

22èmes JOURNEES  
de L'HYDRAULIQUE

**LA FORMATION DES HYDROLOGUES  
EN FRANCE**

**Claude BOCQUILLON**

Professeur, Université de MONTPELLIER II

**Gilbert JACCON**

Directeur de Recherches de l'ORSTOM

Résumé

Les journées hydrologiques, organisées les 18 et 19 septembre 1991 à Montpellier, conjointement par l'ORSTOM et l'Université de Montpellier II, ont réuni plus de 150 participants, universitaires et chercheurs, formateurs et professionnels de l'hydrologie. Consacrées l'une à la formation à la recherche, l'autre à la formation pour l'hydrologie opérationnelle, ces deux journées ont permis de faire l'inventaire des formations existantes en France, de donner un état des insuffisances et de faire quelques recommandations destinées à y remédier.

Cette communication dresse un bilan de la situation actuelle en France sur la formation des hydrologues dans les secteurs de la recherche fondamentale et appliquée et de l'ingénierie.

Abstract

The 7<sup>th</sup> "Journées Hydrologiques", meeting held in Montpellier on september 18<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> 1991, both by ORSTOM and the University of Montpellier II, brought more than 150 participatings, university and research members, teachers and professionals of hydrology. The first day dealt with education for research in hydrology and the second with education for operational hydrology. Both of them led to make an inventory of the existent trainings pieces of advice.

This paper draws up a statement of the present situation of hydrologists'education in France, in the basic and applied research and in the engineering sectors.

## 1. - A PROPOS D'HYDROLOGIE

### 1.1 - Science ou technique ?

Comme cela est la règle depuis qu'en 1988 quelques hydrologues de renom international parmi lesquels Keith BEVEN et Vic KLEMES (président de l'AISH de 1987 à 1991) se sont posés cette question, il n'est pas un congrès d'hydrologie qui échappe à ce dilemme qui donne toujours l'occasion de débats passionnés.

Les participants aux 7èmes journées hydrologiques de Montpellier n'ont pas failli à cette règle, d'autant plus qu'une délimitation précise du champ d'application de notre discipline est essentielle pour faire l'inventaire des formations qui conduisent aux métiers de l'hydrologie.

Un large consensus s'est dégagé pour accepter cette définition désormais adoptée par l'AISH, et à nouveau précisée lors de l'Assemblée générale de Vienne (août 1991) :

*" l'hydrologie est une géoscience qui étudie les processus physiques, chimiques et biologiques du cycle de l'eau dans sa partie terrestre, les relations entre ces processus d'une part, le climat et le milieu géographique d'autre part, ainsi que les interrelations entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Un accent particulier est donné aujourd'hui à l'étude des modifications apportées par l'homme au milieu naturel et à leur influence sur le cycle hydrologique".*

### 1.2 - Son champ d'application

Le domaine des sciences de l'eau est très vaste. P.DUBREUIL [3] regroupe les différentes disciplines qui le composent en deux secteurs bien distincts mais non disjoints en matière de formation : les disciplines hydrologiques et la gestion des hydrosystèmes.

Dans le premier secteur, trouvent place l'hydrologie de surface, l'hydrogéologie, la nivologie et la glaciologie, l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau, l'étude des processus d'érosion liés à l'eau et la sédimentologie.

Le domaine de la gestion des hydrosystèmes regroupe toutes les techniques liées à l'utilisation de l'eau : irrigation et drainage, eau industrielle, alimentation en eau, traitement des eaux usées, assainissement.

De multiples disciplines scientifiques sont proches de l'hydrologie. Outre les disciplines fondamentales que sont les mathématiques et les sciences de la physique, on peut citer parmi les plus importantes :

- celles qui relèvent des sciences de la terre comme la géologie, la géographie physique, la météorologie;
- celles qui appartiennent aux sciences de la vie comme la biologie, la biochimie, l'écologie, la pharmacie;
- celles qui sont des sciences de l'ingénieur comme l'hydraulique ou le génie civil;
- celles qui relèvent des sciences de l'homme comme la sociologie ou l'économie.

## 2. - LA PROFESSION D'HYDROLOGUE

### 2.1 - Les métiers de l'hydrologie

Les données sont extraites du récent rapport de P.DUBREUIL [3], qui distingue trois grands secteurs d'activités pour les professionnels de l'hydrologie, c'est à dire pour ceux dont les travaux portent manifestement sur tout ou partie des éléments du cycle hydrologique (cf. figure 1):

⇒ le *groupe de la recherche*, fondamentale ou appliquée, qui comprend toutes les équipes universitaires, de petites unités intégrées dans de nombreuses écoles d'ingénieurs et les unités spécialisées des grands instituts de recherche comme le CEMAGREF ou l'ORSTOM ou encore le CNRS, l'INRA ou l'IFREMER, bien que pour ces derniers les activités de recherche soient souvent à la limite du champ de l'hydrologie.

Le potentiel de ce groupe a été estimé à une quarantaine d'équipes avec un total de 310 personnes (professeurs, chercheurs, ingénieurs et assistants). Il faut noter que 25% au moins des activités des chercheurs de ce groupe sont consacrées à l'enseignement. En contrepartie le potentiel de recherche est considérablement accru par plus de 150 thésards et 200 techniciens.

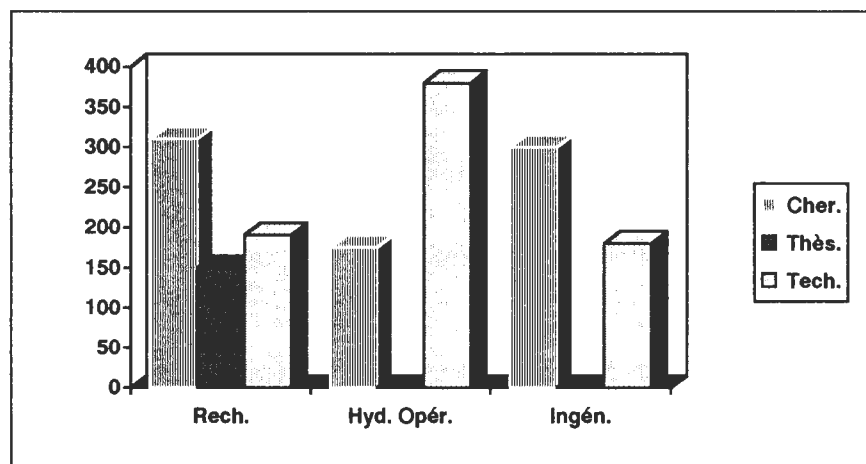
⇒ le *groupe de l'hydrologie opérationnelle* qui, en France, est essentiellement lié au secteur public (Directions Départementales de l'Eau regroupant les ex.SRAE et SHC) ou parapublic comme EDF.

Le potentiel de ce groupe est de l'ordre de 175 ingénieurs et de 380 techniciens hydrométristes.

⇒ le *groupe de l'ingénierie hydrologique* publique (Centre techniques du Ministère de l'Equipement ou Sociétés régionales d'Aménagement), parapublique (BRGM, EDF/DTG) et surtout privée (Bureaux d'études, CRITT).

Le potentiel du groupe est de l'ordre de 300 ingénieurs et de 180 ingénieurs et techniciens.

Figure 1



L'évaluation conduit à un total de 1700 personnes travaillant , en France, dans les disciplines de l'hydrologie, dont près de 50% ont une formation au-delà du premier cycle universitaire.

## **2.2 - Les besoins en hydrologues**

Le renouvellement régulier annuel de l'ensemble du personnel hydrologique peut s'estimer à 50 agents, dont une moitié doit avoir reçu une formation supérieure. Environ un cinquième ceux-ci fera de la recherche, le reste étant destiné à l'hydrologie opérationnelle.

Ce chiffre annuel de 5 à 6 chercheurs rejoint l'évaluation de NASH et al [2] qui a estimé le besoin actuel, et pour les dix prochaines années, à 100 docteurs en hydrologie par an pour le monde entier.

Il faut rappeler que l'Université française a toujours joué un rôle primordial dans la formation des cadres des PVD, pour lesquels la ressource en eau constitue la première condition du développement. Les besoins en hydrologues du monde francophone, en particulier africain, sont considérables; on peut les estimer à 200 chaque année, dont une quarantaine de docteurs de l'Université. L'Université et l'ensemble des Etablissements publics de recherche doivent poursuivre cette mission, pour laquelle la demande est pressante (300 demandes chaque année au DEA National d'hydrologie pour une trentaine de places).

## **3. - LES FILIERES DE FORMATION**

### **3.1 - Les chemins vers les métiers de l'eau**

Ces chemins sont représentés sur la figure 2.

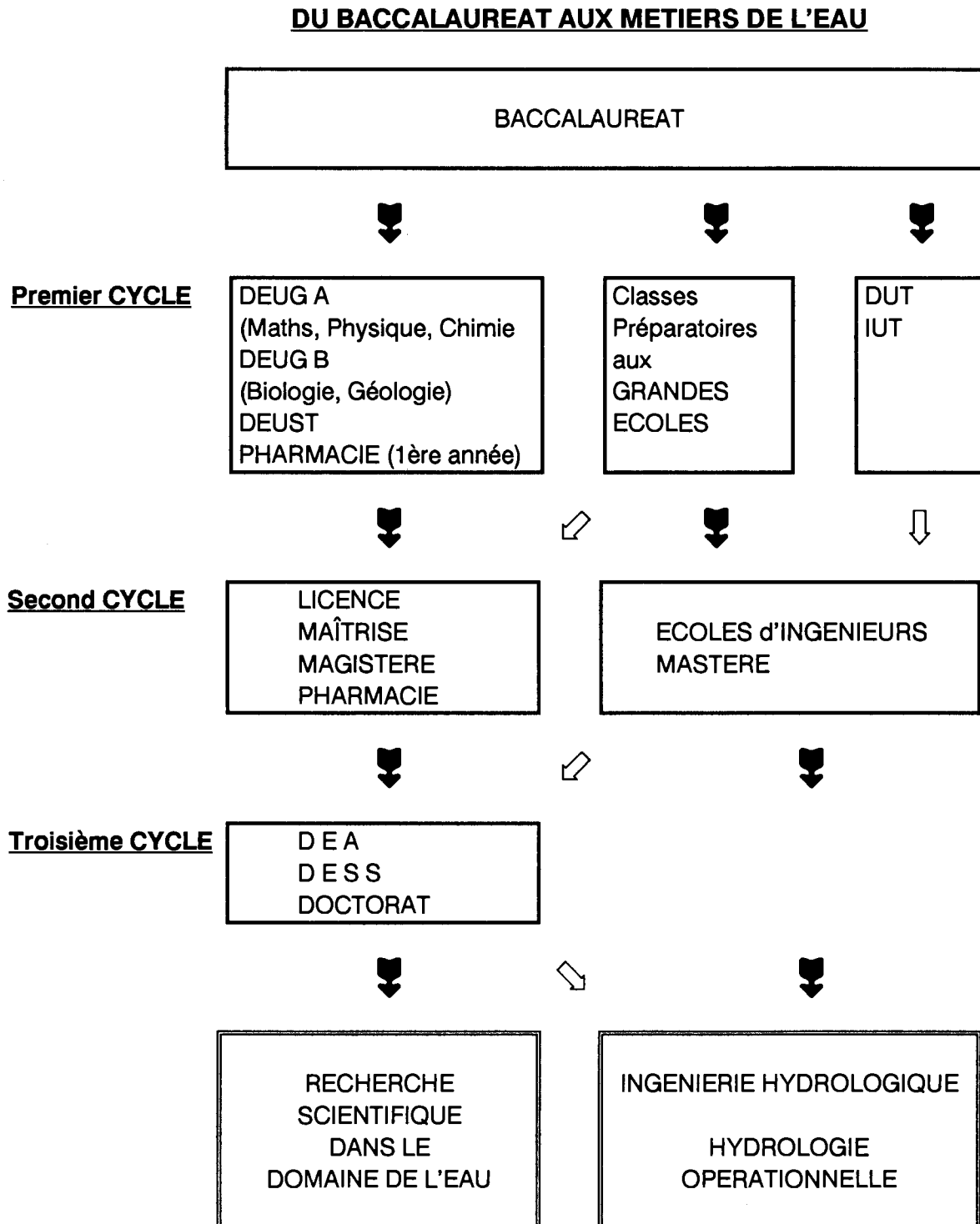
Titulaire d'un baccalauréat dit "scientifique", le futur hydrologue a la possibilité de débiter son cursus :

- ⇒ soit par la filière universitaire classique du 1er cycle (DEUG - Diplôme d'Etudes Universitaires Générales ou DEUST ou 1ère année de pharmacie);
- ⇒ soit par la filière des Instituts Universitaires de Technologie, marquant par ce choix sa volonté de recevoir une formation technique ... et souvent un manque de confiance quant à ses capacités d'entreprendre un cycle de 5 à 8 ans, pour parvenir jusqu'au doctorat;
- ⇒ soit par une inscription dans une classe préparatoire aux grandes écoles supérieures, choix qui marque nettement l'orientation vers une carrière d'ingénieur, même si l'on constate aujourd'hui que de très nombreux directeurs de laboratoires de recherche sont diplômés d'une grande école.

Les deux dernières filières permettent, par équivalence, le passage vers le second cycle universitaire, la voie normale restant néanmoins le DEUG A (mathématiques et physique) ou B (géologie, biologie).

Le second cycle a une durée normale de deux ans, temps nécessaire pour l'obtention d'une maîtrise. Le passage par un diplôme d'ingénieur ajoute une 3ème année (avec possibilité d'inscription simultanée en DEA).

Figure 2



Le troisième cycle a pour objectif de former des chercheurs-enseignants, docteurs de l'Université. Il comprend le DEA, diplôme d'études approfondies qui correspond à la première année de ce cycle et la thèse (4 ans au maximum), effectuée au sein d'un laboratoire de recherche.

Les liaisons "Ecoles d'ingénieurs vers DEA" d'une part, puis "DEA vers l'ingénierie hydrologique" d'autre part constituent des voies de recours fréquemment utilisées par les étudiants (d'autant plus que la demande en ingénieurs hydrologues est actuellement assez forte).

### 3.2 - Les formations de 2ème cycle (licence et maîtrise)

Les formations de second cycle dont le programme aborde, de manière plus ou moins approfondie le domaine de l'eau sont très nombreuses. On en trouve au sein de chaque université, leurs appellations étant d'une très grande diversité.

Si l'on se réfère aux dossiers de candidatures pour le DEA deux filières principales, en dehors des filières d'ingénieurs, apparaissent :

- les filières des sciences de la terre, essentiellement les maîtrises de géologie (plusieurs dizaines en France);
- les filières des sciences de l'environnement, avec 33 licences et 12 maîtrises ou magistères répertoriés en France [4].

Il faut néanmoins souligner qu'il n'existe aucune maîtrise à dominante hydrologique. Les programmes de ces différentes formations de second cycle ne comprennent que des cours très généraux, souvent même superficiels, sur les différentes matières de l'hydrologie.

### 3.3 - Les formations d'ingénieurs

La bilan détaillé des formations d'ingénieurs existant en France a été dressé par le Pr. Michel DESBORDES, responsable du Département Sciences et Techniques de l'EAU de l'ISIM [1].

Ce bilan se résume ainsi en se référant au nombre d'heures d'enseignement consacrées aux disciplines purement hydrologiques :

⇒ *plus de 250 heures* : deux écoles seulement :

- l'ISIM (Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier, Département sciences et Techniques de l'Eau) : l'option "hydrologie" de troisième année forme en moyenne 10 étudiants par an, qui ont suivi sur trois ans plus de 400 heures d'hydrologie.
- l'ENSHMG (Ecole Nationale Supérieure d'hydraulique et de Mécanique de Grenoble) avec 250 heures en 2ème et 3ème années.

⇒ *entre 50 et 100 heures* : quatre écoles, l'ENGREF (Génie Rural et Eaux et Forêts de Paris-Montpellier), l'ENSG ("Géologie" de Nancy), l'ENSEEIH ("hydraulique" de Toulouse et l'ENTPE (Travaux Publics de l'Etat de Lyon);

⇒ *entre 20 et 50 heures* c'est à dire à dose homéopathique et très spécialisée: l'ECP ("Centrale" de Paris), l'EMSE ("mines" de Saint-Etienne), l'ENITRTS ("travaux ruraux" de Strasbourg), l'ENM ("météorologie" de Toulouse), l'ENPC ("ponts et chaussées" de Paris), l'ENSAM ("agro" de Montpellier), l'ENSMP ("mines" de Paris), l'EUDIL ("Ingénieurs" de Lille), l'INSA ("sciences appliquées" de Lyon).

On retiendra que par cette filière sont formés chaque année une vingtaine d'hydrologues, quantité légèrement inférieure à la demande (25 en théorie) mais ce déficit apparent est largement compensé par la présence sur le marché du travail des ingénieurs formés sur des disciplines connexes, en particulier l'hydraulique.

### 3.4 - La formation doctorale : les DEA

#### 3.41 - Liste des DEA

Les textes officiels précisent de manière fort explicite que le DEA est la première année du 3ème cycle universitaire, cycle qui conduit au Doctorat, diplôme le plus élevé de l'Université en France et filière orientée spécifiquement vers la recherche.

Un peu plus de 1100 DEA sont actuellement habilités par le Ministère de l'Education Nationale. Plus de 30.000 étudiants y sont inscrits (moyenne de 27 étudiants par DEA), dont environ les 2/3 sont diplômés.

Dans cette ensemble très disparate, il est bien difficile de faire un inventaire précis de ceux qui couvrent le domaine de l'hydrologie, au moins pour une part notable.

Suivant G.de MARSILY [1] et P.DUBREUIL [2], le nombre de DEA qui répondent à ce critère est limité à une dizaine. Ce sont :

- ⇒ le DEA *National d'Hydrologie* : c'est le seul DEA purement hydrologique. Créé en 1985 il est constitué de 4 filières (2 à Paris, 2 à Montpellier, association avec l'ENGREF, les Mines de Paris, l'ORSTOM) dans lesquelles la plupart des matières relevant de l'hydrologie sont traitées.
- ⇒ les DEA *Techniques et Gestion de l'Environnement* (Paris XII, en association avec l'ENPC et l'ENGREF) et *Géosciences de l'Environnement* (Un. de Marseille) : ces 2 DEA sont très orientés vers l'environnement mais les matières relevant de l'hydrologie y occupent une place notable.
- ⇒ les DEA de *Mécanique de Milieux géophysiques et environnement* (Un. de Grenoble, associé à l'ENSHG), de *Physique et Chimie de l'Environnement* et de *Physique des Fluides* (Un. de Toulouse, associé à l'ENSEEIH), de *Mécanique* (Un. de Strasbourg, en association avec l'ENITRTS) : ces DEA sont plutôt d'origine mécanique.
- ⇒ le DEA *d'Ecologie des Systèmes aquatiques* (Un. de Toulouse), seul DEA à composante hydrobiologique réellement affirmée.
- ⇒ les DEA *Systèmes Spatiaux et Aménagements régionaux* (Un. de Strasbourg) et *Eau et Aménagement en montagne* (Un. de Grenoble, associé au LAMA) : ces DEA relèvent plutôt du domaine de la géographie physique.

### 3.42 - Les contraintes

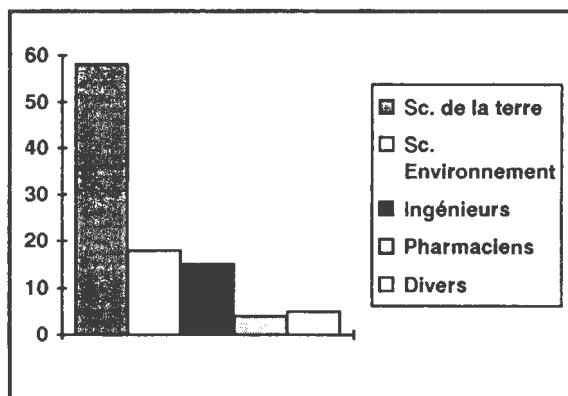
Le programme du DEA comprend un enseignement théorique limité à un maximum de 200 heures et un stage en laboratoire de 4 à 6 mois qui constitue la partie la plus importante de cette formation dont l'objectif est, rappelons-le, une préparation à la recherche, par la recherche.

La majeure difficulté rencontrée par les responsables des DEA "hydrologiques" est celle de la grande disparité des connaissances de base des étudiants à la sortie du second cycle. Ces étudiants sont en général très mal préparés à la pluridisciplinarité qu'implique l'hydrologie moderne.

La figure 3 montre la répartition des étudiants admis à l'inscription au DEA National d'Hydrologie depuis sa création en 1985.

Figure 3

FORMATION	%
Sc. de la terre	58
Sc. de l'environnement	18
Ingénieurs	15
Pharmaciens	4
Divers	5



Il est évident que la programmation d'un enseignement de 200 heures et de "haut niveau" commun à un géologue, souvent mal préparé aux disciplines mathématiques, un ingénieur, qui n'a jamais, ou presque, entendu parler de biologie et un pharmacien, qui ignore tout de la géologie, est un exercice impossible. Il en résulte une spécialisation très poussée de ces formations et une multiplication du nombre des DEA.

Le biais trouvé par les responsables des DEA est l'organisation de tronc communs d'une durée de 60 à 80 heures (le reste, c'est à dire le complément à 200 heures étant réservé aux spécialisations des filières), au cours duquel une tentative de mise à niveau des différents étudiants est faite. Dans le DEA National d'hydrologie par exemple, le tronc commun dure un mois au cours duquel sont donnés des cours d'hydrologie superficielle, d'hydrogéologie, de géochimie isotopique, de qualité et traitement des eaux, d'hydrobiologie, de météorologie, etc. L'étendue du programme impose une vision très générale et un contenu très dense des enseignements. La dispersion des notes à l'examen de contrôle (entre 2 et 18/20 pour de nombreuses matières) confirme bien la disparité des connaissances, due à la diversité des origines.



### 3.43 - Profil du candidat à un troisième cycle d'hydrologie

Les participants aux Journées de Montpellier se sont interrogés sur la meilleure manière de résoudre le problème et ont essayé de définir quel devrait être le cursus du candidat idéal, par exemple au DEA National d'hydrologie.

Il s'est avéré que le cursus idéal n'existait pas en France. La solution la plus favorable est celle des filières des sciences de la terre (l'hydrologie est avant tout une science d'observation). Mais il faut absolument y ajouter des connaissances solides et bien assimilées en mathématiques (en particulier analyse numérique, méthodes statistiques) , en physique (en particulier des transferts), en chimie générale et en biologie.

Il semble que le meilleur chemin pour y parvenir soit, après un DEUG A (maths et physique) ou une classe de "Maths sup", de suivre une formation de 2ème cycle, licence/maîtrise, de Sciences de la Terre, mais déjà fortement orientée vers toutes les disciplines qui constituent le champ d'application de l'hydrologie. Aucune formation actuelle en France ne répond à cette définition.

Le troisième pourrait alors être organisé suivant les instructions ministérielles c'est à dire être une véritable formation à la recherche, par un enseignement de très haut niveau lors du DEA et une thèse au sein d'un laboratoire. Les tronc communs actuels n'auraient plus alors leur raison d'être.

## 4. - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les deux tables rondes organisées à l'issue des ateliers thématiques ont conduit à faire un certain nombre de constats et à émettre quelques recommandations, dont les plus importantes sont les suivantes :

### 4.1 - dans le domaine de la recherche :

⇒ *réorganisation des enseignements du second cycle* : il apparaît essentiel que quelques formations, dans le domaine des sciences de la terre, sachent tenir compte des réalités actuelles et sachent modifier leurs programmes en conséquence. Le domaine de l'eau devient chaque jour plus sensible en France comme dans le reste du monde et l'on ne saurait parler ou traiter d'environnement sans en tenir compte.

⇒ *rédaction d'un livre sur l'hydrologie en langue française* : il n'existe pas de manuel de référence traitant de manière approfondie et moderne des disciplines du champ d'application de l'hydrologie; certaines parties du cycle de l'eau sont encore traitées aujourd'hui comme elles l'étaient il y a 30 ans. Il est essentiel et urgent que la communauté hydrologique francophone s'occupe de pallier à cette lacune.

⇒ nécessité d'institutionnaliser une discussion sur les formations au sein de l'hydrologie par la *création d'un réseau national*.

#### **4.2 - dans le domaine de l'hydrologie opérationnelle**

⇒ pour les *ingénieurs*, le bilan actuel est satisfaisant malgré quelques faiblesses dans le secteur de l'hydrobiologie et des travaux pratiques en milieu naturel.

⇒ pour les *techniciens*, la situation est mauvaise puisqu'il n'existe pas en France de formation spécifique aux techniques de l'eau : la solution préconisée est la reconnaissance de la fonction de techniciens de l'environnement et la création d'une filière IUT à compétence élargie "Mesures physiques du milieu naturel, avec une forte composante portant sur le cycle de l'eau"

Les Journées Hydrologiques de Montpellier ont abordé en 1991 le problème difficile de la formation de chercheurs, des ingénieurs et des techniciens en hydrologie. Le bilan n'est pas très bon. Les recommandations faites à l'issue de ces journées tentent d'apporter des réponses réalistes pour remédier à cette situation. La seule conclusion est de souhaiter que les Ministères concernés, en particulier l'Education Nationale et l'Environnement, en prennent acte.

#### **Références bibliographiques**

1. Actes des 7èmes Journées Hydrologiques de Montpellier - Collection Séminaires ORSTOM - Mai 1992
2. The Education of Hydrologists - Report of an IAHS/UNESCO Panel on hydrological education par J.E.NASH and al - Assemblée générale de l'AIHS - Vienne, 1991.
3. Rapport de P.DUBREUIL sur le Potentiel hydrologique français en hydrologie.  
- Ministère de la Recherche et de la Technologie et Ministère de l'Environnement - mars 1991
4. Formations spécialisées - Enseignement sur l'Environnement par le Pr. N. LAIR et Ch. PATUREAU - Clermont-Ferrand - Juin 1991