion des conflits entre utilisateurs concurrents.**
- 3)- **Quelle est l'expérience des pays du Nord utilisable pour le développement des Systèmes d'Eau encore presque naturels et préservés de l'espace tropical.**

1/2 heure pourra être consacrée à chacun de ces 3 sujets et aux questions diverses.

Je vous propose donc d'attaquer cet ordre du jour, riche mais chargé, en passant la parole à Monsieur Guy LEMOIGNE, qui est le responsable d'un service de la Banque Mondiale, "Agriculture et Ressources en Eau", consacré entre autres à la planification des ressources en eaux à l'échelle de pays ou de bassins fluviaux entiers, service appartenant au Département "Agriculture et Développement Rural" de la Banque. Il est, mieux que personne, capable de placer en perspective pour nous le thème d'aujourd'hui.

G. LEMOIGNE :

- La planification des Ressources en Eaux, le point de vue de la Banque Mondiale

Vous m'avez demandé de limiter mon temps de parole entre cinq et dix minutes. Sur un sujet aussi vaste c'est un peu difficile, surtout devant des gens aussi compétents, aussi vais-je me limiter à quelques remarques.

Vous m'avez demandé de parler de la planification des ressources en eau, du point de vue de la Banque Mondiale et je voudrais tout d'abord préciser que, depuis la réorganisation de la Banque Mondiale en 1987, il est assez difficile de parler du "point de vue de la Banque Mondiale", car à la limite il y aurait presque autant de points de vue qu'il y a de départements géographiques à la Banque Mondiale, c'est à dire 19, répartis en quatre régions.

Chaque région dispose d'un département technique, qui est chargé d'assurer une certaine coordination au sein de sa région, mais nous avons en plus un département central et une vice-Présidence, chargée de la politique sectorielle et de la promotion de la recherche appliquée; c'est à cette vice-présidence que j'appartiens.

L'étude et la gestion des ressources en eau ne font pas encore systématiquement partie d'une politique intégrant de façon pluridisciplinaire les besoins, différents et pourtant sans cesse croissants et conflictuels, des utilisateurs. Cela tient à ce qu'au sein de la Banque nous avons des divisions séparées qui sont chargées, soit de l'agriculture, de l'infrastructure, de l'industrie et de l'énergie, ou encore du développement des ressources humaines, comprenant notamment les aspects liés à la santé et à la croissance démographique. Cette division du travail et des responsabilités, que l'on trouve souvent dans les pays en développement, ne facilite justement pas toujours un développement harmonieux et une gestion efficace des ressources en eau.

La Banque Mondiale tout de même prend de plus en plus conscience que l'eau est une ressource naturelle, dont l'exploitation devient de plus en plus coûteuse et qu'il serait souvent nécessaire d'avoir une bien meilleure connaissance de sa disponibilité et de sa qualité, pour en permettre une utilisation "soutenable". Je dis "soutenable" parce qu'à la Banque Mondiale on emploie sans arrêt le mot "sustainable", et j'ai récemment entendu Monsieur LALONDE, le Ministre de l'Environnement dire qu'en FRANCE il faut dire "soutenable", tant sur le plan économique qu'écologique.

C'est ainsi que dans cette nouvelle approche de la Banque, un certain nombre de départements géographiques ont créé en leur sein des comités de coordination et que notre vice-Président, chargé de la politique sectorielle, m'a récemment confié la tâche d'assurer une certaine coordination de notre politique pour la mise en valeur des ressources en eau. Il m'a en particulier demandé de préparer en collaboration avec mes collègues des régions, et avec l'assistance d'organismes spécialisés tels que l'OMM et d'autres experts internationaux, un rapport proposant une politique de la Banque Mondiale pour permettre une utilisation plus harmonieuse des ressources en eau. D'ailleurs, pour la préparation de ce rapport, j'espère pouvoir faire appel dans un proche avenir aux compétences d'un certain nombre d'entre vous et je remercie M. POUYAUD de m'avoir donné l'occasion de les rencontrer aujourd'hui.

Je voudrais vous indiquer quelques uns des projets que nous avons en cours de réalisation pour améliorer l'hydrologie dans un certain nombre de pays et évoquer les besoins en recherche appliquée qu'il me paraît nécessaire de traiter dès aujourd'hui :

Le projet le plus important en cours de réalisation dans le domaine de l'hydrologie est celui de l'évaluation des données en eaux de surface et souterraine pour les pays de l'Afrique subsaharienne. Ce projet est financé par la Banque Mondiale, le PNUD, la Banque Africaine, le Fonds Européen pour le Développement et le Ministère Français de la Coopération. Il bénéficie de la coopération technique de l'OMM et de l'UNESCO. Il a pour objectifs principaux de faire pour chacun des 45 pays de l'Afrique Subsaharienne un inventaire qualitatif et quantitatif de la collecte, du traitement et de la publication des données hydropluviométriques et hydrogéologiques, d'examiner les lacunes éventuelles et, en fonction des priorités de développement des différents pays, de faire des propositions pour combler ces lacunes tant sur le plan technique qu'institutionnel, y compris par la définition des besoins en formation. A ce propos, nous nous sommes en effet aperçus que dans de nombreux pays, les réseaux de mesure permettant l'acquisition des données de base nécessaires à la formulation des projets de développement, sont souvent endommagés, rarement lus correctement, et les résultats disponibles ne sont pas souvent stockés dans des banques de données informatisées. Par suite on ne dispose pas d'annuaires hydrologiques et on a peu d'études monographiques permettant l'interprétation des données en fonction des besoins des utilisateurs. Or, l'introduction dans ces pays de nouvelles techniques de télétransmission satellitaire avec leur potentiel pour améliorer la coopération régionale au sein des grands bassins versants, nécessitera bien sûr, outre la fourniture de matériels adéquats, une formation particulière pour l'installation, la gestion et l'entretien des réseaux et des banques de données. Sur le plan institutionnel il nous appartiendra d'aider les Gouvernements à mieux comprendre l'importance fondamentale de l'obtention de données hydrologiques fiables et disponibles et d'assurer une coordination adéquate des principales organisations chargées de la collecte de ces données. C'est une tâche qui n'est pas facile car il y a de très nombreuses organisations qui en sont chargées ; à Madagascar par exemple on en compte au moins 17. Le temps me manque pour vous parler davantage de ce projet mais je serai bien entendu à votre disposition pour essayer de répondre aux questions que vous pourriez avoir.

Je voudrais profiter des deux minutes qui me restent pour évoquer peut-être les besoins nouveaux auxquels à mon avis nous devons faire face dans les pays en développement. Il s'agit essentiellement de l'évaluation et du suivi de la qualité des eaux, tant des eaux de surface que des eaux souterraines. Le problème de la qualité des eaux dans les pays industrialisés est aujourd'hui tout à fait à l'ordre du jour, La presse française n'a pas manqué il y a quelques jours d'attirer l'attention sur les différents aspects de la pollution des eaux, notamment des eaux agricoles, et du coût élevé qu'il nous faudra payer pour lutter contre cette pollution, qu'elle soit agricole, industrielle ou humaine. Aux Etats-Unis il en est bien sûr de même et dans l'avion hier soir je lisais que l'Agence pour la protection de l'environnement vient de renforcer ses règlements pour protéger les eaux souterraines de la contamination. Cette nouvelle réglementation, d'après le Wall Street Journal, coûtera quelques 2 Milliards de Francs supplémentaires par an aux industries polluantes. Il est vrai que les américains qui ont le plus grand nombre d'avocats par tête d'habitant au monde, n'hésitent pas dans ce domaine à faire des procès. A titre d'anecdote, le même journal indique que, dans un certain nombre d'Etats des Etats Unis, la jurisprudence accordait dommages et intérêts aux habitants qui se plaignent d'avoir souffert moralement du risque de maladie, et tout particulièrement du cancer, causé en particulier par la pollution des eaux souterraines, alors même que les tests médicaux prouvent qu'ils ne sont pas atteints !.. La plupart des pays en développement n'en sont pas là, mais les problèmes de pollution de l'eau sont déjà très importants et sont appelés à le devenir dans la plupart des pays d'ici l'an 2000. L'accroissement démographique mondial, avec une augmentation d'un milliard d'ici l'an 2000, et dans le meilleur des cas d'au moins 3 Milliards à l'an 2015, va se traduire par une urbanisation galopante, accompagnée d'une très forte industrialisation et tout cela va accroître les problèmes de pollution de l'eau et nécessiter une action très importante d'évaluation et de suivi des traitements d'épuration. Le problème de la pollution dans le bassin méditerranéen fait déjà depuis quelques années l'objet de nombreuses études et une conférence, organisée à Paris en décembre dernier par la Banque Mondiale et la Banque Européenne d'Investissements, a proposé un plan d'action ainsi qu'un financement pour préparer des projets qui protégeront l'environnement notamment contre la pollution des eaux.

Le problème de la pollution des eaux est aussi bien connu dans quelques grandes villes comme Pékin ou Mexico, et tous les experts prévoient un accroissement majeur de cette pollution tant dans les zones urbaines que rurales. La conférence des Nations Unies de Mar del Plata, en 1977, avait bien proposé une intensification des programmes d'évaluation de la pollution mais ainsi que me le signale Monsieur le Président de l'association Internationale des Ressources en Eau, les progrès en ce domaine ont été quasiment inexistant. Il est vrai que l'évaluation et le suivi de la "qualité" des eaux sont plus compliqués et plus coûteux, qu'en ce qui concerne la

"quantité". Il existe un certain degré de suivi de la qualité des eaux pour les centres urbains mais, sauf pour la mesure de la salinité, il n'y a généralement pas d'évaluation de la qualité des eaux utilisées pour l'agriculture. M. Il pense que s'il existe des règlements dans la plupart des pays, il n'existe pratiquement pas aujourd'hui de système d'évaluation et de suivi de la qualité des eaux, pour l'irrigation notamment, et que par suite il n'est pas surprenant que ces règlements ne puissent être appliqués. Il propose qu'un programme de recherche soit établi pour mettre au point une méthodologie qui établisse un réseau fiable de paramètres de qualité des eaux qui devraient être mesurés aux différentes stations, assorti d'une fréquence de mesures à ces stations, mais aussi de la création de compétences locales pour faire ces mesures et assurer leur dissémination aux utilisateurs potentiels et aux décideurs. Or les aspects juridiques du contrôle de la qualité ont aussi besoin d'être réexaminés, car si les normes américaines ou européennes sont utiles pour les zones à climat tempéré, elles ne s'appliquent pas telles quelles aux zones tropicales ou semi-tropicales des pays en développement. Je crois qu'il y a là un nouvel axe de recherche qui mérite de recevoir l'attention des spécialistes que vous êtes, et aussi des bailleurs de fonds, pour soutenir les programmes que vous pourriez être amenés à leur proposer. Je vous remercie beaucoup d'avoir eu la patience de m'écouter.

B POUYAUD :

Je vous remercie M. LEMOIGNE de cette excellente introduction à nos débats. Je passe maintenant la parole à M. Frédéric MONIOD, qui est Président de la Sous-Commission Hydrologie de l'ORSTOM. Comme vous le savez, elle est la gardienne des traditions scientifiques de Recherche sur l'Hydrologie des grands fleuves tropicaux, qu'initièrent nos grands devanciers Jean RODIER, Marcel ROCHE et P. DUBREUIL. Frédéric MONIOD va nous présenter le point de vue des hydrologues, au moins ceux de l'ORSTOM, sur ce que nous appelons la gestion des grands systèmes d'eau.

F. MONIOD :

- Le point de vue des hydrologues sur l'aménagement des Grands Systèmes d'eau.

Ce que l'on peut tirer de la connaissance des mécanismes de la transformation des pluies en débits et du régime d'écoulement des cours d'eau, c'est l'évaluation de la ressource en eau de surface. Or cette ressource est éminemment variable dans le temps et dans l'espace. Sa variation spatiale dépend intimement de l'organisation géographique du réseau d'écoulement, c'est à dire du réseau hydrographique, et sa variation temporelle est régie, initialement tout au moins, par les fluctuations saisonnières et les variations aléatoires des précipitations.

Dans un grand système hydrologique, la ressource en eau se détermine donc en chacun des points d'impact choisis, qui sont les sites projetés pour l'implantation des aménagements. Elle se définit sous la forme de caractéristiques statistiques des éléments du régime, comme les apports, les crues, les étiages, ainsi que leurs irrégularités. Mais les liaisons hydrauliques du système imposent en permanence la concomitance et la cohérence des fluctuations de l'écoulement dans tout ce réseau.

Les aménagements hydrauliques ont pour fonction d'exploiter la ressource qui les traverse, souvent en la modulant dans le temps, au moyen de retenues de stockage, d'écrêtage, de régularisation etc. La modulation artificielle du régime qui est opérée par exemple en un point du réseau, les prélèvements et les restitutions d'eau qui s'y produisent, modifient les caractéristiques de la ressource dans tout le cours d'eau, en aval de ce point. Les ressources en eau se déterminent donc, point par point, et dans un état figé du complexe physique du système d'eau, puisque toute évolution de cet état entraîne une évolution des caractéristiques de la ressource. L'état figé le plus commode à définir, c'est l'état naturel, c'est à dire un réseau d'où est exclu tout aménagement hydraulique. En outre, l'évaluation de la ressource ne peut porter que sur des données concomitantes en chacun des points d'impact. Elle se fera donc en tout point sur une même période de plusieurs décennies, aussi longue que possible, pour être représentative du régime, et pour cette période les écoulements naturels auront été reconstitués, si c'est nécessaire.

Destinés à satisfaire des besoins en eau, en exploitant la ressource, les aménagements hydrauliques sont généralement figés eux-aussi dans leurs dimensions, dans leur architecture et dans leur mode de fonctionnement ; mais il n'en reste pas moins que le système dans son ensemble est souvent aménagé par tranches successives d'équipement qui s'étalent sur de très longues années, parallèlement les besoins en eau, qu'ils sont chargés de satisfaire, évoluent d'année en année de manière d'ailleurs toujours croissante face à une ressource en eau qui, elle, reste ce qu'elle est.

La confrontation des ressources aux besoins, c'est l'épreuve de vérité qui permet d'adapter pas à pas les performances des aménagements projetés au rôle qui leur est dévolu. Les performances s'expriment en termes de probabilité, de défaillance à la demande, et se mesurent en termes économiques. Pour confronter les ressources aux besoins, on modélise le fonctionnement du système d'eau dans chacune des phases successives de son équipement. Donc à différents horizons choisis de la prospective, horizons où sont fixés l'état de l'équipement et le niveau des besoins à satisfaire, on simule le fonctionnement du système durant toute la période ayant servi à évaluer la ressource afin de déterminer à chacune de ces échéances, et en termes de probabilité, le niveau des performances constatées.

On peut voir sur ce graphique par exemple qu'au cours des quatre horizons H1, H2, H3, H4, les performances sont tout à fait admissibles, mais que probablement, dans les 5 ou 10 années qui suivront, on va dépasser la limite admissible et par conséquent il faudra prévoir autre chose, un nouvel aménagement, à partir de l'année 2010.

Ainsi, à partir d'un plan d'aménagement et sur la base de la prévision des besoins à satisfaire, on peut juger, pour y remédier le cas échéant, de l'efficacité du projet à chacune des étapes de son développement.

Je vous remercie.

Bernard POUYAUD :

Merci Frédéric. On a donc fait avec ces deux premières interventions une introduction générale au débat ; maintenant je voudrais que l'on entre plus dans les détails et qu'on commence par parler de l'évaluation, puis de la modélisation de la ressource en eau. Pour cela nous avons la chance d'avoir ce soir parmi nous, M. John RODDA, Responsable à l'OMM de l'Hydrologie : qui, mieux que lui, pourrait nous définir l'importance mondiale d'une bonne évaluation de la ressource en eau grâce à des réseaux hydrologiques performants ?

J. RODDA :

- Les Réseaux hydrométéorologiques, le rôle de l'OMM.

Merci M. le Président. Mesdames et Messieurs, bien que j'aie fait beaucoup de discours au nom de l'OMM, c'est la première fois que je me risque à parler en français. J'espère que vous pourrez me comprendre.

Il pourrait paraître étrange à certains d'entre vous que l'OMM soit active dans le domaine de l'Hydrologie et des ressources en eau. Mais l'OMM conduit un très important Programme sur l'Hydrologie et les Ressources en Eau, le PHRE.

Depuis 1975, la convention de l'OMM a été amendée pour précisément inclure les phrases suivantes : "encourager les activités dans le domaine de l'hydrologie opérationnelle et favoriser une étroite coopération entre les services météorologiques et les services hydrologiques".

Je rappellerai quand même qu'avant 1975, pendant les années 60 donc, l'OMM avait déjà commencé un programme d'Hydro-météorologie. Le PHRE est un des grands programmes scientifiques de l'OMM, dont les activités sont guidées par la Commission d'Hydrologie, qui a tenu sa dernière séance à Genève en octobre 1988. Ces activités ont pour but d'encourager les services hydrologiques dans leurs opérations de gestion journalières. Ces opérations concernent plusieurs sujets, depuis la planification des réseaux jusqu'à la diffusion d'informations pour la communauté dans son ensemble. Le PHRE fonctionne grâce à un système de rapporteurs, de groupes de travail, de projets scientifiques, de conférences techniques, et aussi grâce à la méthode des transferts de technologie, appelée "SHOFM", qui est un sous-programme hydrologique opérationnel à fins multiples.

Les grandes parties de ces activités sont publiées par l'OMM dans le cadre des rapports scientifiques. Je ne vous citerai ici que les exemples d'activités menées par la France et l'OMM dans le domaine du PHRE. M. Marcel ROCHE, l'ancien chef du Service Hydrologique de l'ORSTOM, est le rapporteur du Guide des Pratiques Hydrologiques, du Règlement Technique et du Manuel de Référence de SHOFM. M. Roche est également secrétaire du groupe de travail chargé de la révision du glossaire international hydrologique, qui contient tous les termes hydrologiques et hydrogéologiques en anglais, français, russe et espagnol. Nous comptons dans le courant

de l'année réunir ce groupe de travail à Genève pour finaliser la deuxième édition du glossaire. Cette tâche est une contribution majeure aux activités de l'OMM dans le cadre de ses travaux de normalisation et de réglementation.

En 1987, le Colloque International de Télémessure et Transmission des données hydrologiques a eu lieu à Toulouse. Ce colloque était organisé conjointement par l'OMM et le Gouvernement français et d'autres organisations françaises, avec un grand nombre de spécialistes nationaux et internationaux.

Les trois thèmes étudiés étaient les suivants : la technologie de la télémessure et les systèmes de transmission, l'expérience des services hydrologiques dans l'utilisation des systèmes et les problèmes posés par ces systèmes notamment dans les pays en développement. Ce colloque a été un grand succès et son compte rendu a été une contribution importante aux progrès de l'hydrologie.

Le sous-programme hydrologique opérationnel à fins multiples, SHOFM, a commencé en 1981 pour aider les pays en développement au moyen de transferts de technologie. Il comporte des composantes sous forme de description des instruments hydrométriques, de manuels techniques et de programmes informatiques. Chaque composante est publiée dans le manuel de référence du SHOFM. Ce manuel est distribué aux 108 centres nationaux de référence pour le SHOFM à travers le monde. Le centre français de SHOFM est installé au Ministère de l'Environnement et a fourni 14 composantes au SHOFM pour transfert.

Il existe d'autres domaines où les hydrologues français ont apporté leur soutien et leur aide au PHRE, par exemple dans le projet de comparaison de fonctionnement simulé de modèles hydrologiques en temps réel, dans le cadre du Programme Climatologique Mondial Eau et par des données pour le groupe Global Runoff Data Center, qui est situé à l'Institut Fédéral d'Hydrologie à Coblenze.

J'ai parlé de projets scientifiques qui sont financés par les budgets réguliers provenant des contributions des 160 membres de l'OMM. Mais il y existe aussi un budget spécial pour l'assistance technique.

Parmi les projets d'assistance technique dispensés par l'OMM, on compte actuellement environ 20 projets relatifs à l'hydrologie. Ces projets sont financés par le PNUD et on peut estimer que 40% des projets classiques guidés par l'OMM sont des projets hydrologiques. Il y a quelques projets spécifiques auxquels participent les experts français. Le projet HYDRONIGER en est l'exemple principal. Mais il y a aussi des projets au Maroc, en Algérie et dans quelques autres pays.

Pour conclure, j'espère que dans le futur une plus grande collaboration encore pourra s'établir entre l'OMM et les hydrologues français, au bénéfice de chacun, et par conséquence de l'hydrologie en général.

Bernard POUYAUD :

Merci M. RODDA d'avoir fait l'effort méritoire de nous parler en français pendant 10 minutes. Votre message était on ne peut plus compréhensible.

B. POUYAUD :

- La télétransmission satellitaire au service d'une Veille Hydrologique Mondiale.

Il me revient maintenant de vous présenter, à titre d'illustration précisément de ce que vous venez de dire, et parce que nous sommes à l'ORSTOM, les contributions de l'ORSTOM en matière de gestion de réseaux modernes incluant la télétransmission.

Pour cela je voudrais tout d'abord vous montrer deux transparents qui font l'état des installations de balises télétransmises, auxquelles a participé l'ORSTOM, de loin ou de près.

Je commencerai par l'Amérique Latine où existent un certain nombre de réseaux, le premier étant celui du Brésil, qui existe depuis plus de 5 ans, un réseau en projet en Guyane et le réseau existant de Guadeloupe. Mais évidemment, le continent où nous avons le plus travaillé, c'est bien sûr l'Afrique : vous avez sur ce transparent une synthèse des 245 balises qui sont installées, à un titre ou à un autre, en Afrique actuellement, avec le système ARGOS ou le système METEOSAT. Le but de la conférence d'aujourd'hui n'est pas de vous faire une description de ce qu'est METEOSAT ou de ce qu'est ARGOS, cela a déjà été fait plusieurs fois, mais on pourra certainement apporter dans le débat un certain nombre de précisions et aborder éventuellement d'autres possibilités, puisque j'aperçois dans la salle le spécialiste d'Ariane- Espace.

J'ai un autre transparent, peut-être plus explicite que le précédent, qui montre sur l'Afrique de l'Ouest l'ensemble des Bassins Versants, et surtout des programmes, qui sont concernés. Le plus ancien est celui que vous a présenté John RODDA tout à l'heure, le projet HYDRONIGER, qui représente 65 balises sur l'ensemble du fleuve Niger. Il y a également le projet OMVS, dont nous parlera M. DEME, et le gros projet OMS-OCP, qui gère plus de 100 balise ARGOS. Enfin des projets sont, ou déjà en fonctionnement avec METEOSAT comme les projets de gestion du barrage d'EDEA sur la Sanaga au Cameroun, ou bien en projet, comme celui sur l'ensemble du bassin du fleuve Zaïre que l'on met en place actuellement.

Avec le jeu de diapositives qui vont vous être présentées, j'ai essayé d'illustrer l'évolution des hydrologues au cours des 20 dernières années, en particulier ceux de l'ORSTOM :

Ce dont l'hydrologue a besoin, c'est le débit des cours d'eau, et pour ce faire on mesure sur de longues périodes les hauteurs d'eau, grâce à des appareils enregistreurs plus ou moins sophistiqués que l'on appelle des limnigraphes.

Voici des limnigraphes traditionnels, celui de la Volta Noire à Noubiel, un autre limnigraphe au Togo, voici l'intérieur d'un de ces limnigraphes traditionnels, ici muni d'un codeur avec une balise ARGOS en 1983-84, c'était l'ancêtre des premiers réseaux télétransmis. Voici enfin la station Hydroniger-type, puis la station OMS-OCP, dont nous parlera le Dr SAMBA tout à l'heure. On peut noter la différence de taille entre les deux appareils, permise par la miniaturisation de l'électronique et un changement de capteur avec l'adoption des capteurs piézorésistifs. Voici l'intérieur, avec côté gauche l'émetteur, côté droit toute l'électronique de mesure et de stockage de la donnée... Voici la même chose avec la méthodologie METEOSAT.

Une des originalités de ce qui a été installé, d'abord par l'OMM avec le projet Hydroniger, puis par l'ORSTOM et OMS-OCP, c'est d'utiliser des stations de réception directe. Au lieu de passer, ce qui est toujours difficile en Afrique, par Darmstadt pour Météosat ou par Toulouse pour ARGOS, les gestionnaires de ces réseaux de télétransmission ont la possibilité de recevoir les données en temps réel, les satellites jouant simplement le rôle de miroir en restituant directement l'information parvenant des balises installées au bord des cours d'eau. Voici la station de l'OMS à Lamakara, au nord-Togo, et pour M. RODDA la station de réception directe HYDRONIGER de Conakry. Des logiciels très conversationnels ont été mis en oeuvre, qui permettent de suivre l'ensemble des données télétransmises par le réseau, mais aussi de s'adapter si nécessaire à d'autres types de balises avec de nouveaux formats d'émission. Chaque couleur de cet écran représente un passage de satellite, les numéros sont ceux des balises reçues, tout ce qui commence par 95 se rapporte au projet Hydroniger, par 101 à OMS-OCP, etc. On peut donc préprogrammer toutes sortes de balises, quelles qu'elles soient, même si elles n'existent pas encore, le logiciel permettant de les intégrer ultérieurement. Voici enfin les types de tableaux, sur lesquels figurent les données récupérées : ici une balise complexe, où il y a à la fois de la pluie et de la limnimétrie. En effet jusqu'à présent je vous ai montré des limnigraphes, mais il y a également des pluviographes, ou tout autre type d'appareils, qui fonctionnent de la même façon. Ici le pluviographe, qui fonctionne depuis plusieurs années, en haut du volcan de la Soufrière, en Guadeloupe, sous plusieurs mètres de pluie, ce qui explique sa coloration. Voici un autre exemple à Nouméa.

Pour résumer, actuellement 250 balises télétransmises existent en Afrique, c'est l'ébauche d'un réseau de "Veille Africaine Hydrologique", que nous souhaiterions voir institutionnaliser avec par exemple comme partenaires sur place, AGRHYMET à Niamey ou le CIEH à Ouagadougou. Nous estimons que cela pourrait être une contribution majeure de l'Observatoire du Sahara et du Sahel, en phase de mise en place, qu'il faudrait compléter par un réseau climatologique.

Je vais maintenant passer la parole à M. CUNGE, Directeur Scientifique du Laboratoire d'Hydraulique de France, à Grenoble, qui va nous parler de modélisation et de simulation d'ouvrages.

J. CUNGE :

- Modélisation fluviale et simulation d'ouvrages.

Merci M. le Président. Comme le temps est très limité, je vais rester étroitement dans mon sujet, en essayant de vous montrer des exemples d'applications qui concernent la modélisation fluviale et la définition des ouvrages au sens large du mot.

Vous verrez par ces exemples que, vu de l'extérieur, apparemment rien n'a beaucoup changé depuis 25 ans. Dans les faits au contraire, les choses ont énormément changé derrière ces images. Il y a eu un passage de l'artisanat

vers l'industrie, et on dispose maintenant, en matière de modèles hydrauliques et hydrologiques, d'outils industriels qui ont remplacé les outils d'artisanat ; il y a eu aussi un changement énorme dans l'élaboration de ces outils : on est passé de l'artisanat des premiers modèles créés par ces bureaux d'étude, à la production par des organismes spécialisés, qui sont les ingénieurs conseils d'une part, et les organismes de recherche d'autre part, qui peuvent regrouper ensemble des activités telles que l'informatique-modélisation et la modélisation physique.

Juste pour vous donner une idée de la complexité des nouveaux outils, ce code présenté ici représente environ 50 000 instructions de langage source et demande 2 à 10 années de travail. Il y a donc là une énorme évolution qui n'est pas forcément perceptible de l'extérieur.

Voici une première application, probablement très connue, qui concernait la modélisation du delta du Mékong entre 1962-68, il s'agissait de voir, si un barrage sur le Tonle Sap pourrait stocker l'eau de crue du Mékong. Le barrage est là et le grand lac du Cambodge ici. L'idée était de stocker l'eau pendant la crue et de la relâcher pendant la décrue. Il s'agissait donc de définir ce barrage ; hélas, la guerre n'a pas permis de poursuivre, ni dans un sens ni dans l'autre ; mais dans les faits, si le projet avait abouti, ce modèle mathématique aurait alors permis d'économiser 1 Milliard de Dollars de l'époque, en démontrant que les barrages n'avaient pas de sens dans cette application. Ce qui tend à souligner que le modèle mathématique, déjà à cette époque, était certes très complexe, mais présentait des applications tout à fait perceptibles.

Deuxième exemple de la modélisation fluviale appliquée aux ouvrages, c'est le barrage IASIRETA, sur le Rio Paraná, voilà le projet de barrage dont on a commencé la construction. Grand problème : fallait-il, oui ou non, construire un barrage de compensation, pour assurer la navigation sur tout ce bras de la rivière, étant donné qu'on se préparait à installer entre 18 et 25 turbines, avec un débit maximal de 22 ou 23.000 m³/s et avec des ouvertures de vannes très rapides. On a donc construit un modèle mathématique dont voici le schéma, il est présenté en deux parties. On voit bien déjà la complexité croissante des modèles, c'était en 1975/76, et effectivement cela a permis de déterminer très exactement le nombre de turbines à installer, sans que le barrage de compensation n'ait été nécessaire. Voilà donc la liaison entre la modélisation fluviale et la définition des ouvrages. Ici à une échelle hydraulique beaucoup plus petite, mais affectant tout de même presque toute l'Argentine.

Un autre exemple de complexité croissante, beaucoup plus récent, on est en 1984/86, voici un morceau du modèle mathématique du Niger ; il s'agit du Delta intérieur que nombre d'entre vous connaissent très bien ; comme vous le voyez, la complexité augmente, mais on n'a pas, bien entendu, de données pour régler ce modèle, ceci est clair, mais ce modèle permet néanmoins d'expliquer, de réfléchir et de définir les ouvrages, c'est un outil de gestion du futur.

Ensuite, tout près de nous, 1988, le Bangladesh. Voilà les schémas de modèles mathématiques qui peuvent couvrir tout un pays ou tout un bassin versant, c'est un modèle qui a été construit par l'Institut d'hydrologie de Wallingford. Il me semble d'ailleurs que la Banque Mondiale est très au fait de ces études. Je vous montre ici les grands axes fluviaux et les grandes zones inondables, ici les zones dont l'aménagement pourrait être étudié avec ce modèle. Voilà le réseau, et vous pouvez voir qu'apparemment, sauf peut être pour le nombre de points, il n'y a aucune différence entre ceci et le modèle présenté pour le Mékong. Il y a pourtant presque 25 ans d'écart entre les deux. Mais derrière, il y a, je le répète, une vraie révolution industrielle.

Dernière étape qui n'est plus fluviale, c'est l'intégration des modèles hydrologiques et des modèles hydrauliques, pour l'étude cette fois-ci d'un bassin, c'était déjà HYDRONIGER, mais j'ai voulu présenter ici le "Système Hydrologique Européen", qui a trouvé sa première application en Inde pour étudier l'évolution future de plusieurs bassins et sous-bassins en fonction du changement d'occupation des sols, déforestation etc. Il s'agit donc d'un modèle, qui prend en compte à la fois les eaux de surfaces, les eaux des zones non saturées et aussi celles saturées ; c'est la première grande application industrielle en cours depuis environ 20 mois.

Je me suis donc efforcé de vous présenter un historique de l'utilisation de la modélisation et de la simulation pour la définition des ouvrages destinés à l'aménagement des grands bassins versants, y compris la prise en compte de l'avenir des sous-bassins.

Bernard POUYAUD :

Avec la troisième partie des exposés nous avons voulu présenter quelques exemples particuliers de gestion des grands bassins. C'est M. DEME, Directeur des Infrastructures de l'OMVS, qui va présenter le vaste problème de gestion de la vallée du fleuve Sénégal grâce aux deux ouvrages de Manantali au Mali sur le Haut Sénégal, et de Diama entre la Mauritanie et le Sénégal, à quelques dizaines de kilomètres à l'amont de la ville de St Louis. Dans un premier temps cette gestion est surtout orientée vers une satisfaction des besoins agronomiques : submersions et cultures traditionnelles de décrue, mais dans un second temps Manantali produira de l'énergie électrique et pourra permettre l'irrigation moderne de plusieurs milliers d'hectares. Ce sont cette réalité et ces projets que M. DEME va vous présenter.

B. DEME :

- Un exemple de gestion pour l'Agriculture : la Gestion du Sénégal par l'OMVS.

Effectivement, aujourd'hui on ne parlera que de la gestion pour l'agriculture. Vous avez ici une vue d'ensemble du bassin du fleuve Sénégal ; le programme de développement intégré est basé en fait sur la construction de deux barrages, un au Mali au sud-est avec sa retenue, c'est un barrage qui a une réserve de 11 milliards de m³ d'eau. C'est en fait l'ouvrage clé du système, car c'est un barrage à buts multiples, qui doit être exploité en combinaison avec celui de Diama au Nord. Le barrage de Diama est un barrage anti-sel, dont la fonction essentielle est de retenir la langue salée, qui en situation naturelle remontait dans le fleuve à partir du mois de novembre sur 200 km, stérilisant toute la zone agricole et perturbant l'alimentation en eau potable des populations riveraines et de la ville de Dakar. La combinaison donc des deux barrages permettra à terme l'irrigation de 375 000 ha, la production d'énergie, 800 Gigawatt/heure pour une puissance installée de 200 MégaWatt, et la navigation entre St Louis et Kayes sur 948 km.

En situation naturelle le Sénégal draine en moyenne, d'après les éléments disponibles depuis 1903, 22 milliards de m³ d'eau. Donc la régularisation ne porte que sur l'affluent principal qu'est le Bafing, qui représente environ la moitié des apports. Ce développement se fera bien entendu par stades et pour le moment la fonction agriculture est la seule à être satisfaite. Chaque étape se traduira par des contraintes de gestion, qui seront examinées en fonction d'une bonne connaissance des Ressources.

Présentement la fonction qui est satisfaite, l'agriculture, a dans le fleuve Sénégal deux dimensions, une dimension traditionnelle qu'on appelle culture de décrue, et je précise qu'il ne s'agit pas là d'une fonction essentielle des barrages, mais simplement d'une réponse à un besoin en phase de transition pour éviter une rupture brutale entre les cultures traditionnelles et les cultures irriguées. La culture traditionnelle de décrue est une culture faite après l'inondation des terres, de céréales qui se développent avec l'eau emmagasinée par le sol. L'autre dimension c'est la culture irriguée, plus moderne, qui commence à se développer. Le potentiel est de 375 000 ha, et on est actuellement à 63 000 ha aménagés. Les cultures irriguées se font pendant l'hivernage, traditionnellement avec les eaux de crue. Les barrages vont par contre maintenant permettre une culture en contre-saison, de mars à juin, où en situation naturelle il n'y a pratiquement pas de débit dans le fleuve, ce sont donc les lâchures de Manantali qui permettront ces cultures.

Au niveau des cultures de décrue, notre contrainte est de produire une crue artificielle, ou plus exactement une crue "programmée", et cela implique de pouvoir suivre les débits naturels des affluents non contrôlés, donc le Bakoye à droite, et la Falémé à gauche. Ces trois affluents se retrouvent à Bakel, qui est la station clé. La gestion pour les cultures de décrue consiste à apporter le complément permettant d'inonder les terres dans la vallée ; c'est une inondation sur la base d'hydrogrammes définis par des études antérieures. On a un hydrogramme qui correspond à 10 milliards de m³ pour cultiver 100 000 ha de cultures de décrue, un hydrogramme de 8,5 milliards pour 75 000 ha, de 7,5 pour 50 000 ha etc. Mais c'est une simple transition, car en principe ceci devrait être limité dans le temps, si on ne veut être confronté à terme, quand on produira de l'énergie, à des problèmes d'arbitrages excessivement compliqués, car en année difficile, de mauvaise hydraulité, pour avoir par exemple 7,5 milliards de m³ pour la culture de décrue, il faut lâcher pratiquement 5 milliards de m³ du barrage de Manantali. Lâcher 5 milliards de m³, c'est créer des contraintes aux usagers de l'énergie et des besoins de cultures de contre-saison, puisque ces dernières exigent des lâchures pendant 6 mois.

Pour pouvoir assurer cette gestion de manière rigoureuse, nous avons un programme avec l'ORSTOM, qui comprend l'installation de 6 balises ARGOS au niveau de certaines stations clé, pour permettre la télétransmission, non pas que la disposition d'informations en temps réel soit une exigence actuelle, mais ce

système est certainement le plus fiable actuellement devant les gros problèmes de communication dans la zone. Il y a une station de réception directe à Dakar et un certain nombre de modèles sont en cours de développement : transformation des hauteurs en débits, modèles de propagation, prévision des apports.

Je vais terminer en vous précisant, qu'à court et moyen termes, c'est la crue artificielle qui constituera le seul facteur de concurrence. Actuellement en cours de remplissage, le barrage est à peu près à 7 milliards de m^3 , mais déjà l'hydraulicité est telle que satisfaire systématiquement les besoins de la crue présente quelques contraintes liées au scénario auquel nous sommes confrontés actuellement avec remplissage et culture de contre saison. En présence d'années sèches successives, si cette crue artificielle devait durer trop longtemps, on serait confronté à des problèmes d'arbitrage, quand la production d'énergie sera effective. Je ne peux en dire plus en cinq minutes, mais suis à votre disposition pour répondre à vos questions.

Bernard POUYAUD :

Merci M. DEME de votre très intéressante présentation. Nous allons justement parler d'énergie puisque nous avons M. DUBAND qui est le Chef du Service de la Ressource en Eau de l'EDF-DTG de Grenoble, qui va défendre l'hydraulique, productrice d'électricité propre. On dit dans le milieu fermé des hydrauliciens qu'un bon barrage est celui qui se justifie avec sa seule production d'électricité ! Il est évidemment bien plus facile de prévoir l'impact économique d'une production qui se vend, que la valeur ajoutée, toujours controversée, d'un aménagement basé sur des spéculations agricoles, qui elles se vendent plus difficilement, surtout lorsqu'il s'agit du riz produit à moindre coût dans bien des régions du globe.

M. DUBAND :

- La Production d'Energie électrique, l'expérience d'EDF.

Je vais revenir à une échelle plus modeste, en France, après qu'on nous ait parlé d'un réservoir de 11 milliards de m^3 . En France, la construction des grands réservoirs avait pour but de produire de l'énergie d'origine hydroélectrique ; dans les années 60 c'était la production majoritaire en France, depuis, cette production a diminué, en valeur absolue, bien que le nombre d'aménagements équipés soit devenu plus important. Actuellement l'hydraulique représente une production en année moyenne de 70 Terawatts/Heure ; en 1989 la production totale était de l'ordre d'un peu plus de 350 Terawatts/Heure donc une augmentation de l'ordre de 20%. Par contre la puissance installée, qui est l'intérêt de l'hydraulique, c'est 24 000 MégaWatt, c'est à dire celle que l'on peut mobiliser en cas de pointe de consommation, la plus grande pointe connue actuellement est de 65 000 Mégawatts. On voit là tout l'intérêt de l'hydraulique. La réserve des lacs de retenue représente 10 Terawatts/Heure en stock, or la France se place à peu près au 5ème rang des producteurs d'énergie électrique.

En ordre de grandeur, les stocks d'eau qui peuvent être emmagasinés, dans à peu près 50 réservoirs, représentent 6 milliards de m^3 , à comparer aux 11 milliards de tout à l'heure sur un seul réservoir, c'est modeste ! Le plus grand réservoir français, c'est 1 milliard de m^3 ; il y a pas mal de réservoirs dans le monde, qui font quelques milliards de m^3 . Les apports des principales rivières du sud, du Rhône, de la Garonne, de la Dordogne et de la Loire sont de l'ordre de 100 milliards de m^3 . Les apports de toutes les rivières françaises, hormis le Rhin, c'est de l'ordre de 130 milliards de m^3 .

Ce que je vous montre c'est un coefficient de productivité, en gros c'est la production des usines hydrauliques, qui est étroitement corrélée à l'hydraulicité ; on peut donc considérer que en base 1, c'est l'année normale, ce coefficient est le rapport de la production de l'hydraulique par rapport à l'année moyenne, on voit que 1977, année importante à forte hydraulicité, représente à peu près 30 milliards de plus que la normale pour la France entière ; 1989 représente 30 milliards de moins que la normale, avec des répartitions spatiales effectivement plus ou moins déficitaires ; ce ne sont bien sûr que des ordres de grandeur.

Les études hydrologiques, qui ont été effectuées à EDF, étaient destinées d'abord à définir le dimensionnement des aménagements, c'est à dire la capacité des retenues et le dimensionnement des évacuateurs de crue, donc à partir de l'estimation des crues millénales et décennales. C'est le premier objectif, le deuxième étant les prévisions et l'optimisation en exploitation. Pour cela il a fallu s'appuyer sur un réseau pérenne et de bonne qualité, réseau hydrométrique, pluviométrique, nivométrique, thermométrique. Ceci est très important, car sans réseau fiable, on ne peut pas gérer l'eau.

La gestion des aménagements, essentiellement dans les premiers temps, consistait à réduire les dépenses de combustibles en faisant des prévisions à long terme, d'après les stocks de neige, ce qui n'existe pas en Afrique, mais est le cas dans certains autres pays tels que l'Inde, l'Amérique du Sud, les Etats Unis, la Chine et bien sûr les pays européens. Ces stocks d'eau, c'est de la houille blanche congelée, qui permet donc de faire des prévisions, puisque au-delà de 10 jours on ne peut pas faire de prévision météorologique sérieuse. Ensuite les besoins de l'exploitation se sont affinés, la demande est devenue de plus en plus pointue, plus tributaire des conditions météorologiques, d'où une relation de plus en plus étroite entre la Météorologie et l'Hydrologie dans un but opérationnel de prévision, la mise au point de modèles hydrométéorologiques fins et également la nécessité, même dans un pays comme la France, d'avoir des réseaux télémésurés, en temps réel, des points de mesures hydropluviométriques.

Ce qui a évolué aussi ce sont les contraintes d'environnement. Cette année il a fallu lâcher de l'eau pour l'agriculture, donc moyennant finance. La seule eau qui ne sera pas payante en France, c'est celle pour le soutien à l'alimentation en eau potable d'un certain nombre de villes et de villages, sur réquisition des Préfets. Mais actuellement l'eau gérée par EDF est d'abord destinée à produire du Kwatt/Heure.

Ceci dit, on commence à considérer de plus en plus les contraintes touristiques dans la gestion de cette eau pour le Kwatt/Heure, et aussi le problème de la qualité de l'eau. Dans les années qui viennent, ces contraintes écologiques, touristiques et agricoles, vont valoriser de plus en plus les métiers de l'hydrologie opérationnelle. On va donc dans le sens d'une meilleure modélisation, mais d'abord d'une meilleure gestion des réseaux de mesure et de la télé-acquisition. Nous disposons actuellement en France de 400 stations télémésurées (seulement 40 balises satellites) et de banques de données historiques fiables, de même que de banques de données en temps réel.

Bernard POUYAUD :

Merci M. DUBAND. Pour certains initiés, cela a du rappeler certaines discussions des Commissions de l'Eau, présidées par Yvan Cheret, au début des années 60, où on a commencé à parler de débit réservé et de la notion de débit affecté. On en reparlera certainement au moment du débat, mais il faut savoir que sur l'Afrique par exemple, aucun droit international n'existe, et c'est certainement un gros problème.

Je vais demander au Dr SAMBA, directeur du Programme de lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest de nous parler de son programme, le plus important au monde, d'éradication d'une maladie liée à l'eau.

Docteur SAMBA :

- Eau et Santé : le programme de lutte contre l'Onchocercose par l'OMS-OCP.

Merci M. le Président, nous avons eu tellement de coopération entre OCP-OMS et ORSTOM que je voudrais me considérer maintenant comme de la famille de l'ORSTOM et pour cela il faut d'abord venir en France, c'est la première fois, moi-aussi, que j'ose faire un discours en Français, aussi je vous prie d'excuser ma prononciation.

Je voudrais tout d'abord remercier vivement l'ORSTOM qui, dans le cadre de cette conférence sur la Gestion des grands systèmes d'eau, a bien voulu m'inviter à venir représenter ici les résultats de notre programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Je rappellerai brièvement que l'onchocercose est une filariose due au développement dans le derme de l'homme d'une filaire : *onchocerca volvulus*, dont les vers adultes, mâles et femelles, vivent dans les nodules sous-cutanés pendant 12 à 14 ans, le ver femelle qui peut mesurer jusqu'à 70 cm de long, produit durant sa vie des millions d'embryons encore appelés microfilaires, qui se répandent dans les tissus dermiques en provoquant un prurit intense et diverses lésions cutanées. Lorsque ces microfilaires envahissent l'oeil, elles provoquent des troubles oculaires graves, dont le terme ultime est la cécité. Ces microfilaires ne sont pas directement infectantes pour un nouveau sujet, elles doivent être absorbées par une mouche appelée simulie, dans l'organisme de laquelle elles subissent des modifications morphologiques et se transforment en larves infectantes. Celles-ci gagnent les pièces buccales de l'insecte, qui les inocule à l'homme lors d'une piqûre ultérieure. Elles évolueront alors en vers adultes, mâles ou femelles. Le passage par le vecteur est donc une étape indispensable à la dissémination de l'onchocercose. La distribution de cette infection est donc dépendante de celle des simulies vectrices, or celles-ci ont des larves et des nymphes aquatiques, qui se développent dans les rapides de rivières. La maladie est donc essentiellement concentrée en foyers le long des rivières, d'où son nom de "cécité des rivières".

Bien que quelques fois existant en Amérique Latine ou au Yémen du Sud, l'immense majorité des foyers se situe en Afrique intertropicale et l'Afrique de l'Ouest est particulièrement touchée puisque 30 millions de personnes sont en zone d'endémie onchocercienne. L'onchocercose n'est pas seulement un grave problème de santé publique, elle a également un impact socio-économique important. En effet c'est une maladie débilitante qui dans un premier temps rend aveugle les hommes et femmes, en pleine force de l'âge, c'est à dire, de 30 à 40 ans. Ceci contribue au niveau des villages à déstabiliser une économie rendue extrêmement fragile dans ces zones rurales victimes de la sécheresse. Dans un second temps, on assiste à l'abandon des vallées fertiles et les villages s'installent sur les plateaux arides, où l'agriculture et l'élevage sont impossibles à mener correctement faute d'eau. Ainsi, outre la santé, la survie même des populations devient problématique. Fortement interpellées par la détresse des populations victimes de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest, plusieurs organisations internationales, la Banque Mondiale, le PNUD, FAO et l'OMS ont mis en oeuvre à partir de 1974 un programme de lutte basé sur l'épandage de larvicides afin de détruire les larves des vecteurs et d'interrompre ainsi la transmission. Dans un premier temps le programme a inclus 7 pays participants, a traité plus de 20 000 km de rivière chaque semaine et couvrait une superficie de 750 000 km². Vu le succès obtenu par le programme durant les 10 premières années, 4 nouveaux pays ont demandé à rejoindre le programme et 5 y sont déjà impliqués. Actuellement le programme regroupe 11 pays participants, couvre 1 350 000 km² et 50 000 km de rivières sont inclus dans les zones d'opération. Durant la même période, le nombre de pays ou d'organismes donateurs est passé de 7 en 1974 à 23 en 1989, et ceci montre bien que l'immense programme de lutte anti-vectorielle, auquel maintenant s'ajoute un programme de chimiothérapie de masse par l'ivermectine, qui est efficace contre le microfilaire, a su acquérir et maintenir la confiance aussi bien des pays participants, que des pays donateurs. Les résultats de ce programme sont impressionnants, puisqu'après 14 ans de lutte larvicide dans les zones initiales du programme, la plupart des villages affectés ont vu la prévalence de l'onchocercose passer de près de 100% à pratiquement 0%. Dès à présent les traitements larvicides sont totalement interrompus dans 50 à 60% de l'aire initiale, qui devrait être totalement assainie dans les années à venir. Pour cette raison le Comité Consultatif d'experts de programme a souhaité que la lutte larvicide poursuive le programme dans les zones d'extension d'ouest et sud pendant les 14 prochaines années, afin d'obtenir là aussi la disparition quasi totale de réservoirs de parasites chez l'homme, tous les vers adultes étant morts après une telle période. En plus de cette lutte larvicide, l'ivermectine est également distribuée à grande échelle afin, en tuant les microfilaires, de soulager immédiatement les malades, de stopper le développement des lésions cutanées et les lésions oculaires, qui arrivent même à régresser lorsqu'elles ne sont pas trop avancées.

Bien entendu, un tel programme nécessite la collaboration de tous et c'est pour moi ici un devoir et un plaisir de souligner que, dès les études préliminaires menées durant les années 1960-70, l'ORSTOM a toujours été présent et a effectué la plupart des travaux de base, tant du point de vue entomologique que du point de vue hydrologique. Je n'insisterai pas ici sur le volet entomologique que tout le monde connaît bien et qui continue à être mené à la fois par des entomologistes de l'ORSTOM et par les nombreux entomologistes africains formés par l'ORSTOM. Je voudrais par contre dire quelques mots de l'excellente collaboration que nous avons toujours eue avec les hydrologues et les hydrobiologistes de l'ORSTOM.

Comme je l'ai dit précédemment, ce programme est basé essentiellement sur la lutte par l'application hebdomadaire de larvicides dans les rivières, il a donc fallu mettre au point un réseau hydrologique extrêmement fiable et précis afin de doser correctement nos insecticides, chaque semaine, sur l'ensemble de l'aire de programme. De même, un groupe écologique veillait à la bonne utilisation de cet insecticide afin de surveiller la faune sensible, c'est l'occasion pour moi de saluer ici les hydrobiologistes de l'ORSTOM et en particulier le Dr LEVEQUE, qui a présidé depuis plusieurs années ce groupe écologique.

Pour en revenir à l'hydrologie, je tiens également à féliciter chaleureusement le Dr POUYAUD, Responsable des Services hydrologiques de l'ORSTOM, qui a toujours su répondre à nos besoins. Dès l'apparition de la télétransmission des données hydrologiques, grâce aux balises ARGOS, ce système a été étendu à l'ensemble du programme OCP ; plus de 100 balises réparties sur l'ensemble des bassins fluviaux transmettent les données hydrologiques aux stations de réception installées à Odienné en Côte d'Ivoire pour la zone Ouest, et à Kara, au Togo, pour la zone Est. De plus un logiciel informatique "PERLES" a été mis au point par l'ORSTOM, pour connaître le débit sur l'ensemble des biefs du programme et prévoir même, selon les conditions hydrologiques, le débit sur plusieurs jours. Bien entendu ceci permet un dosage extrêmement précis de larvicides, un meilleur rapport coût/efficacité et une meilleure protection de la faune sensible en évitant les surdosages. Tous ces efforts n'ont pas été vains et dès à présent les vallées assainies font l'objet d'un développement socio-économique important. Au seul Burkina Faso, 10% des terres actuellement cultivées et qui sont parmi les plus fertiles du pays étaient désertées il y a encore quelques années du fait de l'onchocercose. Les experts de la Banque Mondiale ont pu estimer à environ 25 millions d'ha les terres cultivables et irrigables, qui seront utilisables grâce au

Programme de lutte contre l'Onchocercose. Ces terres libérées ont un potentiel de production d'environ 3,3 Millions de tonnes de sorgho par an, ce qui suffit à nourrir chaque année plus de 16 Millions de personnes.

Dans le futur, lorsque cesseront peu à peu les traitements larvicides, les Etats participants prendront en charge les activités de surveillance afin d'éviter une éventuelle recrudescence de la maladie. L'invermectine pourra traiter également les cas résiduels d'onchocercose.

En conclusion je dirais simplement que je suis heureux aujourd'hui de pouvoir associer l'ORSTOM, notre partenaire de toujours, au succès de ce programme de lutte contre l'onchocercose, que j'ai pu vous présenter ce soir brièvement, et Je vous en remercie.

Bernard POUYAUD :

Merci Dr SAMBA, d'abord de votre performance d'avoir parlé aussi longtemps en français, et de tout ce que vous avez dit de gentil sur l'ORSTOM, quelle que soit la discipline, mais de plus, votre intervention va nous faire une très bonne transition avec ce qui va suivre. Mon complice Christian LEVEQUE va nous faire partager son point de vue d'écologiste des milieux humides et défendre une meilleure prise en compte de ces questions dans le développement des vallées et des bassins versant des grands fleuves africains.

C. LEVEQUE :

- Le point de vue des écologistes.

Merci. Tout d'abord, connaître pour mieux gérer a été le mot d'ordre au cours des dernières années d'un certain nombre de scientifiques intéressés par l'étude du fonctionnement des systèmes et par les relations entre les caractéristiques physiques, chimiques, et biologiques à l'intérieur de ces systèmes. Soit dit entre nous, ce genre de scientifique est habituellement appelé écologiste, mais le terme a été tellement revendiqué et utilisé à des fins diverses, que les professionnels préfèrent actuellement l'employer avec une certaine discrétion.

Les problèmes de recherche sur les grands fleuves ont finalement une histoire relativement récente. Les biologistes pendant très longtemps se sont attachés à étudier les milieux stagnants, les lacs en particulier, et l'ORSTOM a démarré il y a 25 ans un programme sur le lac Tchad, qui a fait, en particulier, sa gloire à une certaine époque, et les recherches sur les grands fleuves ont commencé, notamment avec le programme Onchocercose à l'ORSTOM. Elles se sont développées depuis, puisque nous avons maintenant des programmes en Guyane, en Guinée et dans d'autres région du monde, au Mali en particulier. Donc malgré cette introduction récente des recherches sur les grands fleuves, on peut dire que les écologistes ont quand même acquis depuis quelques années d'une part un certain nombre d'outils méthodologiques qui leur faisait défaut jusqu'à présent, mais également des outils conceptuels qui leur permettent maintenant d'aborder les systèmes avec une certaine rigueur.

Je dirais brièvement pour résumer et schématiser, qu'à l'heure actuelle, en résultat des recherches des dix dernières années, les écologistes considèrent maintenant le fleuve dans ses quatre dimensions :

La première est la dimension longitudinale, celle que vous concevez facilement. Le fleuve est un continuum fluvial, qui part des petits ruisseaux, pour aboutir aux grandes rivières, ce qui veut dire que toutes les parties aval sont solidaires des parties amont, ce qui se passe à l'amont se répercute sur l'aval, avec toutes les conséquences que cela a au niveau des aménagements et des pollutions bien entendu. Au niveau des aménagements on peut illustrer cela par les problèmes de l'utilisation des terres sur les bassins versants ; tout ce qui s'y passe, les pratiques culturelles, les déforestations, a des conséquences à la fois sur l'hydrologie, sur la qualité des eaux, sur les transports solides et bien entendu sur la qualité biologique des milieux. Il y a donc à ce niveau des interrogations extrêmement importantes. Les impacts les plus évidents sur la dimension longitudinale étant bien entendu la construction de barrages à usage hydroélectrique ou agricole, mais nous y reviendrons probablement.

La deuxième dimension, qui est extrêmement importante elle aussi, c'est la dimension latérale, ou si vous voulez la dimension transversale, perpendiculaire au lit du fleuve. En effet, pendant très longtemps, on a considéré que les inondations étaient une calamité et la plupart des fleuves européens sont chenalisés, et vous n'y trouvez plus de zones d'inondation ou très peu, alors qu'on s'est aperçu que ces zones d'inondation faisaient partie intégrante du fonctionnement des systèmes. Ces zones d'inondation sont en particulier des milieux de reproduction pour un certain nombre de poissons et les alevins peuvent y trouver de l'abri, de la nourriture et peuvent s'y développer. Un exemple, la disparition du brochet en France n'est pas du tout un problème de surexploitation, c'est simplement le résultat de la suppression des zones de reproduction du brochet, les zones de reproduction étant les

prairies inondées. Un autre exemple, pendant la sécheresse du Sahel, on a vu disparaître un certain nombre de stocks de poissons d'eau douce, dans les rivières, dans les lacs, et cette disparition était tout simplement liée à la diminution, voire à l'absence d'inondation dans les zones traditionnellement inondées. C'est un point important et les aménageurs devraient tenir compte de ces annexes, ces bras morts, ces zones d'inondation et à l'heure actuelle un certain effort est fait pour réhabiliter ces milieux, voire utiliser des milieux artificiels tels que les gravières pour reconstituer un système fonctionnant naturellement.

Deuxième aspect de cette dimension transversale, c'est tout l'ensemble de forêts, qu'on peut appeler forêt galerie, toutes ces zones boisées qui bordent les rivières. Pourquoi est-ce important ? Parce qu'une rivière ne fonctionne pas du tout comme un lac au point de vue réseau trophique. Dans un lac vous avez de la lumière, des sels minéraux, qui produisent des algues, qui sont absorbées par des consommateurs primaires, puis par des consommateurs secondaires. Ce n'est pas du tout le cas dans les rivières où prime la chaîne détritique, c'est à dire tous les apports d'origine terrestre, notamment les feuilles, les brindilles, les bois morts et également les retombées d'insectes, d'invertébrés et de vertébrés dans la rivière. Tout cela constitue la source de nourriture des rivières et c'est à partir de ces ressources que vont se développer des invertébrés et des poissons. Si vous supprimez ces zones forestières, qui bordent les rivières, vous supprimez également une bonne part des apports de nourriture à la rivière, d'où l'importance de ces zones de forêts galeries ripisylves qui bien entendu sont aussi une source d'enjeux pour beaucoup de populations. Dans le cadre du programme onchocercose, les forêts galeries sont parfois éliminées le long de certaines parties des rivières, c'est finalement un problème préoccupant pour l'avenir des ressources de ces rivières.

On s'est aperçu depuis peu, résultats de recherches menées en France, que les forêts galeries ou ripisylves avaient également un rôle important dans la dénitrification des eaux, c'est à dire que toutes les eaux, qui arrivent à la rivière par la nappe, qui transite par les forêts galeries, subissent une dénitrification à ce niveau, c'est un point intéressant à l'heure actuelle où on parle beaucoup des problèmes de nitrate.

Troisième dimension, peut être moins importante en ce qui nous concerne, mais tout de même prioritaire pour un certain nombre d'organismes, c'est la dimension verticale. Un fleuve a des relations avec sa nappe phréatique, donc il y a au niveau des sédiments un certain nombre d'échanges entre les éléments minéraux, mais également entre la faune de la nappe et du fleuve. La nappe constitue pour un certain nombre d'organismes une zone refuge pendant notamment les périodes de fortes crues, où les organismes peuvent se réfugier dans les sédiments, voire dans la nappe phréatique elle-même, on a retrouvé des organismes à des centaines de mètres du lit de la rivière, d'où l'importance de cette dimension verticale.

Quatrième dimension, c'est la dimension historique, la dimension temps. Pourquoi ? Parce qu'elle revêt une extrême importance dans le fonctionnement des systèmes fluviaux ; d'une part c'est l'aspect paléoclimatique : un fleuve a évolué au cours de son histoire paléo-géologique, géomorphologique et climatique ; on sait par exemple que les rivières sahéliennes il y a 18 000 ans étaient pratiquement sèches, elles se sont remises à couler il y a 10 000 ans environ et tout le Sahara était couvert de rivières à cette époque. Maintenant nous sommes dans un système différent, donc un fonctionnement également différent sur le plan biologique. Une dimension également historique, par tous les phénomènes d'anthropisation. A l'heure actuelle on ne peut pas comprendre le fonctionnement des rivières en milieu européen tempéré si l'on n'a pas également une vue de l'histoire de ces rivières, de leurs aménagements et beaucoup de rivières sont chenalisées depuis de très nombreuses années, voire plusieurs siècles, dans les pays européens, donc il y a eu une succession d'aménagements et la situation actuelle résulte de ces aménagements. Nous avons actuellement et depuis très longtemps un fonctionnement artificialisé.

Dernier point sur cette dimension temporelle qu'est le temps. Le temps de réaction des organismes à des stress. Une bactérie, qui a un temps de reproduction extrêmement court, de même qu'un micro-organisme, va réagir très vite à un stress, va pulluler ou disparaître. Au contraire un organisme, qui a une vie très longue, va mettre une période plus longue pour réagir, ainsi une forêt boisée en bordure d'une rivière va mettre peut-être 10, 20 ou 30 ans à réagir à un stress, qui peut être dû au niveau d'eau ou de pollution. Par contre un insecte réagira beaucoup plus vite. La vue qu'on peut donc avoir d'un système aquatique à un certain moment, est une vue qui est à replacer dans un contexte temporel. On ne peut pas avoir à un instant T une vision complète de l'état du système. Il faut le voir dans une perspective historique et dans une perspective temporelle.

Voilà très rapidement, car on pourrait en parler des heures, le point de vue des écologistes sur l'aménagement des eaux. Disons que l'ambition des écologistes c'est évidemment aussi de mettre en place des modèles prévisionnels, et nous espérons en tout cas y aboutir dans les années qui viennent. Nous avons déjà des modèles conceptuels, il suffira de les améliorer, de les rendre plus performants, et nous pourrions très prochainement probablement vous

faire des propositions sur les scénarios d'évolution. L'un de nos confrères, qui devait être là ce soir, a déjà beaucoup avancé dans ce domaine. L'un des maîtres mots également dans les aspects de l'écologie des rivières, c'est le mot réhabilitation. On a de plus en plus tendance à dire, que si nous connaissions le fonctionnement des systèmes nous serions à même de réhabiliter ces systèmes, qui ont été fortement dégradés autrefois par méconnaissance des règles de fonctionnement. C'est également une perspective d'avenir sur laquelle nous essaierons de travailler très prochainement.

Bernard POUYAUD :

Merci Christian. Je vais maintenant demander à Patrick POINT, qui est chercheur du CNRS, au Laboratoire d'analyse et de recherche économique de l'Université de Bordeaux, de nous présenter en conclusion une approche macro-économique des grands systèmes d'eau et de leur gestion. Evidemment, seule une approche intégrée comme celle-ci peut être le garant d'une véritable gestion ou chaque utilisation soit prise en compte, sans entraver les autres, et en préservant l'avenir du système d'eau dans son ensemble.

M. POINT :

- **Macroéconomie des Grands Systèmes d'Eau.**

Le thème qui m'est proposé, macro-économie des systèmes d'eau, est très vaste. Mais il m'a semblé que trois questions paraissent devoir se manifester avec une grande acuité dans un avenir très proche et j'y ai donc centré ma réflexion.

C'est en premier lieu la question de la description cohérente de ces systèmes dans leur dimension hydrologique, écologique et économique, c'est ensuite la question de la gestion intégrée de ces systèmes et enfin la question de la place de ces systèmes dans un développement national économique durable.

Pour commenter brièvement la question de la description cohérente des dimensions, hydrologique, écologique, et économique, on sait que l'approche scientifique de grands hydro-systèmes est complexe, du fait de la multiplicité des disciplines qui s'y rapportent, chaque discipline utilise et produit pour partie des données scientifiques, mais comment décloisonner ces approches, comment restituer des indicateurs, qui synthétisent ces différentes approches et leurs résultats?

Deuxième thème : la gestion intégrée des hydro-systèmes ; la multiplicité des acteurs intervenant dans ces hydrosystèmes se traduit par une multiplicité de décisions d'intervention, dont la rationalité est strictement limitée aux objectifs de chaque décideur et à l'information dont il dispose. La conjonction de ces interventions conduit trop souvent à des incohérences, à des gaspillages divers.

Troisième thème, la question de la place de ces systèmes dans un développement national, économique durable ; l'usage des ressources en eau à l'échelle d'un hydro-système a un retentissement significatif au niveau de l'économie nationale. Ces ressources constituent une pièce importante de ce que l'on peut appeler le patrimoine naturel national. A l'heure actuelle les grands indicateurs macro-économiques qui situent les performances des économies de chaque pays ne prennent pas convenablement en compte l'usage qui est fait de ce patrimoine naturel. Il faut introduire des indicateurs reflétant donc l'évolution du patrimoine naturel et notamment des grands hydro-systèmes, et ces indicateurs doivent avoir une dimension économique. En effet, un consensus commence à se dégager sur la nécessité de se référer, à côté du traditionnel produit national brut, à un indicateur reflétant ce que l'on pourrait appeler le revenu national durable, c'est à dire ce qui peut être consommé sans qu'on s'appauvrisse. On devrait ainsi, partant du revenu net national, retirer en particulier les dépenses liées à la surexploitation de l'environnement et à la dépréciation du capital naturel. Là encore cela concerne bien entendu tous les hydro-systèmes, avec les problèmes de pollution, de drainage de zones humides, d'épuisement des aquifères. Donc en fait, ces trois questions peuvent être abordées à travers deux éléments de réponse : la recherche et le développement d'un système opérationnel de structuration de l'information et la recherche et le développement sur l'évaluation économique des ressources, avec pour la première question un élément de réponse : ce sont les travaux ou les recherches qui ont été menés à propos de la comptabilité du patrimoine naturel.

Une commission interministérielle a été créée en 1978 et a travaillé à produire un cadre dont je vous montre très rapidement l'organisation. L'idée c'est de s'articuler autour de trois pôles : des comptes d'éléments, des comptes d'agents et des comptes d'écozones et ensuite d'établir des comptes de liaison entre ces pôles.

Comme vous le voyez, pour ces comptes d'agents, une liaison est prévue qui est faite avec la comptabilité nationale, c'est donc un système qui est vraiment organisé pour faire un lien avec l'économie. Ces comptes ont été expérimentés dans différents domaines, faune, flore, forêt, et aussi dans le domaine des eaux continentales. Le système qui est ici indique précisément que les applications qui sont faites aux eaux continentales dépassent les comptes hydro-économiques physiques, auxquels les hydrologues sont habitués, même d'ailleurs si l'on s'en tient simplement à l'aspect compte élément. Nous avons dans la salle M. MARGAT, du BRGM, qui a contribué peut-être le plus notablement à cette question. Si l'on considère le seul compte élément, il reflète tout un travail de réflexion basé sur des nomenclatures, des comptes de structures, des comptes en quantité indifférenciée et différenciée, des comptes en qualité. C'est un problème délicat, les comptes sont appréciés en terme de quantité, avec une unité d'ailleurs qui est intéressante, celle du km cours d'eau normalisé. L'utilisation de cette mesure permet une approche relativement normalisée, intéressante pour l'intégration de la dimension qualité.

Ces comptes dépassent l'aspect strictement quantitatif et il faut dépasser nettement cette étape pour des grands hydro-systèmes. Il faut par exemple intégrer les relations avec la faune, avec les hydrosystèmes. On a un outil qui n'est pas achevé, mais on dispose d'un cadre de structuration de l'information, qui devrait résoudre pour parties les problèmes que j'évoquais tout à l'heure.

Cette comptabilité fonctionne en termes physiques ; elle doit être complétée par un domaine avec un volet valeur et c'est à cet aspect que je voudrais consacrer quelques mots. L'introduction de l'évaluation : estimer convenablement la valeur économique d'actifs naturels, c'est un objectif dont on constate de plus en plus la nécessité dans une perspective de comptabilisation et de gestion et ceci est particulièrement important, lorsqu'on a affaire à des actifs naturels multifonctions, dont les usagers sont susceptibles d'entrer en conflit, alors qu'il n'y a pas de système de prix pour guider l'allocation de la ressource. Dans ce cas là, l'allocation se fait sur des critères tels que l'antériorité d'usage ou encore la compétition pour l'usage, avec souvent comme résultat que c'est l'utilisation la plus destructrice, en quelque sorte, qui exclut de fait les autres utilisations possibles de l'actif. Ceci ne garantit donc pas l'optimalité de l'allocation de la ressource, et bien entendu non plus la pérennité de la ressource. On peut bien sûr résoudre ce genre de problème en fixant des contraintes quantitatives, des quotas d'usage par fonction mais l'ennui avec ce type d'approche c'est qu'on fige des situations, au mieux sur la base des besoins estimés à un moment donné, au pire d'ailleurs, de façon totalement arbitraire. Et on ne dispose pas d'indicateur sur la raréfaction de la ressource dans ces différents usages.

Actuellement en France les différents services que peut rendre la ressource en eau résulte d'un mélange d'antériorité d'usage, d'éviction par l'usage plus destructif et de régulation quantitative, et le prix de la ressource est totalement absent du système. Certes, les usagers paient bien parfois un prix, mais celui-ci reflète la valeur de divers services, amenée de la ressource, mise en pression... mais pas la valeur intrinsèque de la ressource. Comment peut-on alors, en l'absence de marché, réguler un prix ou un pseudo prix associé à l'usage de la ressource ? Cela suscite beaucoup d'intérêts chez les économistes, il y a beaucoup d'applications, qui sont en train de se développer, je ne vais pas vous infliger un topo sur la question, mais simplement vous donner un exemple, qui porte sur l'eau à usage d'irrigation, avec une application au département des Bouches du Rhône. Dans ce département comme dans d'autres, l'accès à la ressource devient de plus en plus difficile pour les agriculteurs, on observe donc une adaptation de leur part qui les conduit à des techniques de plus en plus économes en eau. On passe ainsi du graviteur aux asperseurs, aux micro-jets et au goutte à goutte. Une analyse statistique faisant la part des types de culture et des problèmes de rendement, montre bien qu'effectivement des techniques de plus en plus coûteuses économisent de plus en plus d'eau. Or si l'eau était disponible, il est clair qu'on ne ferait pas ces investissements. Donc l'analyse de la substitution du capital technique à la ressource permet de calculer un prix de substitution, qui va refléter la valeur intrinsèque de l'eau dans son usage d'irrigation et là on est à même, avec un modèle sur lequel je passe, de calculer une évaluation de la demande d'eau. On a là une échelle avec les prix en bas qui varient entre 0 et 6 francs et les volumes qui pour le département des Bouches du Rhône vont jusqu'à 70 millions de m³, on peut donc à partir de ces éléments calculer un surplus et un prix moyen pondéré qui s'élevait par exemple pour l'année 82 à 0,136 F par m³. Voilà un élément qui permet d'évaluer très précisément l'eau, à l'usage d'irrigation et dans une zone donnée.

L'idée à retenir dans ce domaine, c'est que les efforts d'évaluation à l'échelle des grands hydro-systèmes, s'ils ne sont pas les seuls à entreprendre, sont quasiment un passage obligé, et qu'il existe maintenant un ensemble de concepts, de techniques, d'expérimentations qui ouvrent la voie dans cette direction. Je vous remercie.

Bernard POUYAUD :

Je vous remercie, car, personnellement, il me fait particulièrement plaisir d'entendre parler de gestion de l'eau par des macro-économistes, car, dans les genres de programmes que nous montons, cela manque tragiquement à l'ORSTOM.

Nous voici donc à même d'attaquer le débat, que nous souhaitons articulé autour des thèmes que je rappelle maintenant :

- 1)- **L'évolution de la ressource en eau et les moyens de la prévoir, de la maîtriser et de la gérer.**
- 2)- **L'évolution des demandes et la gestion des conflits entre utilisateurs concurrents.**
- 3)- **Quelle est l'expérience des pays du Nord utilisable pour le développement des Systèmes d'Eau encore presque naturels et préservés de l'espace tropical.**

LE DEBAT

M. DUJARDIN - SOGREAH :

Il est bien connu des hydrologues que la ressource en eau doit statistiquement se mesurer sur une longue période, par le constat des variations saisonnières et des variations interannuelles, permettant d'analyser le phénomène. Il y a un problème qui se pose et qui en particulier intéresse beaucoup le public non scientifique, c'est une évolution qui paraît, sinon irréversible, tout au moins avec une tendance à très long terme liée au climat, (la désertification, les modifications de la couche d'ozone etc.). On entend dire que les prévisions de la ressource en eau calculées statistiquement, par exemple sur la période 1900-1990, risquent d'être complètement fausses par rapport à la situation de 2000-2050, à cause des variations de climat sensibles sur les ressources en eau.

La question est : Ce phénomène est-il pris en compte par les scientifiques, l'analysent-ils de façon sérieuse, et est-on capable aujourd'hui d'appréhender ce phénomène et d'en tirer partie pour l'analyse des ressources en eau à long terme ? Dans la mesure où un aménagement se conçoit aujourd'hui pour un certain nombre d'années, et si la ressource en 2030 est totalement différente de celle qui a été estimée en 1990, ne risque-t-on pas d'avoir des problèmes ?

B. POUYAUD :

Avant de laisser la parole à quelqu'un dans la salle ou à la tribune, je voudrais apporter une réponse personnelle. Votre question soulève plusieurs problèmes, mais le premier c'est que lorsqu'on a lancé les principaux aménagements en Afrique, on s'appuyait sur une décennie, celle de 55-65, qui était une décennie excédentaire ; donc dès le départ la statistique était un peu faussée. Il est évident que la récente sécheresse, qui a duré plus longtemps que les autres mais qui n'était pas la première, a considérablement péjoré les ressources en eau sur les très grands bassins versants. Mais au même moment on menait des recherches sur les petits bassins versants, (notamment ALBERGEL ou CHEVALLIER, à l'ORSTOM) ; or on s'est rendu compte que pendant cette période de sécheresse, parce qu'il y avait eu anthropisation, changement des états de surfaces etc., mais aussi à cause des phénomènes climatiques eux-mêmes, les crues sur les petits bassins versants avaient augmenté. On a donc constaté que l'hydraulicité des grands bassins s'abaissait, (et on peut même citer le cas du Niger qui s'est asséché en 1984, alors que cela devait faire plusieurs millénaires ou au moins plusieurs siècles que cela ne lui était arrivé), pendant que pour les petits bassins versants, au contraire, l'importance des crues augmentait. On a alors cherché à savoir quelle était la taille de bassins où se produisait l'inversion. Et on l'a trouvée, tout au moins dans la tranche de latitudes Burkina-Faso - Niger, pour les bassins de 20.000 à 50.000.Km², où l'intégration des crues et des évaporations était faite. Qu'est ce que cela veut dire pour les aménageurs ? Cela veut dire que lorsque l'on raisonne sur le volume de retenue des aménagements, donc en apports annuel ou interannuel, il vaut mieux tenir compte de la période sèche sinon on peut se retrouver de façon systématique avec des barrages surdimensionnés genre KOSSOU. Cela veut dire aussi, quand on dimensionne un déversoir de crue, et s'il s'agit d'aménagement pas trop grand, qu'il vaut mieux tenir compte davantage de la période la plus humide, parce qu'on a donc vu que la période de sécheresse augmente encore les estimations de crues qu'on peut faire.

D'autres hydrologues veulent-ils intervenir à la tribune ou dans la salle sur ce sujet ?

M. DUBAND - EDF-DTG :

C'est un problème important que vous posez, mais la grande question actuellement c'est de savoir si les événements qui ont été observés dans le passé sont imputables aux aléas d'un climat anormal. La dispersion des phénomènes de sécheresse, d'abondance, de froid etc. dans un même climat, est déjà considérable dans un climat dit stable, ce qui ne veut pas dire uniforme ; mais le problème c'est de savoir si actuellement il y a des indicateurs de rupture climatique et je crois qu'honnêtement, même si des gens ont affirmé qu'on détecte certaines choses, personne n'est en mesure actuellement de dire qu'on est dans une situation de rupture climatique. Tout ce qui sous-tend actuellement les développements, et c'est une opinion personnelle, c'est premièrement l'augmentation d'oxyde de carbone dans l'atmosphère, cela est une chose, mais deuxièmement, ce qui sous-tend toutes les extrapolations, c'est la courbe démographique, ce sont les extrapolations démographiques qui sont faites jusqu'à échéance de 2050 en faisant des hypothèses de relations entre l'influence de l'homme et son environnement aquatique, et surtout atmosphérique. Mais on n'a encore rien démontré. Il y a à la fois des gens qui par modélisation arrivent à des scénarios de modifications considérables et radicales de climat et d'autres qui sont beaucoup plus prudents, et actuellement des aménageurs ne prennent pas en compte, nous ne prenons pas en

compte, cette hypothèse, nous prenons en compte seulement les aléas climatiques dans l'histoire, c'est déjà pas mal, et c'est tout ce que l'on peut faire sur les 50 prochaines années ; ce qui ne veut pas dire qu'il ne faille pas étudier ce phénomène et savoir s'il y a des germes de la rupture climatique annoncée, mais on a des échelles de temps dans l'observation du phénomène climatique qui ne sont pas à la dimension de notre petite échelle de 100 ans actuelle. Même si il y a une préoccupation sur l'incidence de l'homme sur son environnement, comme il est évident qu'il y a des incidences sur la qualité, en ce qui concerne l'eau et l'air, quelle est la réaction avec l'atmosphère, avec l'océan ? C'est actuellement une grande question et les implications au niveau des investissements sont telles que je ne sais si l'on peut vraiment les prendre en compte. On peut l'envisager, ce sont des scénarios mais on n'est pas en mesure de prendre cela en compte pour les investissements des 40 prochaines années.

B.POUYAUD :

Merci, qui veut intervenir ?

M. GARROS - COYNE et BELLIER :

J'interviendrais toujours dans l'optique aménagement, et ferais une première remarque à propos du transparent qu'on nous a proposé avec l'échelonnement classique des aménagements en fonction d'horizons de différentes demandes, or cela s'adresse un peu aux plus profanes dans la salle ; on ne raisonne pas tellement par pas de temps de 5 ans, compte tenu des investissements en jeu, on tendrait plutôt à avoir des marches d'escalier parfois plus hautes et plus longues. C'est à dire que sur le plan, il y aura des réalisations par périodes de 5 ans, et d'autres qui se programmeront jusqu'à tous les 10 ou 20 ans.

L'autre remarque c'est pour rejoindre un peu ce que disaient DUJARDIN et DUBAND, à savoir que ces évolutions qu'on a vues sur les contrastes des décennies antérieures et des décennies présentes, on les retrouve en Afrique noire ou ailleurs et je les retrouve par exemple dans un projet au Nicaragua sur une Centrale existante qui a été faite dans les années 75 et où maintenant on s'aperçoit que les données supplémentaires traduisent un appauvrissement de la ressource, donc une difficulté dans la gestion actuelle de cet ouvrage.

Il peut éventuellement y avoir une réflexion sur les nouveaux ouvrages à mettre en chantier étant donné la controverse sur, disons "l'écologisme aménageur" qui surgit par exemple dans le cadre des études du Bangladesh où l'on dit qu'il y aurait aggravation des crues dans les deltas parce que les paysans népalais, qui sont trop pauvres, coupent trop la forêt, et donc l'action de l'homme compromettrait complètement l'hydrologie du grand bassin : pourtant, par exemple, la crue de 1988 s'est produite parce qu'il y a eu une certaine concomitance des pointes de crue du Gange et du Bramapoutre, qui est déjà en germe dans les statistiques du passé. Donc l'homme pragmatique de maintenant, dans un bureau d'étude ou dans une analyse de projet normal, n'est pas à même de faire la part des grandes tendances de la paléo-histoire d'une rivière et des aménagements apportés par l'homme. De même que le drainage agricole des 20 dernières années en Europe de l'ouest peut sans doute affecter les conditions des crues jusqu'à la fréquence décennale etc., mais que pour les grands événements de fréquence rare on ne sait trop où on en est. L'averse de Nîmes qui s'est produite en 1988 fait l'objet d'études approfondies, mais si on fait une analyse régionale on va retrouver des tas d'averses du même genre et on sera alors amené à avoir deux types de pensées : les événements normaux et les événements anormaux ; ceci s'applique surtout dans le cadre de l'étude des crues et en ce qui concerne nos modèles, il ne faudra pas se contenter de faire rentrer les données dans un modèle mathématique trop figé a priori, mais avoir une approche plus vaste.

B.POUYAUD :

Merci - Je ne sais qui veut répondre mais on pourrait tirer une première leçon de tout cela, c'est qu'il faut rester très modeste devant les événements naturels et se méfier des statistiques ! Monsieur Marcel ROCHE va certainement faire une réponse dans ce sens là.

M. ROCHE :

Je ne voudrais pas trop insister là-dessus mais je veux néanmoins marquer mon accord à la fois avec DUBAND et avec GARROS. Avec DUBAND parce qu'effectivement il est extrêmement difficile, à l'échelle humaine et même à l'échelle de l'histoire qu'on connaît et de la manière dont on la connaît, de se faire véritablement une opinion parce qu'on ignore totalement quels sont les effets de persistance et il semble bien qu'il y en ait. On peut même le montrer en faisant un certain nombre d'hypothèses qui ne paraissent pas trop idiotes, mais c'est tout, et à aucun

moment il semble qu'on puisse envisager de véritablement prévoir la fin d'une sécheresse ou la fin d'une période humide.

Le deuxième point, évoqué par GARROS c'est cette affaire d'événements extrêmes qui ont des origines composites car en fait il s'agit bien de cela ; il s'agit d'événements dont on connaît finalement à peu près la mécanique, autrement dit l'aspect de déterminisme de ces phénomènes ne nous échappe pas tellement, et tous les événements qui ont été cités relèvent de ceci ; il se trouve que plusieurs éléments interviennent, ils interviennent tantôt isolément, tantôt associés à un autre et puis de temps en temps tous en même temps. En fait l'aménagiste a la possibilité de prendre en compte l'événement extrême c'est à dire la catastrophe qui peut arriver, mais le problème c'est qu'on est totalement incapable de lui donner une probabilité, donc de traduire en termes économiques les résultats de la recherche. Je pense en fait que c'est là toute la difficulté et ceci est vrai autant pour l'averse de Nîmes que pour tout ce qui a été cité. Il est certain que si la même averse n'était pas tombée sur Nîmes mais à 30 km à côté, il n'y aurait pas de problème.

B.POUYAUD :

Ce que vous dites là me rappelle qu'il y a à peu près un an, à la demande de la Banque Mondiale, j'avais effectué une mission sur le fleuve Jaune en Chine, dont le but était de donner un avis neutre sur l'évaluation de la crue du bas Fleuve Jaune à Sanmenxia (le barrage est déjà presque rempli et il faudrait en fait un deuxième barrage). Quand on regarde les estimations de crues qui ont été faites par les chinois, qui ont des chroniques qui remontent au début de l'ère chrétienne (ils peuvent dire qu'en 214 il y a eu une crue de tant de m^3 à tel endroit, la date n'est peut-être pas sûre, mais il est exact qu'il y a eu une crue vers cette époque là), on voit que l'évaluation est d'environ $48.000 m^3/s$ pour la basse vallée du Fleuve Jaune. Cela suppose qu'il ne peut y avoir coïncidence entre la crue venant des plateaux de loess et la crue venant des collines, parce que paraît-il cela ne s'est jamais produit. Or, si ces deux crues se juxtaposaient, ce qui climatiquement ne semble pas impossible si on fait une approche catastrophique, cela donnerait $60.000 m^3/s$. Mais quand vous passez plusieurs jours avec les ingénieurs de la Commission du Fleuve Jaune, au bout d'un certain temps, quelques uns consentent à vous dire que "si en fait on ne prend pas $60.000 m^3/s$ c'est que les digues résistent à $50.000 m^3/s$ seulement !". Mais il n'empêche que le Fleuve Jaune a déjà plusieurs fois changé de cours, en 1840-1850 je crois, M. CUNGE n'est-ce pas ? et que son estuaire s'est déplacé de 500 km à la suite d'une crue, qui elle, n'a pas été mesurée.

M. CUNGE, si vous voulez intervenir.

M.CUNGE - LHF :

Je voudrais juste ajouter un commentaire, c'est que très souvent nous changeons quand même nous-mêmes la situation, et les statistiques s'en trouvent complètement faussées : à propos de Nîmes qu'évoque M. ROCHE, si on n'avait pas effectivement urbanisé la ville et les alentours, les choses se seraient peut-être passées autrement et les gens auraient été moins sensibles à la situation.

Un autre exemple, c'est l'année 1973, où la crue du Mississippi a été annoncée exceptionnelle, mais un an après les gens ont révisé leur avis. Dans les faits, le niveau était effectivement beaucoup plus élevé par rapport aux courbes de tarage habituellement utilisées. Pourquoi ? parce que les gens ont construit à l'intérieur des digues des tas d'aménagements, de villes, des routes etc. et finalement le niveau a été beaucoup plus élevé et les débits inférieurs, d'où peut-être l'intérêt de l'utilisation de modèles déterministes qui peuvent donner au moins la fourchette de ce qui se passerait avec un aménagement.

B.POUYAUD :

Il est certain que si maintenant nous avons deux ou trois crues de la Loire analogues aux trois crues qui se sont succédées au milieu du 19ème siècle, cela changerait beaucoup les avis des écologistes sur la nécessité ou non de faire des barrages sur l'amont de ce fleuve autrefois sauvage. Je crois que M. DEME veut prendre la parole.

M. DEME - O.M.V.S. :

Ma préoccupation, c'est la prévision car en fait dans notre zone on sait que la ressource vient essentiellement des pluies. Mais d'après les études faites jusqu'à présent, on a du mal à faire cette corrélation pluie-débit. J'ai l'impression qu'en Europe et dans certains pays développés, ceci se fait assez bien, alors qu'en Afrique, surtout en Afrique de l'ouest, c'est un problème de fond qui se pose et on ne sait jamais en début d'hivernage quel type de crue on peut espérer et c'est une prévision qui se fait pratiquement sur quelques jours. Je crois qu'il y a beaucoup

de recherches et de réflexions à faire dans cette direction et mon problème est de savoir s'il y a déjà des éléments permettant d'espérer arriver à des résultats. Nous sommes placés dans une situation où, même avec des modèles, sur le fleuve Sénégal (on a pourtant une série assez longue avec des données collectées depuis 1903), ce problème de fond se pose !

B.POUYAUD :

Je vais repasser la parole à M. CUNGE au sujet du Niger, mais pas du Sénégal, puisque les problèmes ne sont pas très éloignés. Je ferais cependant juste une remarque : on a un certain nombre de certitudes en hydrologie, pas beaucoup, mais quelques unes. On sait quand même relativement bien prévoir les crues sur les petits bassins versants, les évaluer, évaluer les risques etc., je vois M. ROCHE qui hoche la tête..., mais disons qu'on connaît cela mieux que d'autres choses. ... pardon ! pas en temps réel, certes, mais on est capable de dimensionner un ouvrage ou un déversoir de crue sur un petit bassin versant de moins de 100 km² ou 200 km². Par contre pour les grands bassins, c'est beaucoup plus compliqué. Mais évidemment les aménageurs demandent toujours : "prévoyez nous les crues tant de semaines à l'avance", on peut faire la prévision de crue quand on sait ce qui coule sur les hauts bassins, mais de là à prévoir avant que la pluie ne soit tombée ce qui va tomber, c'est un gros problème. M. CUNGE vous voulez intervenir ?

M. CUNGE :

C'est vrai qu'il y a ce problème du Niger, où on voudrait avoir la prévision de crues dans le delta central à un mois et on sait que le temps de propagation est inférieur à un mois. Dans ce cas là, il faudrait prévoir la pluie et je ne suis pas sûr que cela soit possible aujourd'hui, scientifiquement. Cela dit, ce pourrait être un problème insoluble, et dans beaucoup de cas on ne le sait même pas. On soupçonne, on ne sait pas.. et on s'aperçoit que très souvent il n'y a pas d'études ni d'exams de la situation qui permettent de trancher et c'est le cas notamment du Niger où il y a des opinions variées, mais où finalement il n'y a pas de bases tangibles de consensus. Or, cette base aujourd'hui est à portée de main, dans le sens qu'il serait absolument possible de l'avoir et de décider, et pourtant ça se promène...on ne décide pas. On ne sait pas !

B.POUYAUD :

D'autres questions sur ce thème ? M. DUJARDIN une remarque !

M. DUJARDIN :

La prévision de pluie, ou plutôt la prévision d'apports en temps réel, c'est plus ou moins efficace, c'est plus ou moins performant, mais ça marche quand même ! le seul problème c'est que pour prévoir quelque chose il faut trouver un indicateur qui explique la chose. Alors historiquement on a commencé par mesurer un débit à l'amont d'une rivière en se disant : ce débit on le retrouvera un peu grossi à l'aval ! cela laissait un délai relativement court. On fait des progrès quand on prend en compte la pluie et la transformation pluie-débit, avec une incertitude plus forte, mais un délai plus fort. On commence à avoir des approches qui s'intéressent à la climatologie, la position d'un front intercontinental, climatique ou autre, un courant marin ou océanique, permettent encore d'améliorer les délais. Mais il est certain que si on n'a pas les éléments de mesure, d'informations explicatives dans un délai suffisant pour la gestion qui est recherchée de l'ouvrage, ce n'est plus possible. Il y a quand même une limite.

B.POUYAUD :

Là encore on tombe sur les problèmes liés à la spécificité des régions. Sur le Niger par exemple, 80% de la pluie qui tombe sur le bassin versant est une pluie recyclée ! Ce qui veut dire que si on arrivait à faire une corrélation à peu près bonne, par exemple entre les températures de surface du golfe de Guinée (puisque on l'a faite à certaines époques) et l'importance de la saison des pluies, on n'expliquerait en fait que 20% du phénomène qu'on veut expliquer ! Cela, c'est un indicatif brutal des problèmes qu'on peut avoir avec ce genre de prévisions.

M. GEIXLIX membre de l'AJE et de la Revue de Métrologie pratique et légale :

J'ai assisté à la conférence donnée par le CNRS sur le projet PIREN-SEINE. et je voudrais savoir quelle est la participation de l'ORSTOM dans ce projet.

B. POUYAUD :

Je vais donner tout de suite la parole à mon voisin de droite, C.LEVEQUE, qui connaît bien le PIREN, mais je vous rappellerai quand même que l'ORSTOM est un organisme qui est réputé travailler sous les tropiques !

M. LEVEQUE :

Oui, la réponse est à la fois difficile et simple, l'ORSTOM n'est pas engagé directement dans la recherche sur le PIREN-SEINE, puisque nous avons essentiellement des équipes qui travaillent outre-mer et que notre vocation, c'est de travailler outre-mer ; donc, il n'y a pas d'implication directe de l'ORSTOM dans ces recherches ; par contre nous avons, du point de vue intellectuel, un certain nombre de relations avec le responsable de ce PIREN-SEINE qui est le Professeur De MARSILY, que nous connaissons bien et avec lequel nous entretenons d'excellentes relations puisqu'il est membre de certains de nos commissions et de de nos comités. Donc tout l'acquis que nous pouvons avoir au niveau scientifique, il est bien entendu à la disposition et utilisé par le Pr de MARSILY. Je crois que c'est à peu près ce qu'on peut dire au niveau de la participation de l'ORSTOM en ce qui concerne le PIREN-SEINE, si ce n'est que personnellement j'ai participé activement à la mise en place de ce programme en tant que chargé de mission du PIREN pour ce programme.

B.POUYAUD :

Monsieur DUBREUIL demande la parole.

P. DUBREUIL :

Votre débat jusqu'à maintenant a surtout porté sur les problèmes de variabilité climatique autour des débits. Je voudrais m'appuyer sur les exposés de LEVEQUE et de POINT, qui m'ont paru très intéressants, et également sur celui de LEMOIGNE, pour parler un peu d'influence humaine et de présence de l'homme dans tous ces scénarii, où on parle de la gestion. Je reviens sur ce qu'a dit M. LEMOIGNE. Il a dit qu'il y avait depuis un certain nombre d'années sous les tropiques un accroissement considérable de l'urbanisation, de la déforestation, de la modification du milieu, donc une certitude de l'accroissement de la pollution, et que malgré cela, on n'avait pas encore mis en place de systèmes permettant de contrôler de manière régulière l'évolution non seulement de la quantité, c'est déjà fait, mais de la qualité des cours d'eau, y inclus des transports solides. Je pense qu'il s'agit là d'une chose très importante et, en particulier, pour la ceinture intertropicale qui est comme vous le dites, plus ou moins encore naturelle. Il serait quand même important qu'une initiative soit prise au plan mondial... et je me retourne vers J. RODDA de l'OMM, puisque l'hydrologie opérationnelle devrait inclure la qualité de l'eau et les transports solides, pour lui faire une suggestion ou lui demander ce que pense l'OMM en ce domaine. Pour prendre un exemple concret, il y a quelques années en France, lorsque la pollution des rivières est apparue flagrante et qu'on n'avait aucune mesure, on a lancé l'inventaire national de la pollution qui a permis d'avoir un cliché national. Pourquoi ne lanceriez-vous pas l'année zéro de la qualité des rivières de la ceinture intertropicale qui permettrait ensuite de poursuivre des contrôles continus et alimenterait l'analyse des connaissances dont ont besoin les hydrobiologistes ou les environnementalistes, je ne veux pas utiliser le mot écologiste, et les hydrologues pour monter les modèles permettant ensuite de prévoir et de prendre les décisions ?. C'est la première question que je vous pose j'en aurai une deuxième après pour M. POINT

B.POUYAUD :

On peut donc demander à M. RODDA de vous répondre s'il le veut bien.

M. RODDA :

M. DUBREUIL a posé une question sur la qualité de l'eau et peut-être le rôle qui incombe à l'OMM à ce propos. Nous avons un programme OMM dont la majeure partie concerne la planification des réseaux pour les observations de la qualité, mais nous avons aussi la modélisation qui suit la planification. C'est cependant un domaine peu développé dans notre programme et j'espère que dans les années à venir nous développerons, comme je l'ai mentionné, un projet de simulation destinée à la comparaison des modèles et nous choisirions alors des petits bassins versants pour essayer de le faire.

B. POUYAUD :

Je pourrais ajouter que dans le cadre du programme dont M. Guy LEMOIGNE a parlé "Water assessment : hydrologie subsaharienne", il est bien prévu que l'on fasse un point des mesures existant dans toute l'Afrique de l'ouest et centrale, donc de la qualité des eaux au bord des rivières et il ne fait nul doute qu'une des principales recommandations, vu le peu de choses qu'on trouvera, sera précisément de proposer de lancer quelques programmes.

M. DUBREUIL veut poser sa deuxième question ?

M. DUBREUIL :

Oui je commente ce que vous venez de dire, M. RODDA et vous, à savoir qu'il n'est pas concevable dans les 10, 20 ou 30 années qui viennent d'envisager la moindre proposition scientifique pour la gestion des systèmes d'eau tropicaux sans que soit associée la connaissance de la qualité des eaux à celle sur les quantités, qui est déjà relativement ancienne. Maintenant je vais plus loin, je prends l'exemple de M. DEME sur la vallée du Sénégal, il nous a parfaitement illustré ce que je pourrais appeler "les conflits" qui apparaîtront entre les agriculteurs demandeurs d'eau pour leurs cultures de décrue, les nouveaux agriculteurs des cultures de contre-saison et les autres usagers. C'est l'histoire classique des conflits entre les différents usagers d'une eau insuffisante sur une rivière, et jusqu'à maintenant, il n'y a pas d'outil d'arbitrage, il n'y a pas d'outils d'aide à la décision que les scientifiques aient pu élaborer. M. POINT nous a montré des choses fort intéressantes, par exemple travaillant autour d'un prix ou d'un pseudo prix. Car effectivement, pour le moment, toutes les approches économiques sont complètement séparées des approches hydrologiques et hydrauliques, ce qui fait que l'homme politique qui est chargé d'arbitrer, car finalement, et c'est l'exemple de la Loire que vous avez donné en introduction, c'est l'homme politique qui va à la fin prendre une décision et elle sera aujourd'hui la plus mauvaise possible, puisque ce sera celle qui dépendra de celui qui aura crié le plus fort, du groupe de pression le plus fort, quel qu'il soit. C'est celui qui selon M. POINT détériore davantage la ressource, or il est quand même de la responsabilité des scientifiques d'aider à la création d'outils d'aide à la décision pour éviter que celle-ci ne soit prise simplement de cette manière. Alors, j'aimerais bien demander à M. DEME s'il a besoin d'outils d'aide à la décision pour gérer le bassin du Sénégal, demander à M. POINT s'il a la capacité de nous proposer quelque chose et puis d'ajouter qu'au-delà de l'économie, qui est malgré tout une science mathématique comme l'hydrologie, ou à base de chiffres, il y a toute la sociologie, le comportement des populations. Et nous savons bien, exemple de la Loire, que s'il n'y a pas de procédure d'arbitrage sociologique, c'est à dire de prise en compte des comportements des populations on ne pourra plus faire d'aménagements même dans les grands pays tropicaux. J'ai eu la chance d'être en Inde l'année dernière à un colloque franco-indien sur l'eau, les groupes environnementalistes sont très forts dans ce pays et ont une pression considérable sur les décisions. J'ai vécu au Brésil la mise en place des premiers grands aménagements en Amazonie, où les groupes de pressions ont aussi un rôle considérable et il n'y a pas de procédure d'arbitrage. Or Je ne pense pas qu'il puisse y avoir demain de gestion rationnelle de systèmes d'eau si on ne met pas en place de telles procédures d'arbitrage. Alors mes questions vont à ceux qui veulent bien y répondre, j'ai cité M. POINT, j'ai cité M. DEME ...

B. POUYAUD :

Je crois que votre question se place à deux niveaux car il y a à la fois ce qui se passe dans un Etat, on a vu ce qui s'est passé en France et qui a abouti à la mise en place des Agences de Bassins, et puis ce qui se passe sur les bassins internationaux où il n'y a pas de Droit international ; personne ne peut empêcher les Irakiens de barrer l'Euphrate, donc il y a un problème absolument considérable.

Qui veut répondre ? M. DEME...

M. DEME :

Je pense que pour le moment on n'a pas ce gros problème d'arbitrage, puisqu'en fait la contrainte ce n'est pas au niveau de la ressource, il n'y a pas que l'agriculture, il y a les autres utilisations... donc le problème de fond c'est surtout cette culture de décrue qui répond à des cas sociologiques puisqu'en fait il s'agit d'inonder 400 000 ha pour en cultiver 100 000, et peut-être pour produire 50 000 T de culture traditionnelle et cela coûte beaucoup d'eau. D'un point de vue sociologique, il y a effectivement un critère qui joue puisqu'il faut éviter la rupture brutale entre le traditionnel et le moderne, mais d'un point de vue économique, même si je ne suis pas économiste, il n'est pas très rationnel de lâcher 7 milliards de m³ d'eau pour produire 50 000 T. Ce qui me fait dire que pour le

moment on n'a peut-être pas ce problème d'arbitrage, bien qu'on l'aura si le poids sociologique nous impose de garder trop longtemps la crue artificielle, ce qui n'est pas prévu dans le programme, puisque ce n'est pas une fonction essentielle du barrage. Le problème est complexe car je pense qu'on se retrouve dans une situation où il y a deux types de critères : il y a des critères sociologiques qui ne sont pas toujours quantifiables, et des critères économiques qui le sont. Dans notre cas, peut-être pas immédiatement, mais d'ici 15 ans ou 20 ans, on aura des problèmes d'hydroélectricité qui peuvent être confrontés à des problèmes de survie au niveau de l'agriculture. Alors comment faudra-t-il arbitrer ? J'ai du mal à dire concrètement ce que les politiciens décideront puisque ce sera à ce niveau là que la décision sera certainement prise. D'après nos études, on se dit que plutôt que de réduire la production d'électricité, à la limite pourquoi ne pas supprimer la crue artificielle et augmenter de 1F ou de 0,50 F le prix de l'électricité au KW/H ? Cela compenserait la valeur de ce qui aurait dû être produit. Au niveau des décideurs, est-ce suffisant comme raisonnement ? Je ne le pense pas.

B. POUYAUD :

C'est certainement un sujet important et nous allons passer la parole à M. POINT.

M.POINT :

C'est un sujet évidemment éminemment délicat. Introduire un peu de rationalité économique là où il n'y en a pas, je crois que ce n'est pas inutile. On est confronté sans arrêt à des situations où effectivement on a des affectations quantitatives dans des situations figées où il n'y a plus aucune souplesse et où les conflits finalement d'usage, qu'on peut observer, naissent de l'apparition à certains moments de désajustements et parce qu'il n'y a pas de possibilité d'adaptation. Dans certains cas d'ailleurs il faut saluer les capacités d'innovation qui peuvent se développer à propos de situations totalement figées ; je pense à l'exemple des Etats Unis. Je ne dis pas que ce soit la panacée, loin de là, mais dans le carcan qu'était celui des Etats Unis au point de vue des droits d'eau, on a vu se créer un marché des droits d'eau pour des situations qui étaient complètement bloquées et où effectivement l'alimentation en eau potable devenait problématique dans un certain nombre de cités. Il a fallu imaginer des solutions pour en sortir et ce fut finalement la réintroduction d'un outil très libéral qui est le marché des droits d'eau. Donc entendons-nous bien, ceci n'est sans doute pas la solution qu'il faut partout.. Ce n'est pas la panacée, mais il faut essayer d'en tenir compte. Alors il y a le problème des transitions qu'il n'est pas facile de faire quand on veut réaffecter des choses et c'est là que le calcul économique peut nous donner des informations assez précises sur les pseudo-prix qui existent dans les différents usages. Et on va s'apercevoir qu'effectivement certains usages ont un pseudo prix plus élevé, et cela voudrait dire qu'il faudrait faire des transitions vers ceux-ci, mais aussi qu'il faudrait trouver le mécanisme institutionnel. Mais alors, c'est là que la sociologie des organisations, la négociation des conflits interviennent, il y a là toute une recherche à approfondir car c'est un domaine dans lequel l'empirisme prévaut mais où tout de même on pourrait essayer de rationaliser les choses. Je crois que la notion de gestion patrimoniale doit jouer un rôle considérable dans ce domaine ; il faut que les gens se sentent responsabilisés, impliqués dans les problèmes, et le rôle des scientifiques c'est au fond d'éclairer le débat, d'apporter des informations, de dire, même comme économiste, voici : on a des pseudo prix qui tendraient à montrer que pour la collectivité il serait plus intéressant de transférer de la ressource dans tel usage tout en tenant compte de tous les aspects. Et en particulier, il faut bien tenir compte des phénomènes de redistribution dont certains peuvent d'ailleurs avoir des effets tout à fait pervers. C'est donc là une approche vraiment très globale, très intégrée qu'il faut introduire avec toutes les dimensions, y compris la dimension écologique, car lorsque je parle d'effet redistributif ce peut être des effets monétaires directs, mais aussi des effets qui transitent par des dégradations de gros systèmes etc. et qui à terme effectivement se traduiront de façon économique.

B. POUYAUD :

Le temps passe mais nous avons finalement abordé les trois thèmes, merci M. DUBREUIL... on est donc dans les temps.

M. Guy LEMOIGNE voudrait parler.

M. LEMOIGNE :

Merci. Je voudrais faire une ou deux remarques en ce qui concerne les aspects écologiques : Au niveau des grands aménagements hydrauliques, je crois qu'en France, en tout cas les bureaux d'études français travaillant à l'étranger, on perçoit assez mal l'importance de l'environnement dans les projets. Je leur en parle souvent et j'ai bien du mal à convaincre certains d'entre eux. Il me disent : j'ai recruté un écologiste "Al dul allah" je crois que c'est une approche qui ne va pas du tout. M. DUBREUIL a fait allusion à l'Inde et je crois que là aussi il y a beaucoup à

apprendre des Etats Unis. En Californie a eu lieu il y a un mois un séminaire, auquel je n'ai pu malheureusement participer, sur la gestion des conflits de l'eau, sur les aspects sociologiques. M. POINT parlait de la recherche nécessaire, disons que le pouvoir des écologistes aux Etats Unis est très très supérieur à ce qu'il est en France. Il en résulte que dans ce pays la recherche sociologique est très en avance sur la nôtre. Je pense qu'il y a là un gros effort à faire en France et par la France à l'étranger. Associer des écologistes dès le départ aux projets me paraît indispensable ne serait-ce que pour "strike the balance" comme on dit en Amérique, pour obtenir une balance entre les besoins des écologistes et les besoins du développement. S'ils sont associés dès le départ ils se sentiront beaucoup plus concernés, mais que les ingénieurs français soient bons et acquièrent une mentalité écologique ! Elle manque totalement à mon avis et c'est très clair à la Banque Mondiale ; aussi obsédés puissent être les écologistes et agaçants parfois dans leurs extrêmes.

En ce qui concerne l'autre point sur le droit international, M. POUYAUD disait qu'on ne peut faire grand chose, ce n'est pas toujours tout à fait vrai. Lorsque les bailleurs de fonds financent des projets en matière de droit international, ils sont parfois amenés à pouvoir imposer une certaine restriction, vous parliez de l'Euphrate, nous avons pu, lorsqu'on y a été un peu associés, imposer un débit minimum de 500 m³/s et là je crois qu'on peut rendre hommage, la Banque Mondiale ne le mérite pas, à l'OMVS pour le Sénégal. C'est un des rares cas d'un accord tripartite pour l'aménagement d'un fleuve. Nous n'étions pas convaincus à la Banque Mondiale, que le dimensionnement et le choix de faire à la fois MANANTALI et DIAMA en même temps, d'avoir investi grosso modo 1 Million de \$, alors qu'aujourd'hui on n'en est qu'aux cultures de décrues ; sur le plan économique, on peut peut-être discuter du mérite du choix de la taille et des investissements, mais en revanche sur le plan du mérite, le fait d'avoir réussi à obtenir un accord entre les trois pays, je crois, est tout à fait digne d'intérêt.

B. POUYAUD :

Christian LEVEQUE ou M. CUNGE.

M. CUNGE :

Justement un mot à ce sujet et à un niveau un peu plus modeste je crois que nous avons, nous les ingénieurs, un langage totalement hermétique pour les gens de l'extérieur. Et quand il y a le problème de l'intérêt des groupes de pression pour l'aménagement, quand on a un problème tel qu'en France avec la Loire, il faut trouver le moyen d'expression pour montrer aux gens quelles sont les conséquences et les résultats de nos études, autrement que sous la forme de 5 volumes de courbes et de conclusions, que personne ne peut comprendre, en dehors des seuls spécialistes. Sinon on ne pourra jamais les associer, et ce que dit M. LEMOIGNE est vrai, si on s'exprime en ce langage là.

B. POUYAUD :

Vous voulez dire qu'on aurait besoin autant des Sciences Humaines pour nous aider à publier des rapports lisibles, que pour faire les enquêtes sur le terrain ?

M. DUJARDIN :

Juste à l'amont de ce qui a été dit, je crois que M. LEMOIGNE a parfaitement raison mais en fait il y a un autre problème, c'est que l'aspect écologie, pollution etc. ne peut être pris en compte que si, avant même l'étude et l'intervention des techniciens, il y a une volonté politique d'aborder ce problème. Tant que dans les devis d'étude il n'y a pas la rubrique et les crédits correspondants les ingénieurs n'attaqueront pas ce problème. Ils ont été poussés par le public finalement beaucoup plus que par les politique et c'est seulement après que l'outil vient.

B. POUYAUD :

Je donne le droit de réponse aux banquiers.

M. LEMOIGNE :

Là, c'est la thèse des ingénieurs conseils, et je souligne que je n'ai rien contre les ingénieurs conseils, j'ai passé la moitié de ma carrière dans divers bureaux d'étude ; mais il n'en demeure pas moins qu'un ingénieur conseil dans le dimensionnement d'un barrage se sent tout à fait qualifié pour influencer, conseiller le maître d'ouvrage. Souvent il prépare lui-même les termes de référence, or, dans le dimensionnement d'un ouvrage, un ingénieur conseil a très

rarement proposé de tenir compte du problème de déplacement des populations qui peut avoir une influence considérable sur le dimensionnement de l'ouvrage.

B. POUYAUD :

Je donne la parole au représentant de COYNE et BELLIER car je crois que êtes dans la même controverse !

M.GARROS :

Là, je rappellerai à M. LEMOIGNE qu'il a traité un peu ce thème à San Francisco en 1988 lors du congrès des grands barrages. J'ai assisté à ce congrès en tant qu'hydrologue et toute une série de questions avaient été consacrées à l'écologie de l'environnement et je dirais même, au sens large, aux études d'impact. Or, de mon avis d'hydrologue, il ressortait de ces communications, un grave malentendu entre d'une part les techniciens et d'autre part les écologistes au sens large. Parler d'écologie en pays développé c'est une chose, parler d'écologie, d'étude d'impact et d'environnement en pays sous-développé, c'en est une autre. A un moment, je me disais : l'écologie c'est une affaire de petites bêtes ; lorsqu'on me parle d'onchocercose je me dis que ce n'est plus une affaire de petites bêtes. Lorsque je dis maintenant qu'en 71-72 je voyais à Djakarta la basse ville marquée complètement par les problèmes de pollution urbaine, que c'est insoluble et qu'on ne voit pas quand on arrivera à le résoudre, je confirme que le problème d'environnement nous concerne tous aussi bien les écologistes que les sociologues, les économistes que les ingénieurs, mais il y a malheureusement un flou dans ces différentes disciplines ; il y a une écologie qui est du domaine de l'entomologie, de la description naturaliste, et bien souvent elle n'a pas tellement sa place dans les problèmes d'aménagement dans le tiers monde. Par contre, il y a tout un problème, comme le dit M. LEMOIGNE, relatif aux déplacements des populations ; c'est finalement un problème de sociologie au sens large, car lorsqu'on sera trois milliards de plus, les premières petites bêtes dont il faudra s'occuper c'est nous-mêmes ! Il y a là matière à réflexion.

B. POUYAUD :

Je donne tout d'abord le droit de réponse à Christian LEVEQUE et ensuite à A. CORNET qui vont défendre, deux fois plutôt qu'une, les écologistes !

C. LEVEQUE :

C'est avec un certain plaisir que j'entends parler d'écologie dans cette assistance et je voudrais tout d'abord citer en exemple le programme "onchocercose" présenté par le Dr SAMBA, qui a été mis en place il y a maintenant 15 ans, et qui dès l'origine a associé une équipe d'écologistes à ses recherches, à ses travaux. Je crois que c'est extrêmement important de le souligner, car le déversement de quantités incroyables d'insecticides dans les rivières avait fait paraître au début du projet, un certain nombre d'articles incendiaires dans les journaux. Il y avait effectivement un certain danger à déverser sans contrôle des insecticides si toxiques dans ces milieux, avec la conséquence éventuelle de voir disparaître un certain nombre de ressources, notamment le poisson qui constitue une part appréciable de l'alimentation des riverains. Donc dans le cadre de ce programme, dès le départ, et avant le démarrage des épandages, des équipes d'hydrobiologistes ont été mises en place dans les différents pays, formées éventuellement de spécialistes européens, et ont eu à évaluer l'effet à court terme, à moyen terme et à long terme de l'épandage d'insecticides dans les rivières. Il y a toujours un impact, mais nous avons mis au point un certain nombre de critères qu'il ne fallait pas dépasser. Par exemple, il était hors de question d'utiliser des insecticides tuant du poisson, au moins pendant les premiers épandages, mais il fallait également préciser un certain nombre d'autres caractéristiques à utiliser dans les épandages opérationnels... et finalement, ce programme de surveillance de l'environnement aquatique, qui a été mis en place dans le programme onchocercose, qui a fait sourire au début (il a fait sourire un certain nombre de gens !) a été aussi imposé par les bailleurs de fonds. Vous savez que le programme Onchocercose est cofinancé par des donateurs, des pays industrialisés dont les Etats-Unis, les Pays Bas, la France etc. et lesquels ont dès le départ imposé cette surveillance écologique. A l'heure actuelle on s'aperçoit que d'une part elle a été très efficace, puisqu'elle a permis au programme d'utiliser des insecticides relativement peu toxiques pour la faune aquatique, mais suffisamment toxiques pour la simule, et d'autre part elle a permis au programme d'avoir une crédibilité internationale parce que la mise en place de ce programme, qui montre à tous les détracteurs éventuels qu'il y a une surveillance écologique, que l'impact des épandages est relativement minime par rapport à l'ensemble des modifications du milieu, a apporté une caution, et je pense que le Dr SAMBA peut le confirmer, les donateurs sont tout à fait satisfaits de l'existence de cette surveillance écologique.

B. POUYAUD :

M. CORNET veut intervenir ?

Antoine CORNET, Ecologiste à l'ORSTOM et responsable du département Milieux et Activités Agricoles :

Je voudrais intervenir un peu sur le problème de l'écologie en rejoignant là les travaux que fait M. POINT et sa présentation. Je crois en effet que le problème n'est pas tellement la diversité disciplinaire et si les écologistes passent souvent pour des doux rêveurs s'occupant de petites bestioles, c'est qu'il y a effectivement un problème au niveau de l'écologie, au niveau de la traduction de nos résultats en termes acceptables et en termes compréhensibles par des décideurs et des autorités politiques. Je vais prendre un exemple, celui de la vallée du Sénégal. La suppression de la crue, que va-t-elle entraîner ? Elle va entraîner la suppression des cultures de décrue, c'est effectivement une faible baisse de productivité, si on compare cela à la quantité d'aliments produits par les cultures irriguées. Mais la disparition de la crue va modifier quoi ? Elle va modifier toute la production de matières organiques des zones soumises à ces crues, or cela, les écologistes peuvent le chiffrer à partir d'une étude ; nous pouvons dire que dans le fleuve Sénégal il y aura tant de tonnes de moins de matières organiques, nous pouvons dire à la limite que cela risque d'influencer la population halieutique sur tel pourcentage, mais de là à le traduire réellement en termes économiques comparables à une baisse de rendement ou à un coup du KW/H, c'est un problème. C'est là que nous sommes très en éveil, et il y a eu malheureusement très peu d'études comparables à celles que présentait M. POINT sur le résultat économique des impacts écologiques. Ce problème est à un tel point sensible, que nous avons discuté, à l'époque où j'étais au groupe MAB du Sénégal, l'influence du rôle des crues sur la vallée du Sénégal. et nous avons dit "il va avoir y avoir sinon disparition tout au moins diminution de la gonakeraie et cela va entraîner une baisse de la productivité de tant !" etc. mais lorsque au niveau du Ministère du Plan, à Dakar, ce genre de phénomène a été discuté, on nous a demandé "pouvez-vous chiffrer ce que cela va représenter en perte, du point de vue économique etc. ?". Nous avons toujours été incapables de le faire. Je dirais donc qu'il y a un énorme besoin de couplage d'une recherche en économie et d'une recherche en écologie. et que c'est une des grandes lacunes à l'heure actuelle.

B. POUYAUD :

M. DEME je pense que c'est à vous d'intervenir maintenant et de répondre !

M. DEME :

Dans notre cas en fait, il n'y aura pas totalement une disparition des inondations car comme je l'ai fait remarquer, les barrages ne contrôlent que 50% des apports, et c'est le Bafing qui est concerné, donc il y aura toujours des inondations. Ces inondations n'auront pas l'ampleur qu'elles avaient dans la situation sans barrage, mais en fonction des apports naturels nous aurons toujours des zones qui seront inondées parce que nous aurons toujours, en période de crues, environ 40 à 50% des apports naturels. Ce qui me préoccupe, c'est que si ces problèmes d'environnement, d'écologie, sont très importants, ils le sont d'un point de vue qualitatif et on en parle beaucoup, mais il ne faudrait pas oublier la dimension quantitative. Il y a le problème du coût et il faudrait parallèlement envisager ou imaginer l'intégration de cette dimension d'écologie dans les études, et envisager également des recherches en matière de développement économique, surtout d'évaluation des projets, car le risque est grand que la dimension "coût de préservation de l'environnement" et "écologique" se traduise par des calculs de rentabilité qui ne soient plus acceptables, compte tenu des critères de certains bailleurs de fonds. Je pense donc qu'il faudrait que la recherche se fasse dans les deux domaines ; d'accord pour la prise en compte de la dimension écologie-environnement, mais il faudrait parallèlement que ceci puisse être traduit par une réflexion qui permette de l'introduire de manière un peu plus adaptée dans les critères d'évaluation des projets.

M. LEMOIGNE ?

Merci. Je voudrais apporter une information que vous connaissez peut-être mais peut-être pas. Tous les bailleurs de fonds de la Banque Mondiale pour les crédits de l'IDA, crédits aux pays les moins favorisés, ont imposé dans le cadre de la réalimentation des fonds, que sur tous les projets financés par la Banque Mondiale, il y ait avant les études de factibilité, des études et un suivi d'impact sur l'environnement. La Banque Mondiale finance à peu près 250 projets par an et notre principal vice-Président pour les opérations, nous disait, ainsi qu'aux gens de la FAO, que sur ces 250 projets, 75 à 80 ont nécessité des financements très détaillés pour l'environnement. Je le dis, car cela répond en partie à la question du représentant de COYNE et BELLIER. Je crois que les bureaux d'étude français devraient se préparer, on ne peut plus ignorer l'environnement, je constate que les bureaux d'études

étrangers s'associent avec des bureaux d'environnement américains et autres. Il ne suffit pas de dire on va prendre un écologiste dans notre bureau !

B. POUYAUD :

M. LEVEQUE, un mot ?

C. LEVEQUE :

Oui, j'aurais deux commentaires qui me paraissent tout à fait importants en ce qui concerne le problème de l'écologie. Il est tout à fait vrai que les écologistes étaient pendant longtemps des naturalistes qui confondaient étude d'impact et étude de leurs petites bêtes. Je l'ai dit je crois moi-même et c'est malheureusement le cas. Cela veut dire quoi ? Cela veut dire qu'en France, pendant très longtemps, on a été incapable de développer une société d'écologistes performants. On a pendant longtemps traîné l'aspect naturaliste, je ne dirais pas le "boulet" parce qu'il y a un certain charme au naturalisme, mais le "boulet" naturaliste qui a fait que nous étions des spécialistes de certains groupes qui étudiaient l'impact d'un produit X sur des aménagements Y sur l'espèce lambda. Il y a eu aux Etats Unis un développement parallèle d'une approche écologique basée sur des modèles conceptuels, basée également sur la modélisation de plus en plus numérique des résultats et qui a fait des progrès considérables au cours des 10 dernières années, aboutissant aussi parfois à des culs de sac, mais qui a permis d'aller beaucoup plus de l'avant et d'utiliser un langage qui était communicable à un certain nombre de gestionnaires, le langage mathématique est plus facilement transmissible à d'autres que le langage ésotérique des spécialistes. Donc, la communauté française a eu un certain retard et commence maintenant seulement à combler ce retard de ce qu'on peut appeler une écologie théorique, parce qu'on ne peut pas faire de l'écologie, si on n'a pas de bases conceptuelles, des outils conceptuels et des bases théoriques pour la faire. C'est un point fondamental et on n'insistera jamais assez sur la nécessité de la formation là aussi ; on a besoin d'une formation à l'écologie, qui ne soit pas simplement une formation naturaliste mais une formation d'écologie conceptuelle. C'est je crois un des points qu'il faut développer, qu'il faut pousser parce qu'on est quand même un peu sous-développés en France sur ce point là. Je ferai un autre commentaire après.

B. POUYAUD :

Avant de passer la parole au représentant de COYNE et BELLIER, M. LEMOIGNE voudrait intervenir

M. LEMOIGNE :

L'autre information que je voulais aussi communiquer c'est que la semaine prochaine à Paris se tiendra la réunion des bailleurs de fonds pour décider des thèmes qui seront retenus. Vous savez que M. BEREGOVOY a proposé à la réunion des gouverneurs de la Banque Mondiale et du Fonds Monétaire la création d'un fonds pour l'environnement qui sera géré par la Banque Mondiale, et il a dit "La France mettra neuf cent et quelques millions de Francs dans ce fonds là". Alors les autres bailleurs de fonds s'y mettent aussi, la démarche a été quelque peu retardée à cause des fonds de l'IDA, mais la semaine prochaine les bailleurs de fonds vont décider, ici à Paris, des quatre ou cinq thèmes à retenir pour le financement, parce que l'environnement est un thème un peu vaste, il y aura sûrement la forêt et quelques autres, il y a une assez longue liste. La décision va être prise la semaine prochaine, je vous suggère de suivre ces débats.

M. LEVEQUE :

Le deuxième commentaire que je voulais faire et qui est très bref, c'est que je crois que cette discussion montre tout à fait l'intérêt de relier les différentes sciences entre elles; elle montre l'intérêt finalement de la multidisciplinarité et je vais poser une question : pourquoi sommes-nous tellement d'accord sur la nécessité d'une multidisciplinarité et pourquoi avons-nous tant de mal à la mettre en oeuvre.?

B. POUYAUD :

Il veut dire qu'il y a à la tribune le Département Eaux-Continentalles rêvé ... M. GARROS ?

M. GARROS :

M. LEMOIGNE a bien éclairé un certain nombre de questions que je me posais. Mais déjà dans sa première intervention quelque chose m'a frappé, et c'est parce que cette remarque avait été faite à San Francisco. Il m'a cité à propos d'environnement et d'étude d'impact ce problème de personnes qui habitent dans une cuvette de retenue, c'est un problème auquel on est confronté journallement si on veut faire un projet tel qu'à JAVA, où on a des densités qui vont de 100 à 1000 hab. au km². C'est du ressort, je dirais, de l'écologie analytique, thématique, sur le plan par exemple des nitrates qui peuvent s'y lier. Mais est-ce qu'il est du ressort de la sociologie, de l'économie ? J'ajouterai aussi que c'est un problème de décideurs politiques. Comment travaillant pour Electricité d'Haiti ou Electricité de JAVA puis-je avoir un poids, en tant que conseil, sur une décision portant sur dix mille personnes par exemple vivant dans un réservoir potentiel ? Et comment M. LEVEQUE, écologiste de son côté, peut avoir aussi un poids sur ce sujet ? Chacun a un rôle, aussi bien au niveau, disons des techniciens, que des financiers, que des maîtres d'oeuvre et des bureaux d'ingénieurs conseils, qui reste à bien définir. Il y a une règle du jeu à établir.

B. POUYAUD :

Je crois que la réponse, M. LEMOIGNE l'a déjà donnée et la parole est toujours aux financiers en dernière ligne. Il suffirait qu'ils disent que dans le cahier des charges du programme présenté, l'aspect écologique sera bien pris en compte et sera un des critères, au même titre que la beauté des barrages qui seront construits et leur efficacité, alors il faudra bien que les bureaux d'études en tiennent compte.

M.GARROS :

Oui mais l'aspect écologique de 10 000 personnes, ce n'est plus un aspect écologique ! C'est une décision de politiques. Pour 10 000 paysans vivant dans un "kampung" à Java, c'est autre chose que de l'écologie !

M. LEMOIGNE :

Si ce thème vous intéresse, nous avons établi des dead-line assez précis sur les mesures que les bailleurs de fonds tels que la Banque Mondiale, et je suppose la Banque Asiatique, imposent aux pays emprunteurs, pour assurer aux personnes déplacées un revenu au moins égal ou de préférence supérieur, et pas simplement un dédommagement, et je vous suggère de les lire. Il y a toute une culture sociologique et écologique dont les bureaux d'étude devraient d'abord être conscients et nous demanderons, nous bailleurs de fonds, que les études de factibilité incorporent tous ces éléments. Les sociétés qui ne seront pas à même de présenter aux bailleurs de fonds cette palette, seront face à des difficultés, car vos concurrents eux s'équipent !

B. POUYAUD :

Je vois que l'heure tourne, mais je constate aussi qu'on a abordé très largement les trois thèmes qui étaient prévus. On pourrait peut-être passer aux questions finales si des personnes veulent encore intervenir.

M. CHAPEL - ARIANE Espace :

Je ne suis pas du tout écologue mais j'ai une question à poser aux utilisateurs de satellites : on a beaucoup parlé de systèmes opérationnels, et généralement quand on pense à opérationnel, on pense tout de suite à pérennité du service, à la qualité du service et aussi coût.

Pérennité du service aujourd'hui c'est le système ARGOS et demain il y aura beaucoup d'autres systèmes concurrents, LOCKSTAR, GEOSTAR, IMMARSAT et STANDARD C, il y en a d'autres. Qualité du service encore : aujourd'hui j'ai rencontré M. POUYAUD, qui m'a dit que le système ARGOS actuel présente des "trous", des plages de 6 heures pendant lesquelles il n'y a pas d'informations, et un autre satellite en orbite serait intéressant. Il y a un coût de location élevé et nous observons aujourd'hui que l'on va vers une démocratisation des satellites, et je ne sais si vous avez vu l'avant dernier vol d'Ariane porter six petits satellites de 50 kilos. Ces petits satellites coûtent de l'ordre de 3 millions à 5 millions de Francs et ont une performance bien supérieure à une simple capacité de relais d'informations. La société Ariane Espace essaie de démocratiser l'emploi de petits satellites et je voudrais savoir de la part des utilisateurs de ces systèmes spatiaux s'ils se sont penchés sur cette

question : ne vaudrait-il pas mieux lancer un système propre, pouvant être géré par les différentes organisations utilisatrices, plutôt que de passer par un système de location ?

B. POUYAUD :

Je pense que c'est à Monsieur RODDA de répondre.

M. RODDA :

Beaucoup d'articles ont été publiés au sujet de ces différents systèmes et je me réfère à ces articles, car mon expérience est très pauvre dans le domaine de l'utilisation des satellites. Je crois savoir cependant que pour le Niger, le système ARGOS est satisfaisant dans 90% des cas par an. Mais le Dr SAMBA vous en parlera mieux.

Dr SAMBA :

Nous sommes ici heureux d'avoir B. PHILIPPON qui a contribué à l'évaluation des coûts avec efficacité pour ce qui concerne le programme Onchocercose. Avec votre permission, M. le Président, Bernard PHILIPPON pourrait sans doute intervenir sur ce sujet.

B. POUYAUD :

Je voudrais resituer un peu le débat si vous le voulez bien. L'information qu'apporte M. CHAPEL d'Ariane Espace porte sur quelque chose de nouveau, qui n'existait pas il y a moins de dix ans quand on a lancé HYDRONIGER ou lorsqu'on a lancé OCP. A l'époque la télétransmission de données était un sous-produit de programmes beaucoup plus ambitieux : ARGOS s'est installé sur les satellites NOAA, sur TIROS, et depuis quelques mois en fait, on a la possibilité, pour moins de 5 millions de francs français (1 million de \$) de fabriquer et d'envoyer un satellite qui serait dédié uniquement à la télétransmission et qui pourrait entre autres utiliser les balises existant déjà, que ce soit par exemple le réseau OCP ou le réseau HYDRONIGER. Cette possibilité pourrait être exploitée par les Agences telles que l'OMM, ou comme vous, par les gros utilisateurs. Il suffit de faire une règle de trois pour se rendre compte très rapidement qu'on peut vite, très vite même, amortir un satellite de ce type.

M. DUBAND voudrait également intervenir.

M. DUBAND :

Oui nous sommes utilisateurs d'ARGOS et de METEOSAT et je suis en mesure de dire que le coût d'utilisation de METEOSAT est très élevé. C'est un satellite qui permet de faire du temps réel, pratiquement 3 minutes, ce que ne permet pas ARGOS. Ce dernier sert uniquement pour du différé, ce qui convient très bien pour les fleuves longs qui ont des temps de réponse longs, mais non pas pour des réponses rapides lorsqu'il s'agit de phénomènes atmosphériques ou hydrologiques. Il y a véritablement une demande, nous sommes par exemple sur un projet en Inde, il y a une demande très grande de ce type de transmission, mais à des coûts que l'on souhaite plus raisonnables.

B. POUYAUD :

Avant que M. Serge PIEYNS n'intervienne, j'ajouterais qu'actuellement avec un satellite bas, comme ARGOS qui lui est un satellite polaire, avec un satellite équatorial, tournant autour de l'équateur, on arriverait à des périodicités identiques à ce que garantit METEOSAT, c'est à dire à une donnée transmise environ toutes les heures.

S. PIEYNS :

Je suis très heureux qu'on arrive par le biais des satellites à une question très terre à terre, c'est la question des coûts. On a parlé de l'acquisition des données, acquisition qui est essentielle à l'hydrologie puisque pour constituer des banques de données fiables, il faut avoir des données sur de longues périodes et de bonne qualité. Ce qui m'inquiète un peu c'est que, comme le disait tout à l'heure M. LEMOIGNE, on constate qu'on a très souvent des "trous" dans les données, dûs aux stations qui sont abandonnées, et je me pose la question de savoir ce qu'il est prévu au niveau de la communauté internationale et au niveau des bailleurs de fonds pour ce qui concerne la pérennité des réseaux. Cela fait 25 que je suis hydrologue à l'ORSTOM, et on sait très bien que notamment dans

les pays en développement, mais pas uniquement là, lorsqu'on lance un projet, on installe des stations, on peut faire tourner des équipes, on a de l'argent pour le faire. Mais quand le projet est terminé, c'est aux gouvernements respectifs d'assumer la charge, donc l'entretien, la gestion de ces stations y compris les stations transmission par satellite et c'est là que les choses se compliquent, car compte tenu de la crise économique actuelle et des ressources propres de ces pays, les Gouvernements n'ont pratiquement jamais les moyens de continuer à entretenir ces réseaux. Donc on repart pour une phase de réhabilitation du réseau et on le remet en place. Y-at-il quelque chose de prévu au niveau des bailleurs de fonds pour assurer un certain suivi, peut-être pas de toutes les stations, mais au moins d'un certain nombre de stations de référence importantes, de façon à ce qu'effectivement on puisse acquérir des données utilisables dans les problèmes hydrologiques et également utiliser des données transmises par ARGOS ou par METEOSAT et à des prix abordables ? Je crois qu'actuellement ARGOS c'est 2.500 FF par balise, pour METEOSAT ça varie entre 0 F et 22.000 F, tout dépend du statut de la balise ; il y a donc là une certaine obscurité au niveau METEOSAT et de toute façon un coût qui d'évidence ne peut être supporté par les pays dans lesquels on installe ces instruments.

B.POUYAUD :

M. LEMOIGNE pourrait peut-être proposer à M. BEREGOVOY de lancer un satellite dédié à la communauté hydrologique intertropicale ?

M.LEMOIGNE :

Vous avez souligné, Monsieur, un problème qui ne concerne pas seulement l'hydrologie. Le financement des coûts d'exploitation de projets, une fois les projets terminés, a trait à toutes les infrastructures, que ce soit les routes, les projets d'irrigation ou les données de mesure. Ce qu'il y a d'assez encourageant dans les aménagements de grands bassins c'est qu'ils se font l'un après l'autre, ce qui peut prendre des années et permettre d'assurer le financement lorsqu'il s'agit d'un grand bassin ; la construction d'un grand barrage sur un grand fleuve demande neuf ans avant de passer au barrage suivant, il y a donc une présence qui est assurée lorsqu'on finance des projets d'irrigation. Prenons le cas du Sénégal et supposons que les bailleurs de fonds soient amenés à financer les quelques 300.000 ha dont nous avons entendu parler, cela peut assurer une présence des bailleurs de fonds et par là la permanence de bonnes lectures. Il n'en demeure pas moins, du moins en ce qui concerne la Banque Mondiale, que nos décideurs qui sont les administrateurs, et notre charte, nous interdisent pratiquement aujourd'hui, une fois le projet terminé, de financer les coûts récurrents. C'est un problème fondamental, institutionnel et technique. On a évoqué tout à l'heure le problème technique, comment réduire les coûts pour qu'ils soient abordables par ces pays dans les figures actuelles, et comment sur le plan institutionnel arriver à convaincre, et c'est vrai dans tous les systèmes, de l'importance de cet aspect pour le projet de développement ? C'est un des grands problèmes auxquels nous avons tous à faire face. J'ajouterais que dans le domaine de l'irrigation, il y a des pays qui disent : "pourquoi faire de l'entretien ? Au bout de cinq ans on fera un nouveau projet, on fera la réhabilitation, qui est un entretien retardé". Vous avez touché là l'un des problèmes les plus difficiles, encore que là, la technique a un rôle à jouer, si par satellite on réussit à baisser les coûts de gestion. Tout ce qui permet la réduction des coûts dans la surveillance va dans le bon sens.

B. POUYAUD :

Pour clore cette manifestation, puisque nous avons déjà dépassé l'horaire imparti, je voudrais remercier toute l'assistance et les intervenants qui sont à la tribune, particulièrement les non ORSTOM : M. DEME, le Dr SAMBA, M. POINT, M. RODDA, M. CUNGE, M. DUBAND et M. LEMOIGNE qui nous ont fait le plaisir de nous épauler pour cette deuxième conférence de l'ORSTOM.

Merci à tous.